

TESIS DOCTORAL

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS GIS PARA EL ESTUDIO DEL CAMBIO CLIMATICO Y SU RELACION CON LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN ETIOPÍA

Autor: Alejandro Moreno Mustieles

Director: Víctor D. Martínez Gómez



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Departamento de
Economía y
Ciencias Sociales

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA Y CIENCIAS SOCIALES

PROGRAMA DE DOCTORADO DE PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN EMPRESARIAL

Valencia, Octubre 2013

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar doy las gracias a Víctor por aceptar la dirección de esta Tesis, y por guiarme y animarme durante el camino.

Gracias a mis amigos por entenderme y apoyarme: especialmente a María por leerse el texto y aportar su sentido crítico y del humor, a Noe por resistir con paciencia (y alguna que otra caña) mis interminables charlas, y a Eva, que llegó despacito y parece que se queda.

Gracias a mis hermanos y familia, porque a su manera han contribuido también. Desde aquí les mando un beso grande.

A ellos, y a los muchos amigos que me han alentado en la tarea de estos últimos tiempos, dedico el resultado, del que son, claro está, inocentes.

Por último, agradezco este trabajo al África subsahariana, donde pasé un año hace ya mucho tiempo. Allí viví situaciones que me convirtieron en una persona diferente. En ocasiones me descubro a mí mismo cayendo en contradicciones, olvidando lo que es realmente importante. Trabajos como este me recuerdan que, casi sin darme cuenta, allí adquirí un compromiso con aquella gente, algo que espero no olvidar nunca.

“...Hemos guardado un silencio bastante parecido a la estupidez...”

RESUM

L'efecte del canvi climàtic en el medi ambient i la nostra forma de vida no estarà solament determinada pels canvis en el clima, la sensibilitat que presentem a aquests canvis determinarà en gran mesura l'impacte que tinguen en la població. Els humans s'han caracteritzat a través de la història per la seva capacitat d'adaptació. No obstant això, el canvi climàtic representa un nou repte, no només per l'augment de les temperatures o el canvi en els règims de pluges, sinó també pel fracàs en els sistemes de desenvolupament implementats fins al moment.

Com a resultat de tot això, les polítiques d'adaptació han anat adquirint importància en les agendes polítiques i en els treballs de recerca.

En la present tesi s'estudia l'impacte que té el Canvi Climàtic a la Seguretat Alimentària, i s'aplica al cas d'Etiòpia. Així mateix, s'analitzen les possibles mesures d'adaptació a les noves condicions climatològiques.

La metodologia emprada és l'anàlisi de dades, analitzats visualment a través de l'encreuament de variables cartografiats mitjançant el Sistema d'Informació Geogràfica ArcGis, per considerar-se que a més de situar territorialment el fenomen del canvi climàtic, proporciona una interpretació molt visual que ajuda a la comprensió del lector.

S'introdueixen i s'analitzen nous conceptes com el de Climate Smart Agriculture, que uneix pràctiques, polítiques i institucions que són emprades en el context del canvi climàtic, que és desconegut per agricultors, ramaders i pescadors. També és nou el fet que els múltiples reptes que afronten l'agricultura i els sistemes alimentaris siguin tractats simultàniament i holísticament, el que ajuda a evitar polítiques, lleis o finançaments contraproductius.

Finalment s'estudien diferents mesures de finançament per poder emprendre els canvis proposats, i s'opta pels mercats voluntaris de carboni per considerar que presenten actualment algunes característiques que li permeten contribuir de manera més eficaç al desenvolupament sostenible a Etiòpia.

RESUMEN

El efecto del cambio climático en el medioambiente y en nuestra forma de vida no estará solamente determinado por los cambios en el clima, la sensibilidad que presentemos a esos cambios determinará en gran medida el impacto que tengan en la población. Los humanos se han caracterizado a través de la historia por su capacidad de adaptación. Sin embargo, el cambio climático representa un nuevo reto, no sólo por el aumento de las temperaturas o el cambio en los patrones de lluvias, sino también por el fracaso en los sistemas de desarrollo implementados hasta el momento.

Como resultado de todo esto, las políticas de adaptación han ido adquiriendo importancia en las agendas políticas y en los trabajos de investigación.

En la presente Tesis se estudia el impacto que tiene el Cambio Climático en la Seguridad Alimentaria, y se aplica al caso de Etiopía. Asimismo, se analiza las posibles medidas de adaptación a las nuevas condiciones climatológicas.

La metodología usada es el análisis de datos, analizados visualmente a través del cruce de variables cartografiados mediante el Sistema de Información Geográfica ArcGis, por considerarse que además de situar territorialmente el fenómeno del cambio climático, proporciona una interpretación muy visual que ayuda a la comprensión del lector.

Se introducen y analizan nuevos conceptos como el de Climate Smart Agriculture, que aúna prácticas, políticas e instituciones que son empleadas en el contexto del cambio climático, que es desconocido por agricultores, ganaderos y pescadores. También es novedoso el hecho de que los múltiples retos que afrontan la agricultura y los sistemas alimentarios sean tratados simultáneamente y holísticamente, lo que ayuda a evitar políticas, leyes o financiaciones contraproducentes.

Por último se estudian diferentes medidas de financiación para poder acometer los cambios propuestos, y se opta por los mercados voluntarios de carbono por considerar que presentan actualmente algunas características que le permiten contribuir de forma más eficaz al desarrollo sostenible en Etiopía.

ABSTRACT

Effects of climate change on the welfare of human and natural systems in developing countries will not be determinate only by the changes in climate, the sensitivity of these systems to the changes will also determine how impacts are experienced. Human systems are characterized by their adaptability, evidenced throughout human existence. However, climate change presents a new challenge, not only because of the expected rise of temperature and the change in rain patterns, but also due to current context of failure in addressing the causes of poverty adequately. As a result, policy supporting adaptation has recently been cast as a necessary strategy for responding to climate change and supporting development, making adaptation the focus of much research.

This thesis addresses the impact of climate change on food security, and assesses the empirical evidence of the case study of Ethiopia. It also analyses possible adaptation measures to be implemented in the country.

The methodology used is the analysis of data, visually analyzed by crossing variables mapped by the geographic information system ArcGIS, that provides a very visual interpretation that helps the reader's understanding .

A new concept such as the climate smart agriculture is introduced, explained and applied to the case study. It is defined as 'agriculture that sustainably increases productivity, resilience, reduces or removes Greenhouse Gases (GHGs), and enhances achievement of national food security and development goals'.

Finally, different options for funding are studied to undertake the proposed changes, and voluntary carbon markets are considered the most suitable way to contribute to sustainable development in Ethiopia.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	014
1.1. Antecedentes	014
1.2. Formulación del problema y objetivos de la investigación	016
1.3. Metodología y estructura del trabajo	017
2. MARCO TEÓRICO	
EL CAMBIO CLIMATICO Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA	019
2.1. La importancia del clima en el desarrollo	019
2.2. Cambio climático	023
2.2.1. El clima y el sistema climático	023
2.2.2. Factor humano en la aparición del cambio climático	025
2.3. Seguridad alimentaria y otros conceptos relacionados	027
2.3.1. Seguridad Alimentaria	027
2.3.2. La Soberanía Alimentaria	031
2.3.3. El Derecho a la Alimentación	033
2.3.4. Comparación entre los enfoques de Soberanía Alimentaria, Seguridad Alimentaria y Derecho a la Alimentación	035
2.4. Relación entre el cambio climático y la seguridad alimentaria	038
2.4.1. Las interrelaciones entre la seguridad alimentaria y el cambio climático	040
2.4.2. El carácter global de los tres temas de análisis	042
2.5. Agricultura climáticamente inteligente	043
2.5.1. Climate smart agriculture (CSA)	043
2.5.2. Implementación del Enfoque Paisajista para conseguir una Agricultura Climáticamente Sostenible	046
2.5.3. Gestión del agua para la Agricultura Climáticamente Sostenible	049
2.5.4. Gestión de suelos para la Agricultura Climáticamente Sostenible	054
2.5.5. Sistemas de cultivo climáticamente inteligentes	056
2.5.6. Ganado climáticamente inteligente	060

3. METODOLOGÍA Y ÁMBITO DE APLICACIÓN	066
3.1. Uso de Arc Gis	066
3.2. Comparativa de Bases de Datos. Uso de Arc Gis	072
3.2.1. Comparativa entre bases de datos	072
3.2.2. VasClim0: la base después de un kriging	074
3.2.3. La base de la Unidad de Investigación Climática (CRU Climatic Research Unit-TS3)	077
3.2.4. La base de la Universidad de Dalaware: Udel (2,01)	080
3.3. Ámbito geográfico	082
3.3.1. Breve Referencia Histórica	083
3.3.2. Perfil Geográfico	085
3.3.3. Perfil Demográfico	086
3.3.4. El sector agrario en la economía	086
3.3.5. Análisis del sector agrario etíope	090
3.3.6. Nivel actual y desglose sectorial de las emisiones	094
3.4. Variables a utilizar	101
3.4.1. Distribución de la Población	102
3.4.2. Distribución de Carreteras	103
3.4.3. Distribución de las Alturas	104
3.4.4. Distribución de los Ríos y Lagos	106
3.4.5. El Clima	108
3.4.6. Distribución de Temperaturas	109
3.4.7. Distribución de la Precipitación	111
3.4.8. Distribución de los Parques Nacionales	113
3.4.9. Los Animales. Elefantes, Jirafas y Cebras	114
3.5. Poniendo nombres a la lucha contra el cambio climático	115
3.5.1. Vulnerabilidad	116
3.5.2. Afrontar	122
3.5.3. Resiliencia	123
3.5.4. Gestión de Riesgos	126
3.6. Capacidad de adaptación	128
3.6.1. Definición de adaptación	128
3.6.2. Tipologías de adaptación	131
3.6.3. Conceptos relacionados con adaptación	133
3.7. Capacidad de mitigación	136
3.8. La creación de los Mercados Ambientales	137
3.8.1. Empezar por el principio	138

3.8.2.	Surgimiento de los Mercados de Carbono	140
3.8.3.	El Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea.....	141
3.8.4.	De lo nacional a lo internacional.....	142
3.8.5.	El mercado europeo de carbono en la actualidad	144
3.8.6.	Conclusiones	147
4.	RESULTADOS Y PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS.....	149
4.1.	Resultados.....	149
4.1.1.	Distribución de la población según la altitud.....	149
4.1.2.	Distribución de la población según las Vías de Comunicación	151
4.1.3.	Distribución de la Población según Los Ríos y Lagos	153
4.1.4.	Distribución de la Población según las Temperaturas	154
4.1.5.	Distribución de la Población según las Precipitaciones Medias	158
4.2.	Propuestas de estrategias	159
4.2.1.	Aplicación de la CSA a Etiopía	162
4.2.2.	Los mercados de carbono y su aplicación a Etiopía Una propuesta novedosa.....	170
5.	CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	172
	BIBLIOGRAFÍA	178
	ANEXOS.....	189
A.1.	Bases de datos	189
A.1.1.	VasClimb0: la base después de un kriging	189
A.1.2.	La base de la unidad de investigación climática (CRU Climatic Research Unit-TS3)	193
A.1.3.	La base de la Universidad de Dalaware: Udel (2,01)	197
A.2.	Mapas de las variables y resultados del análisis	201
A.2.1.	Mapas de las variables utilizadas	201
A.2.2.	Mapas de los resultados obtenidos	212
A.3.	Documentación de algunas variables utilizadas en el análisis.....	220
A.3.1.	Los Ríos de Etiopía	220
A.3.2.	Los Lagos de Etiopía	226
A.3.3.	Los Parques Nacionales de Etiopía.....	233
	GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	239

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	
Visión esquemática de los componentes del sistema climático mundial	025
Figura 2	
Los 3 componentes del sistema alimentario con sus 3 elementos principales	029
Figura 3	
Factores que afectan en la Seguridad Alimentaria.....	037
Figura 4	
La naturaleza cambiante de las temáticas de Investigación y preguntas frecuentes moviéndose en el rango entre la producción alimentaria y seguridad alimentaria	039
Figura 5	
Interrelación de los 3 temas de análisis, su relación con la agricultura y las princi- pales interrelaciones existentes entre ellos.....	040
Figura 6	
Principios del Suelo para la adaptación y mitigación al cambio climático.....	056
Figura 7	
Principio de Kriging.....	075
Figura 8	
Distribución de las Estaciones. Fuente: Beck et al. (2005).....	076
Figura 9	
Distribución de las estaciones meteorológicas usadas por CRUTEMP3.....	079
Figura 10	
Localización y número de estaciones utilizadas para el período 1900-2008	081
Figura 11	
Situación de Etiopía en África y división administrativa del país.....	083
Figura 12	
Imagen en relieve de Etiopía.....	085
Figura 13	
Distribución del PIB total por sectores	088
Figura 14	
Población ocupada por sectores	088

Figura 15	
Distribución de la superficie cultivada	090
Figura 16	
Distribución de la superficie cultivada, en ciertas especies.....	091
Figura 17	
Distribución de los cultivos de granos.	092
Figura 18	
Distribución de emisiones de GEI.	095
Figura 19	
Distribución de los Núcleos de Población en Etiopía.	103
Figura 20	
Distribución de las Vías de Comunicación en Etiopía.	104
Figura 21	
Distribución de la Altitud en Etiopía.	105
Figura 22	
El gran Valle del Rift.	106
Figura 23	
Distribución de los Ríos y Lagos en Etiopía.....	107
Figura 24	
Temperaturas máximas en Etiopía.....	109
Figura 25	
Temperaturas mínimas en Etiopía.....	110
Figura 26	
Temperaturas medias en Etiopía.....	110
Figura 27	
Distribución de las precipitaciones medias en Etiopía.	112
Figura 28	
Distribución de los Parques Nacionales en Etiopía.....	113
Figura 29	
Distribución de los animales en Etiopía.....	114
Figura 30	
Factores de vulnerabilidad de África, respecto a Etiopía.	121
Figura 31	
Factores determinantes de la vulnerabilidad de los sistemas al CC	121
Figura 32	
Los mercados de Carbono, Regulado y Voluntario.	146
Figura 33	
Distribución de la población etíope caracterizada en el mapa de alturas.	150
Figura 34	
Distribución de la Población según las Vías de Comunicación.....	152

Figura 35	
Distribución de la Población según los Ríos y Lagos.....	154
Figura 36	
Distribución de la población según las temperaturas máximas.....	155
Figura 37	
Distribución de la población según las temperaturas mínimas	156
Figura 38	
Distribución de la población según las temperaturas medias	157
Figura 39	
Distribución de la población según las precipitaciones medias	158
Figura 40	
Río Juba	220
Figura 41	
Río Omo	221
Figura 42	
Río Awash	222
Figura 43	
Cataratas del río Nilo Azul.....	223
Figura 44	
Río Tekezé.....	225
Figura 45	
Lago Abaya.....	226
Figura 46	
Lago Tana.....	228
Figura 47	
Lago Awasa.....	229
Figura 48	
Lago Chamo.....	229
Figura 49	
Lago Turkana.....	231
Figura 50	
Volcán Ertá Ale	232
Figura 51	
Parque Nacional Gambella.....	233
Figura 52	
Mujer anciana en el Parque Nacional Mago.....	234
Figura 53	
Parque Nacional de los Montes Simen.	235
Figura 54	
Parque Nacional Nechisar.....	237

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	
Diferencias entre la SA, Soberanía Alimentaria, y el Derecho a la Alimentación	037
Tabla 2	
Influencia del cambio climático y el desarrollo en la oferta y demanda de agua.....	051
Tabla 3	
Opciones para la adaptación al Cambio Climático en la gestión del agua	053
Tabla 4	
Impactos Directos e Indirectos del cambio climático en el ganado	060
Tabla 5	
Resumen de prácticas y tecnologías CSA para sistemas terrestres.....	061
Tabla 6	
Resumen de prácticas CSA para sistemas mixtos	
Adaptación/mitigación: + = baja, ++ = media, +++ = alta	063
Tabla 7	
Resumen de Prácticas para Sistemas Sin Tierra.....	065
Tabla 8	
Presentación de las bases meteorológicas.....	085
Tabla 9	
Variables utilizadas, unidades de medida y descripción	101
Tabla 10	
Compendio de definiciones de Adaptación	130
Tabla 11	
Resumen de tipologías de Adaptación	133
Tabla 12	
Factores que determinan la Capacidad de Adaptación y el Desarrollo Sostenible	135

LISTADO DE ACRÓNIMOS

AGOA: Africa Growth and Opportunities Act

CC: Cambio climático

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático

CSA: Agricultura climáticamente inteligente (por sus siglas en inglés)

CSA: Central Statistical Agency of Ethiopia

ESRI: Environmental Systems Research Institute

EU ETS: Sistema de Comercio de Emisiones Europeo (por sus siglas en inglés)

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

GEI: Gases de efecto invernadero

GHCN: Global Historical Climatology Network

GC Net: Global Synoptic Climatology Network

GIS: Sistemas de localización geográfica (por sus siglas en inglés)

GPCC: Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones

CRU: Climatic Research Unit

GTP: Ethiopia's Growth and Transformation Plan

ICEX: Instituto de comercio exterior

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

MoFED: Ministerio de finanzas y desarrollo económico de Etiopía

ONU: Organización de las Naciones Unidas

OMM: Organización meteorológica mundial

PIDESC: Pacto Internacional por los Derechos Económicos Sociales y Culturales

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

RSC: Responsabilidad Social Corporativa

SA: Seguridad alimentaria

STC: Sub-technical Committee

UE: Unión Europea

VERs: Verified Emission Reduction

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El cambio climático (CC en adelante) es un elemento desestabilizador de la agricultura y de la seguridad alimentaria (SA), que debe ser controlado para evitar una posible catástrofe a nivel mundial. Esto impone límites a las posibilidades del crecimiento económico global y por lo tanto complejos problemas éticos, económicos y políticos vinculados a cómo se distribuyen las cargas de dichos límites y a través de qué medios. Esta discusión será uno de los grandes temas de la política internacional en las próximas décadas.

La naturaleza de la inseguridad alimentaria y su vinculación con el CC tienen una gran relación con el lugar geográfico en que suceden. Es por ello, que para una buena comprensión del binomio clima-alimentación, se hace necesaria una herramienta que facilite la integración de las variables geográficas con el resto de factores que afectan directamente al CC y la SA, propiciando una visión e interpretación completas del problema.

En la presente investigación, se ha elegido para tal fin el uso del Sistema de Información Geográfica ArcGis, por considerarse que además de situar territorialmente el fenómeno del CC, proporciona una interpretación muy visual respecto a su relación con el resto de variables.

Sintéticamente, la base de ArcGis es una serie de capas de información espacial en formato digital que representan diferentes variables u objetos, a los que corresponden varias entradas en una base de datos enlazada. Esta estructura permite combinar en un mismo sistema información con orígenes y formatos muy diversos, dando lugar a uno o varios mapas con las variables elegidas.

De este modo, se han generado mapas de sencilla comprensión, con todas las relaciones entre los factores implicados en los efectos del CC en la SA. Algunos de los factores analizados, por ejemplo, han sido temperaturas, precipitaciones o distancia a núcleos urbanos, que correctamente interpretados, han generado valiosa información para analizar la situación de inseguridad alimentaria que atraviesa el país.

Para la presente Tesis se ha elegido Etiopía como caso de estudio porque se observa de forma muy clara la relación entre el CC y la seguridad alimentaria. En efecto, Etiopía convive con crudas sequías seguidas de graves inundaciones que minan las posibilidades de producir alimentos. Según los últimos datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), más de 13 millones de personas están malnutridas, lo cual supone en torno al 15 por ciento de su población total.

Se trata de un país que depende del sector agrario, y en el que en las plantaciones prácticamente no existe el regadío. Es por esto que la pluviometría unida a la temperatura determina de forma clara la producción agraria, y por consiguiente la seguridad alimentaria.

Para evitar catástrofes humanitarias, desde distintos países europeos se distribuyen semillas de cereales cada año que cubren una parte de las necesidades. Pero en muchas zonas, los agricultores siguen careciendo de estas semillas. La población crece más que la agricultura, lo que unido a la bajada de inversión en los sectores deficitarios provocan la inestabilidad en el país.

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la inseguridad alimentaria en Etiopía es un mal crónico que depende de causas estructurales y de la pobreza, y que empeora con las continuas catástrofes naturales.

1.2. Formulación del problema y objetivos de la investigación

La cuestión principal que pretende abarcar este estudio es doble. En primer lugar, esta investigación trata de responder al interrogante acerca de cuál es el impacto que tiene el CC en la SA en Etiopía.

En segundo lugar, se utilizarán las herramientas que se describen en capítulos siguientes para aproximarnos a cómo las comunidades rurales de Etiopía se adaptan o se pueden adaptar a esta nueva situación.

De esta manera, en la presente Tesis se pretende responder a los siguientes interrogantes específicos:

- ¿De qué forma afectará el cambio climático a la seguridad alimentaria?
- ¿Cómo podrá la zona estudiada hacer frente y adaptarse a esta situación?

A partir de las respuestas a las preguntas anteriores, podremos proponer cambios en la agricultura etíope para mejorar la seguridad alimentaria del país, en base a un diagnóstico con bases empíricas. Este será pues, el objetivo principal de la presente Tesis.

Adicionalmente, para alcanzar este objetivo general, se han ido planteando a lo largo de la investigación una serie de objetivos específicos. Se trata de los siguientes aspectos:

- Investigar la forma en que se relaciona el CC con la SA, a través de la disponibilidad de alimentos, la estabilidad, el acceso y la utilización de alimentos.
- Aplicar los sistemas de localización geográfica (GIS) a la búsqueda de conclusiones que puedan ayudar a la toma de decisiones políticas que puedan ayudar a reducir el CC y su impacto en la SA en la zona estudiada.
- Generar recomendaciones basadas en las conclusiones extraídas de este estudio, para una mejor programación futura en materia de SA y CC en la zona.

1.3. Metodología y Estructura del trabajo

El aporte novedoso de esta Tesis consiste en la estrategia para conseguir los objetivos fijados. Existe mucha literatura sobre CC y sobre SA por separado, mucha menos sobre la vinculación entre los dos conceptos, y prácticamente nula es la literatura existente sobre la aplicación del GIS a este tema, y la vinculación de esta herramienta a la aportación de medidas concretas de adaptación de la agricultura al CC.

Se ha considerado que, para hacer efectiva la estrategia propuesta, tiene que reducirse la brecha de conocimiento entre los estudios sobre CC y SA. Siendo consciente que cada uno de los temas tratados podría ser suficiente para una tesis, se ha tratado de explicar cada uno de ellos por separado, para luego unirlos en una realidad compleja como es la de Etiopía. El resultado, aunque pueda parecer disperso, consigue “fundir” todos los aspectos analizados y reunirlos en una estrategia concreta.

Para ello, el enfoque metodológico propuesto es pionero, y consiste en realizar una primera aproximación a la realidad del país a estudiar mediante los Sistemas de Información Geográfica (GIS). En paralelo, se estudian los conceptos de CC y SA, para mostrar sus interrelaciones. Esto sirve para introducir una propuesta de agricultura que tiene en cuenta estas interrelaciones, la Agricultura Climáticamente Inteligente o CSA por sus siglas en inglés. Posteriormente, a partir de lo observado con la aproximación GIS y de los postulados de la CSA, se realizarán las propuestas concretas para Etiopía.

Considerando el presente capítulo de antecedentes, el trabajo se ha dividido en cinco capítulos.

En el capítulo 2 se desarrolla el marco teórico, dividido en 4 partes. En la primera parte se relacionan el clima y el desarrollo humano, incidiendo en las distintas teorías que vinculan a ambas. En la segunda se aborda el cambio climático, conceptos y diversas teorías que explican si el CC existente es debido a la actividad humana o se trata de un ciclo natural. En la tercera parte se aborda de lleno los conceptos de seguridad alimentaria, soberanía alimentaria y derecho a la alimentación. Se explican las diferencias entre estos conceptos y la forma de medirlos. Por último, en la cuarta parte se vincula el cambio climático con la seguridad alimentaria, que es el núcleo central de este trabajo.

En el capítulo 3 se explica en detalle la metodología utilizada y el ámbito de aplicación del trabajo. Se proponen las variables a estudiar y el porqué de su importancia. Por último, se analiza de forma general el país elegido para situar al lector y prepararlo para los siguientes apartados.

El capítulo 4 contiene los resultados en detalle, atendiendo a las distintas variables de análisis seleccionadas en el capítulo anterior. Además, se proponen mejoras para el caso de estudio elegido. Para ello, antes se definen los conceptos necesarios para poder entender con claridad el concepto de agricultura “Climate Smart”. En la parte final se hace un análisis exhaustivo y actualizado del sector agrario etíope, y se proponen medidas concretas de adaptación al cambio climático.

Finalmente, en el capítulo 5 de este trabajo se extraen las conclusiones definitivas de la investigación a la vez que se proponen nuevas vías de investigación sobre el tema.

2. MARCO TEÓRICO

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

2.1. La importancia del clima en el desarrollo

El papel de la geografía y, sobre todo, el clima, en el desarrollo económico y social de los países es objeto de continua controversia. En concreto, dos paradigmas discrepan sobre cómo los factores geográficos pueden ser la causa de su pobreza. Por un lado, la geografía se considera como principal determinante de las diferencias de riqueza entre los países y por lo tanto, una causa directa de escaso desarrollo en algunos países, mientras que por otro, es un factor indirecto que se reproduce a través de la calidad institucional y la gobernabilidad de los Estados.

Considerar la geografía como un determinante del crecimiento económico en el país es una teoría ancestral. El papel del clima en el desarrollo de las civilizaciones se menciona ya en los escritos de Aristóteles e Hipócrates. Sin embargo, es Montesquieu quién se cita a menudo como uno de los fundadores de la “teoría del clima”. En su libro “El espíritu de las leyes” publicado en 1748, Montesquieu presenta los primeros borradores de este paradigma que describe la existencia de una correlación entre el calor del país y su nivel de desarrollo: “Son las diferentes necesidades dentro de los diferentes climas, las que forman diferentes maneras de vida, y estas, los diversos tipos de leyes” (Montesquieu, 1748). Esta teoría, desarrollada por el autor, nos lleva a considerar el clima como un factor predominante sobre el hombre: “El imperio del clima¹ es el primero de todos los imperios” (Montesquieu, El espíritu de las leyes). El autor explica la pobreza e incluso la esclavitud de algunos pueblos dependiendo de sus diferencias geográficas.

Más modernamente, aparece el concepto de determinismo geográfico, que es una escuela geográfica surgida en el siglo XIX. Son pensamientos desarrollados inicial-

¹ La definición utilizada aquí de clima se limita a las características de temperatura solamente.

mente por el alemán Federico Ratzel en su obra “antropogeografía”. Esta escuela plantea que el hombre depende de su medio geográfico para su desarrollo. Esto quiere decir que el desarrollo económico, político, social y cultural en conjunto con los grupos o sociedades humanas colectivas e individuales, están influenciadas por el medio físico y que el ser humano debe adaptarse a ello. Pone énfasis en el papel del medio sobre el hombre.

A partir de esta teoría, muchas tesis explican ahora las características geográficas de algunos países como las causas de su escaso desarrollo. Así, los países situados en zonas tropicales serían menos ricos debido a la alta prevalencia de enfermedades infecciosas (Sachs y Warner 1997), a su aislamiento geográfico (Sachs et al. 2000), a los altos costes de transporte (Gallup et al. 1998), o a un cultivo de cereal difícil debido a la variabilidad del clima o suelos pobres (Sachs y Warner 1997). De acuerdo con esta visión, la latitud de los países y sus características climáticas son factores explicativos directos de su bajo desarrollo. El trabajo de Sachs y Warner alimenta esta explicación, mostrando que los países subdesarrollados se encuentran en zonas aisladas y muy dependientes de las materias primas. Diamond, en un artículo publicado en la revista Science en 1997, estudió también la ubicación histórica de los primeros agricultores de la zona de la “Media Luna Fértil” en Oriente Medio y conecta el desarrollo de las primeras civilizaciones a las características geográficas de la región. Esta teoría ha servido a una serie de estudios sobre el retraso del crecimiento en los países africanos, como Bloom y Sachs (1998). Los autores argumentan así: “En la raíz de la pobreza en África se encuentra su extraordinariamente desfavorable geografía”. En un artículo de 2006, Nordhaus se muestra de acuerdo con los estudios que afirman que el desarrollo de las sociedades que dependen fuertemente de la agricultura está muy influenciado por sus características geográficas. Según el autor, en las primeras civilizaciones, altamente dependientes de las condiciones climáticas y los recursos naturales, el desarrollo económico se habría vinculado fuertemente a la geografía y especialmente a su clima². En este artículo, se repone esta hipótesis utilizando un nuevo método de cuadrícula geográfica de la riqueza. Según sus cálculos, la geografía de África es una desventaja económica en comparación con las regiones templadas industriales: los factores geográficos explican el 20% de las diferencias de ingresos entre las dos áreas. El trabajo de Dell

² Esta Tesis también se describe en el libro Collapse J. Diamond (2005).

et al. (2009) también pone de relieve la temperatura como un factor explicativo de ingresos. De hecho, la caída de los ingresos nacionales según el autor, es del 8,5% por cada grado centígrado adicional.

Diamond, en su libro “Armas, gérmenes y acero” publicado en 1997 analiza el progreso de diferentes civilizaciones del mundo y propone una explicación al predominio de la cultura de Europa occidental sobre las demás.

Para Diamond la agricultura fue el momento en que comenzó la diferencia de desarrollo en el mundo, y aun mas importante el tipo de agricultura. La gente que tuvo acceso a cultivos más productivos generó más riqueza, por lo que para él sí existe un determinismo geográfico. Las diferencias vendrían por los cultivos que tenemos, que a su vez dependen del clima en el que vivamos. Esta idea de Diamond es muy potente pero parece muy simple. ¿Existe alguna otra razón para la división del planeta en ricos y pobres?

Para que se desarrollen otras actividades como herramientas de metal y otros artefactos tiene que haber suficiente productividad en la agricultura para poder alimentar al colectivo que se dedica a otra actividad. Si esto no ocurre no se desarrollan porque están centrados en sus necesidades básicas. Diamond llega a la conclusión de que la gente es similar en lo fundamental, y que el desarrollo viene determinado por las materias primas que existen en la zona en la que nos toca vivir y sus condiciones climatológicas.

Con el fin de validar empíricamente esta teoría, los autores utilizan datos geográficos tales como la latitud, altitud, distancia del mar a la tierra en áreas tropicales (Bloom y Sachs 1998) o variables geográficas que toman la forma de variables ficticias “África” o “aislamiento” (Sachs et al. 2000.) como factores explicativos directos de las variables económicas. Los factores geográficos son exógenos³, no dependen de criterios económicos y sociales, y por lo tanto se puede utilizar directamente para explicar los ingresos. Sin embargo, la principal limitación de estos estudios es la baja variabilidad temporal de los datos espaciales disponibles, lo que obliga a análisis estadísticos y de panel. De hecho, los factores geofísicos no cambian con el tiempo (latitud, altitud, aislamiento) o muy poco (calidad del suelo, clima).

³ Consideramos aquí por elementos geográficos sólo los “geofísicos”: La población no se considera exógena, por ejemplo.

Todas estas argumentaciones que parten de la teoría del determinismo geográfico, son opuestas a las que se propugnan desde el llamado “paradigma de las instituciones”. Según esto último, las instituciones y el buen gobierno son fundamentales para el proceso de crecimiento económico de los estados (Acemoglu y Robinson 2012). La corrupción o la debilidad del sistema legal y administrativo son las principales causas de la pobreza de las naciones. Sin embargo, las pruebas empíricas de los factores institucionales a menudo se enfrentan al problema de la endogeneidad de las variables institucionales y el buen gobierno. El hecho de que del desarrollo económico y el desarrollo institucional de los estados sea a menudo inversamente proporcional está bien establecido y se resume en el trabajo de Acemoglu et al. (2005) y Rodrik y Subramanian (2003). Según ellos, el fuerte impacto del clima en el desarrollo económico es en realidad el resultado de la omisión de las variables clave a través de las que pasan los efectos del clima, incluyendo la calidad institucional (Rodrik et al. 2004). La investigación de Hall y Jones (1999) muestra que las diferencias de riqueza entre las naciones se deben a las instituciones públicas y políticas. Acemoglu, Johnson y Robinson, en su artículo “Los orígenes coloniales del desarrollo comparativo” (2001), atribuyen un papel fundamental a las instituciones, incluido el propio proceso de desarrollo dependiente de la geografía. Según los autores, el clima es un factor explicativo del tipo de colonización, que guía el desarrollo de las instituciones del país. Las áreas con un clima desfavorable serían el lugar de las colonias de explotación y aquellas con climas favorables (por lo tanto con menor mortalidad de los colonizadores), las destinadas a colonias de asentamientos. En el pasado, los colonos habrían establecido instituciones para un mayor desarrollo económico, lo que explicaría las diferencias de riqueza entre los países presentes.

Así, según lo explicado anteriormente, el clima puede ser considerado como un factor de desarrollo económico directo y/o indirecto. El efecto de los cambios del clima se manifiesta a través de múltiples canales: la agricultura (Mendelsohn et al. 2001, Deschenes y Greenstone 2007), la salud (Gallup y Sachs 1998 y 2001, Deschenes y Moretti 2007), la productividad (Meese et al. 1982), los conflictos (Miguel et al. 2004), las instituciones políticas (Brückner y Ciccone, 2011), etc. Esta es la razón por la que su influencia y su inestabilidad son ampliamente estudiadas, ya que pueden determinar la inclinación de los países hacia una “trampa de pobreza” y una guía hacia el desarrollo (Guillaumont y Guillaumont-Jeanneney 2010).

La disponibilidad de nuevas bases mundiales de datos meteorológicos y el fenómeno del CC han puesto el foco en la importancia y poder explicativo de las teorías que colocan el clima en el centro del debate sobre el desarrollo. Por otro lado, estas bases de datos son una oportunidad para contrastar empíricamente dichas teorías.

En estos últimos diez años se han desarrollado bases de datos meteorológicas globales, lo que supone un reto para la investigación actual. De hecho, el punto débil tradicional de los estudios sobre el impacto de la geografía viene siendo la escasez de datos sobre el clima. Además, como se mencionó anteriormente, las variables usadas tenían una baja variabilidad temporal (geografía regional, latitud, etc.). Así pues, las nuevas bases de datos mundiales dan una respuesta a estas limitaciones. Proporcionan para un gran número de países (África es el continente menos representado) y a lo largo de un período largo (desde 1900), datos de pluviometría y temperatura con frecuencia mensual.

Sin embargo, conviene destacar que es cierto que estas bases de datos son complejas y aún poco conocidas. Sus usos se discuten en la economía y todavía existen controversias sobre los métodos de cálculo del impacto las perturbaciones climáticas en la economía y la SA de los países. La presente Tesis supone un paso adelante en esta dirección.

2.2. Cambio climático

En estos últimos años, una sensación de urgencia viene alentando la investigación sobre la modelización del sistema climático. La probabilidad de que las actividades humanas alteren la composición de la atmósfera, afecten el clima a nivel regional y mundial, y repercutan en las economías de los países y en los ecosistemas naturales, estimula el desarrollo de modelos del sistema climático.

2.2.1. El clima y el sistema climático

Es habitual definir el clima como el “tiempo medio” o, con más rigor, como la descripción estadística del tiempo en términos de la media y la variabilidad de ciertas mag-

nitudes importantes durante períodos de varios decenios (de tres decenios, como los define la OMM). A menudo, se trata de variables de superficie, como la temperatura, la precipitación y el viento, pero en un sentido más amplio, el tiempo es una descripción del estado del sistema climático.

El sistema climático consta de los componentes principales siguientes:

- a. La atmósfera
- b. Los océanos
- c. Las biosferas terrestres y marinas
- d. La criosfera (hielo marino, cubierta de nieve estacional, glaciares de montaña y capas de hielo a escala continental)
- e. La superficie terrestre

Estos componentes actúan entre sí y, como resultado de esa interacción colectiva, determinan el clima de la superficie de la Tierra. Las interacciones se producen a través de flujos de energía de diversas formas, de intercambios de agua, de flujos de otros gases en trazas radiactivamente importantes, entre los que figura el dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4), y del ciclo de nutrientes. Lo que mueve el sistema climático es la entrada de energía solar, equilibrada por la emisión de energía infrarroja (“calor”) hacia el espacio. La energía solar es la fuerza conductora más importante de los movimientos de la atmósfera y el océano, de los flujos de calor y agua y de la actividad biológica.

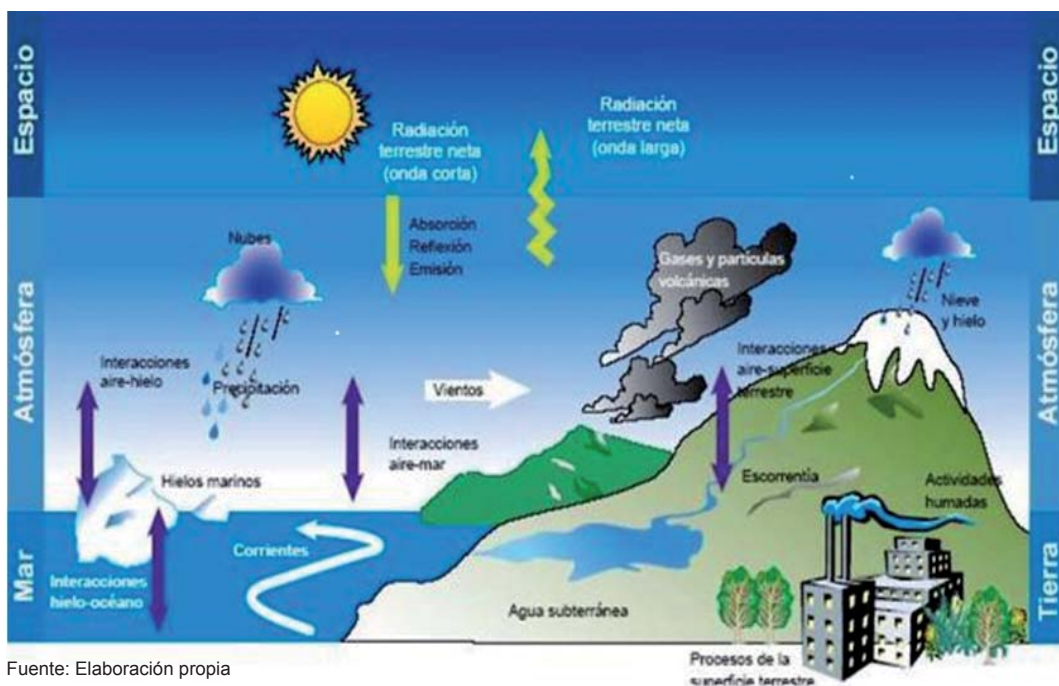
Los componentes del sistema climático inciden en el clima regional y mundial de varias maneras diferentes:

- Influyen en la composición de la atmósfera de la Tierra, por lo que modulan la absorción y transmisión de la energía solar y la emisión de energía infrarroja que se devuelve al espacio.
- Alteran las propiedades de la superficie y la cantidad y naturaleza de la nubosidad, lo que repercute sobre el clima a nivel regional y mundial.
- Distribuyen el calor horizontal y verticalmente, desde una región hacia otra mediante los movimientos atmosféricos y las corrientes oceánicas. En su estado natural, los diversos flujos entre los componentes del sistema climático se en-

cuentran, por lo común, muy cerca del equilibrio exacto cuando se integran a lo largo de períodos de uno a varios decenios. Por ejemplo, antes de la revolución industrial, la absorción de dióxido de carbono por fotosíntesis alcanzó su equilibrio casi exacto mediante la liberación efectuada por los detritos de materiales.

La Figura 1 es una representación esquemática del sistema climático y muestra algunas interacciones clave entre los diversos componentes y las propiedades de los componentes que pueden cambiar.

Figura 1: Visión esquemática de los componentes del sistema climático mundial.



Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Factor humano en la aparición del CC

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático usa el término cambio climático para referirse a las modificaciones que tienen lugar en el presente y sólo por causas humanas: “Por cambio climático se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables” (CMNUCC, 1992).

Pero lo cierto es que, en sus más de 4.400 millones de años de vida, nuestro planeta ha experimentado variaciones climáticas a escala global y no siempre motivadas por actividades humanas. Por ejemplo, los calentamientos globales ocurridos en el Jurásico con temperaturas medias de 5°C por encima de las actuales, pasando por las glaciaciones del Pleistoceno, en las que gran parte de Norteamérica, Europa y el norte de Asia quedaron cubiertas bajo gruesas capas de hielo durante muchos años, hasta la llamada Pequeña Edad de Hielo que tuvo lugar desde el siglo XIV hasta el siglo XIX. Por todo ello es conveniente abordar el término cambio climático desde una perspectiva más amplia.

La humanidad está alterando la concentración de los gases de efecto invernadero y los aerosoles, que influyen en el clima y, a la vez, son influidos por éste. Los gases de efecto invernadero reducen la pérdida neta de radiación infrarroja hacia el espacio y tienen poco impacto en la absorción de la radiación solar, lo que hace que la temperatura de la superficie sea más cálida y produce el denominado “efecto invernadero”. Los aerosoles revisten gran importancia por su impacto sobre la radiación solar, y tienen casi siempre un efecto de enfriamiento.

Ciertos gases de efecto invernadero surgen naturalmente, pero están influenciados directa o indirectamente por las actividades humanas, mientras que otros son totalmente antropógenos. Los principales gases que surgen naturalmente son: vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), ozono (O₃), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Los principales grupos de gases de invernadero completamente antropógenos son: clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarbonos (HFC) e hidroclorofluorocarbonos (HCFC) (a los que se denomina colectivamente halocarbonos), y las especies totalmente fluorinadas, como el hexafluoruro de azufre (SF₆).

El vapor de agua es el mayor contribuyente al efecto invernadero natural y es el que está más directamente vinculado al clima y, por consiguiente, menos directamente controlado por la actividad humana. Esto es así porque la evaporación depende fuertemente de la temperatura de la superficie, y porque el vapor de agua atraviesa la atmósfera en ciclos muy rápidos, de una duración por término medio de uno cada ocho días. Por el contrario, las concentraciones de los demás gases de invernadero están sujetas a la influencia fuerte y directa de las emisiones asociadas con la quema de combustibles fósiles, algunas actividades forestales y la mayoría de las agrícolas, y la producción y el empleo de diversas sustancias químicas. Excepto el ozono, todos los

gases de invernadero directamente influidos por las emisiones humanas están bien mezclados en la atmósfera, de forma que su concentración es casi la misma en cualquier parte y es independiente del lugar donde se produce. El ozono también difiere de los demás gases de invernadero.

En la actualidad, existe un amplio consenso científico, casi generalizado, en torno a la idea de que la alteración climática global propia de las últimas décadas en nuestro planeta es consecuencia de nuestro modo de producción y consumo energético. El incremento de las temperaturas en los últimos 100 años ha sido de 0,76 °C. Cabe destacar que durante el periodo 1995-2010 se concentraron 12 de los 13 años más cálidos registrados desde el año 1850. A la vez, la superficie helada del Ártico en verano se redujo un 7,4% por década. Todo ello constituye un serio problema que nos afecta a todos y que tendrá consecuencias no solo sobre el medioambiente, sino también sobre la economía y la sociedad. Es necesario, por tanto, tomar una serie de medidas que permitan mitigar el cambio climático y adaptarnos a los posibles escenarios que se den como consecuencia del calentamiento global.

2.3. Seguridad Alimentaria y otros conceptos relacionados

Cuando se trata de abordar las situaciones de carencias nutricionales de carácter estructural y no coyuntural, existen tres términos importantes, a veces utilizados de manera indistinta y que pueden ser confundidos entre sí. Sin embargo, implican enfoques diferentes para luchar contra el hambre: la soberanía alimentaria, la SA y el derecho a la alimentación.

Es conveniente por tanto conocer el significado de estos tres términos, y entender las diferencias que existen entre ellos, pues en algunos aspectos pueden ser complementarios y en otros pueden existir diferencias más marcadas.

2.3.1. Seguridad Alimentaria

La SA es una disciplina reciente, que surge en la década de los años setenta como respuesta a la preocupación internacional ante una escasez generalizada de alimentos, a partir de la crisis del petróleo y del incremento de la población a nivel mundial.

En la década de los ochenta, el concepto evoluciona a raíz de los resultados de la revolución verde (1940-1970) y la incidencia de las hambrunas africanas. Es importante destacar que esta revolución tuvo sus efectos fundamentalmente en las zonas más productivas y no contribuyó a lograr cambios en la situación de las áreas más desfavorecidas. El concepto evoluciona entonces pasando de una visión macro de la SA a un análisis micro de la vulnerabilidad en función de las titularidades o derechos de las poblaciones y las familias.

La nueva visión de la SA se orienta conforme a lo que Amartya Sen define como “*entitlements*” (Amartya Sen. 1981), explicando el dominio sobre los recursos, los cuales dan control sobre los alimentos. Estos derechos determinan los recursos que las personas pueden utilizar para satisfacer sus necesidades alimentarias. Se trata también de un enfoque basado en los medios de vida de las poblaciones.

Durante los años noventa se incluyen los conceptos de calidad alimentaria, inocuidad, adecuación nutricional, distribución intra-hogar, preferencias culturales, y se reafirma la SA como un derecho humano.

La SA Nutricional es definida por la FAO como: “...se refiere al estado de disponibilidad y estabilidad en el suministro de alimentos (culturalmente aceptables), de tal forma que todas las personas todos los días de manera oportuna gocen del acceso y puedan consumir los mismos en cantidad y calidad libre de contaminantes y acceso a otros servicios (saneamiento, salud y educación) que aseguren el bienestar nutricional y le permita hacer una buena utilización biológica de los alimentos para alcanzar su desarrollo, sin que ello signifique un deterioro del ecosistema” (FAO, 2006).

El concepto de SA se articula entonces en función de cuatro componentes básicos: (a) la disponibilidad de alimentos, (b) la estabilidad, (c) el acceso, (d) el consumo y la utilización biológica.

- a. La *Disponibilidad* a nivel local o nacional tiene en cuenta la producción, las importaciones, el almacenamiento y la ayuda alimentaria. Para sus estimaciones se han de tener en cuenta las pérdidas post-cosecha y las exportaciones de alimentos.
- b. La *Estabilidad* se refiere a solventar las condiciones de inseguridad alimentaria transitoria de carácter cíclico o estacional, a menudo asociadas a las campañas agrícolas, tanto por la falta de producción del alimento en momentos determina-

dos del año, como por el acceso a recursos de las poblaciones asalariadas dependientes de ciertos cultivos. En este componente juega un importante papel la existencia y disponibilidad de infraestructura de almacenamiento a nivel nacional y o local en condiciones adecuadas, así como la posibilidad de contar con recursos alimenticios e insumos de contingencia para las épocas de déficit alimentario.

- c. El *Acceso* a los alimentos puede ser físico y/o económico. La falta de acceso físico se da cuando los alimentos no están disponibles en cantidad suficiente allí donde se necesita consumirlos. El aislamiento de las poblaciones y la falta de infraestructuras pueden incidir en la imposibilidad de contar con alimentos en condiciones adecuadas de manera permanente o transitoria. El acceso también se refiere a la ausencia de renta de las personas para alimentarse, debido a la imposibilidad de pagar los precios de los alimentos, dado el bajo poder adquisitivo de la población.

Figura 2: Los 3 componentes del sistema alimentario con sus 3 elementos principales



Fuente: Elaboración propia

- d. El *Consumo y la Utilización Biológica* de los alimentos. El consumo se refiere a que las existencias alimentarias en los hogares respondan a las necesidades nutricionales, a la diversidad, la cultura y las preferencias alimentarias. También tiene en cuenta aspectos como la inocuidad, las condiciones higiénicas de los hogares y la distribución con equidad dentro del hogar. La inocuidad se refiere a todos aquellos riesgos asociados a la alimentación que pueden incidir en la salud de las personas, tanto riesgos naturales, como originados por contaminaciones, por incidencia de patógenos, o bien que puedan incrementar el riesgo de enfermedades crónicas como cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras.

La utilización biológica está relacionada con el estado nutricional, como resultado del uso individual de los alimentos (ingestión, absorción y utilización) y el estado de salud. La inadecuada utilización biológica puede tener como consecuencia la desnutrición y/o la malnutrición.

Los conceptos más habituales relativos a los problemas nutricionales son:

- *Subnutrición*: se produce cuando la ingestión de alimentos no cubre las necesidades de energéticas básicas de la persona de forma continua. También llamado Hambre Crónica.
- *Desnutrición*: es el estado patológico resultado de la subnutrición, de una dieta deficiente en uno o varios nutrientes, y/o de la mala asimilación de los alimentos consumidos. La desnutrición puede ser de tres tipos:
 1. *Desnutrición aguda (wasting)*, es la deficiencia de peso para altura (P/A). Delgadez extrema o emaciación. Resulta de una pérdida de peso asociada con periodos recientes de hambruna o enfermedad que se desarrolla muy rápidamente y es limitada en el tiempo.
 2. *Desnutrición crónica (stunting)*, reflejada en el retardo de altura para la edad (A/E); Asociada normalmente a situaciones de pobreza, y relacionada con dificultades de aprendizaje y menor desempeño económico.
 3. *Desnutrición global (underweight)*, es la deficiencia de peso para la edad. Insuficiencia ponderal. Es un índice compuesto de los dos anteriores ($P/A \times A/E = P/E$) adecuado para seguir la evolución nutricional de niños y niñas. Este es el indicador usado para dar seguimiento a los Objetivos del Milenio.
- *Malnutrición*: estado fisiológico anormal debido a la deficiencia, el exceso o el desequilibrio de la energía, las proteínas u otros nutrientes en el organismo.

Así la SA del hogar es un concepto centrado en las personas y los hogares y como ellos dan forma a la cadena alimentaria. El entendimiento de la SA del hogar se debe focalizar en cómo la familia:

- Produce o adquiere alimentos a través del tiempo
- Compra, procesa, conserva y utiliza sus alimentos
- Gestiona los recursos (tiempo, dinero y otros activos) relacionados con la producción de alimentos, adquisición, utilización y consumo

2.3.2. La Soberanía Alimentaria

Durante la década de los noventa surge también un concepto de gran respaldo desde muchas organizaciones no gubernamentales, el de Soberanía Alimentaria. La Soberanía Alimentaria es considerada como *“el derecho de los pueblos a definir sus propias políticas y estrategias sustentables de producción, distribución y consumo de alimentos que garanticen el derecho a la alimentación para toda la población, con base en la pequeña y mediana producción, respetando sus propias culturas y la diversidad de los modos campesinos, pesqueros e indígenas de producción agropecuaria, de comercialización y de gestión de los espacios rurales, en los cuales la mujer desempeña un papel fundamental (Foro Mundial de Soberanía Alimentaria. La Habana. 2001).*

En la definición, la Soberanía Alimentaria enfatiza la visión de sostenibilidad y autonomía, el derecho a la alimentación y el apoyo decidido a la agricultura familiar. Además contempla el acceso y control de la población sobre los recursos productivos (tierra, agua y semilla, entre otros), con una especial atención a los aspectos de regulación de la tenencia de la tierra, y al acceso y control de las mujeres sobre dichos recursos. Todos estos aspectos vienen a reforzar la visión de la SA desde la óptica de lo local, y del respeto y defensa de las culturas y tradiciones alimentarias. La soberanía alimentaria en la actualidad se trata de un concepto muy dinámico, que en menos de una década ha pasado de nacer con una visión exclusivamente reivindicativa a un planteamiento como marco de políticas para abordar el problema del hambre desde el desarrollo del medio rural, la integridad medio ambiental y los medios de vida sostenibles.

En este proceso ha habido dos importantes conferencias internacionales de soberanía alimentaria dirigidas a lograr conceptualizar este término. La primera celebrada en Cuba en 2001 con la presencia de 400 delegados (campesinos, indígenas, pescadores artesanales, académicos e investigadores de más de 60 países), y la segunda, el Foro de Soberanía Alimentaria de Nyéléni, celebrada en Sélingué, Mali en 2007, que alcanzó los 600 delegados de organizaciones similares a las precedentes.

En esta última conferencia se concluyó que los siete componentes necesarios para lograr la soberanía alimentaria son los siguientes:

Alimentación, un Derecho Humano Básico

Todos deben tener acceso a una alimentación inocua, nutritiva y culturalmente adecuada en cantidad y calidad suficientes para mantener una vida sana con plena dignidad humana. Cada nación debería declarar que el acceso a la alimentación es un derecho constitucional y debería garantizar el desarrollo del sector primario para asegurar el cumplimiento de este derecho fundamental.

Reforma Agraria

Es necesaria una reforma agraria que proporcione a las personas sin tierra y a los productores, la propiedad y el control sobre la tierra que trabajan y devuelva a los pueblos indígenas sus territorios. El derecho a la tierra debe estar libre de discriminación de género, religión, raza, clase social o ideología.

Protección de Recursos Naturales

La soberanía alimentaria implica el cuidado y uso sostenible de los recursos naturales, especialmente tierra, agua, semillas y razas de animales. Las personas que trabajan la tierra deben tener el derecho de practicar la gestión sostenible de los recursos naturales y de preservar la diversidad biológica libre de derechos de propiedad intelectual restrictivos. Esto solamente puede lograrse desde una base económica sólida, con seguridad en la tenencia, con suelos sanos y uso reducido de agroquímicos.

Reorganización del Comercio de Alimentos

Las políticas agrícolas nacionales deben priorizar la producción para el consumo interno y la autosuficiencia alimentaria. Las importaciones de alimentos no deben desplazar la producción local ni reducir los precios.

Regulación el poder de las empresas multinacionales sobre las políticas agrícolas

Se requiere la regulación y el cumplimiento de un Código de Conducta para las empresas transnacionales.

Paz Social

Los niveles cada vez mayores de pobreza y marginalización en el área rural, conjuntamente con la creciente opresión de las minorías étnicas y poblaciones indígenas, agravan las situaciones de represión y desesperación.

Control Democrático

Los productores de pequeña escala deben tener una intervención directa en la formulación de políticas agrícolas en todos los niveles. Estos derechos forman la base de una buena gobernanza, responsabilidad e igualdad de participación en la vida económica, política y social, libre de cualquier forma de discriminación. En particular se debe garantizar a las mujeres rurales la toma de decisiones directa y activa en cuestiones alimentarias y rurales.

2.3.3. El Derecho a la Alimentación

Uno de los aspectos más repetidamente olvidado ha sido la consideración de la alimentación como un derecho, pues desde el punto de vista jurídico, forma parte de los derechos de segunda generación (social, económica y cultural), donde se encuentran también el derecho a la educación, a la vivienda, a la salud y al trabajo.

Así, aunque el Pacto Internacional por los Derechos Económicos Sociales y Culturales (PIDESC) fue aprobado en 1966, no fue hasta mayo de 1999 cuando se define el derecho a la alimentación. El Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de la ONU, responsable de la supervisión de la aplicación del PIDESC, lo hace a través de la aprobación de la Observación General 12 en la que se define en detalle el contenido de este derecho y establece la obligación de los estados a respetar, proteger, facilitar y hacer efectivo el derecho a la alimentación. Así mismo, se aprueba la Observación General número 15 sobre el derecho al agua en la que se plantea que “el derecho a una alimentación adecuada incluye el derecho a disponer de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para uso personal y doméstico”⁴.

Dicho Comité de Naciones Unidas aprobó posteriormente en el 2000 la adopción de un enfoque integrado y coordinador para la promoción y protección de este derecho, y el nombramiento de un Relator Especial sobre el derecho a la alimentación.

El entonces Relator sintetizó el contenido de este Derecho y lo definió como “el derecho a tener acceso, de manera regular, permanente y libre, directamente o mediante

⁴ Se consideran también los usos vinculados con la producción de alimentos en la medida en que la producción agrícola esté destinada a evitar el hambre, a garantizar una alimentación adecuada, pero no cuando se trate de desarrollar explotaciones agrícolas como negocio.

compra con dinero, a una alimentación cuantitativa y cualitativamente adecuada y suficiente, que corresponda a las tradiciones culturales de la población a que pertenece el consumidor y que garantice una vida psíquica y física, individual y colectiva, libre de angustias, satisfactoria y digna” (Ziegler 2003).

En la Observación General 12 se establecen las cuatro obligaciones del Derecho a la Alimentación:

- La obligación de respetar el acceso existente a una alimentación adecuada requiere que los Estados no adopten medidas que tengan por resultado impedir ese acceso.
- La obligación de proteger requiere que los Estados adopten medidas para garantizar que las empresas o los particulares no priven a individuos o colectivos del acceso a los alimentos y recursos adecuados.
- La obligación de promover incorpora tanto la obligación de facilitar como la de proporcionar este derecho. La obligación de promover (facilitar) significa que los Estados deben procurar acciones orientadas a fortalecer el acceso y la utilización, por parte de la población, de los recursos que aseguren sus medios de vida, incluida la SA. Esta obligación solo se puede realizar de manera progresiva, pero con la disponibilidad máxima de los recursos existentes. La obligación de promover (proporcionar) el Derecho al alimento significa que, en los casos en los que individuos o grupos sean incapaces, por razones fuera de su control, de tener acceso a una alimentación adecuada por sus propios medios, el Estado tiene la obligación de proporcionar directamente los recursos necesarios para que los individuos consigan acceder a los alimentos directamente (o al dinero necesario para comprarlos). Esta obligación se aplica también en las situaciones de desastres naturales o conflictos.
- La obligación de garantizar la no discriminación: el principio de la no discriminación es inherente a los derechos humanos. Este principio se debe aplicar inmediatamente y no depende de la disponibilidad de recursos ni del grado de desarrollo. El Estado, bajo ninguna condición, debe discriminar “de iure” o “de facto” a parte de la población cuando se trata de disfrutar de derechos humanos.

2.3.4. Comparación entre los enfoques de Soberanía Alimentaria, Seguridad Alimentaria y Derecho a la Alimentación

Como se ha mostrado, los tres conceptos mencionados son diferentes, tanto en su definición como en su ámbito de actuación.

La SA es el término más ampliamente utilizado a nivel internacional. Se trata de un concepto técnico y de carácter principalmente académico que define una situación, y por lo tanto constituye una meta a alcanzar a través de una serie de indicadores. Es un concepto muy amplio, que abarca desde la producción al consumo y la nutrición, tanto en el medio urbano y el medio rural.

La definición de SA, tal y como está planteada, se centra fundamentalmente en lograr desde el acceso físico, económico y nutricional que la población cuente con alimento en condiciones adecuadas, por lo que se puede alcanzar por muy diversas vías (por ejemplo importación de alimentos de bajo coste o de ayuda alimentaria). Lo que indudablemente puede tener consecuencias muy diferentes en la generación de dependencia o logro de autonomía de las poblaciones afectadas por la inseguridad alimentaria⁵.

La soberanía alimentaria es un concepto político, que plantea una agenda política internacional, alternativa a la visión predominante (liberalización y agricultura industrial).

El enfoque de soberanía alimentaria responde al entendimiento de la vulnerabilidad no sólo en términos de la exposición a los riesgos y la fragilidad de los medios de vida ante los mismos, también en términos de la limitación en el acceso a recursos y derechos para enfrentar y adaptarse a los riesgos. La vulnerabilidad se entiende por lo tanto también desde la exclusión de los derechos y las oportunidades que otros tienen, a menudo relacionados con el género, la clase social o la etnicidad. Por lo tanto, asociado a las inequidades en el acceso al poder.

La soberanía alimentaria no sólo incide en las necesidades alimentarias de las poblaciones, sino también en sus intereses estratégicos, lo que se traduce en un enfoque hacia la transformación de la distribución desigual de los recursos, de los derechos y oportunidades de acceso a los mismos y de las relaciones de poder, que se

⁵ En los últimos 30 años los 49 países menos adelantados han pasado de ser exportadores a importadores netos de alimentos. Informe del Relator Especial para el Derecho a la Alimentación a la Comisión de Derechos Humanos de NN.UU. 9 Febrero 2004. Pág. 8.

consideran son la causa fundamental del hambre. Por esta razón, hace un énfasis tan pronunciado en los derechos, y en la autoestima y empoderamiento individual y colectivo, para lograr cambios mediante la incidencia y participación de los más pobres en las instancias de decisión.

Se trata por lo tanto de dos términos difícilmente comparables, pues son muy diferentes en su enfoque y abarcan aspectos distintos y de diferente naturaleza. Podrían tratarse incluso de complementarios cuando se trata de alcanzar la SA a través de estrategias marcadas por la soberanía alimentaria.

El derecho a la alimentación posee dos elementos diferenciadores básicos con relación a los anteriores. En primer lugar, establece que reducir el hambre no es una opción en función de la preferencia o prioridad de los países sino una obligación legal, por lo tanto es una responsabilidad jurídica de los Estados que firmaron el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC). En segundo lugar, se trata de un término de naturaleza muy distinta a los dos anteriores, pues es un instrumento de referencia legal, que provee los estándares jurídicos en los que han de enmarcarse todas las políticas y medidas tomadas por los Estados para asegurar el acceso de toda la población al alimento.

La soberanía alimentaria hace explícita en su definición el derecho a la alimentación y es un componente prioritario de su estrategia. La soberanía alimentaria pone de manifiesto los retos políticos existentes para que los Estados puedan cumplir con sus obligaciones con sus ciudadanos y asegurar su derecho a la alimentación, para que puedan crear políticas nacionales dirigidas a reducir la pobreza rural y eliminar el hambre.

El instrumento de referencia legal tanto de la Soberanía Alimentaria como de la SA es el derecho a la alimentación, mediante el cual los gobiernos nacionales deben responder ante las personas que enfrentan el hambre y la desnutrición.

Se trata en este trabajo de la SA por varias razones, entre ellas destaca que se trata de un término aceptado oficialmente y que no está alineado con ninguna ideología política.

La soberanía alimentaria sin embargo, es un concepto no oficial, pero que tiene un respaldo a nivel mundial muy importante, y que sin duda irá ganando importancia en las agendas políticas mundiales.

En el siguiente cuadro se resumen las principales diferencias entre el Derecho a la Alimentación, la Seguridad Alimentaria y la Soberanía Alimentaria:

Tabla 1: Diferencias entre la SA, Soberanía Alimentaria, y el Derecho a la Alimentación

	DERECHO A LA ALIMENTACIÓN	SEGURIDAD ALIMENTARIA	SOBERANIA ALIMENTARIA
Origen	Declaración Universal de los Derechos Humanos. Años 40.	Organismos de Naciones Unidas. Años 70.	Organizaciones No Gubernamentales y de la Sociedad Civil. Años 90.
Definición	Legal y multidisciplinar.	Técnico y multidisciplinar.	Político y rural.
Enfoque	Instrumento legal que establece la obligación y responsabilidad de los Estados de alimentar a la población.	Define una situación de un individuo, comunidad o país y/o un objetivo. Centrado en responder a las necesidades alimentarias de la población.	Dirigida a responder a las necesidades alimentarias e intereses estratégicos de los más desfavorecidos. Enfoque hacia la transformación de la distribución desigual de los recursos.

Fuente: Elaboración propia

Aclarada la diferencia entre estos términos, el presente trabajo se centra a partir de este momento en la SA tal y como la define la FAO.

Figura 3: Factores que afectan en la Seguridad Alimentaria



Fuente: Elaboración propia

2.4. Relación entre el cambio climático y la seguridad alimentaria

El concepto de la SA se ha afianzado, en tiempos recientes, como un derecho universal. La Cumbre Mundial de la Alimentación organizada por la FAO en el año 2002 se definió la SA como: “Cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias a fin de llevar una vida sana y activa”.

Consecuentemente, la SA, que es un concepto amplio y complejo, está asociada, tal como se ha señalado en los epígrafes anteriores, a cuatro pilares principales: Disponibilidad, Acceso, Utilización y Estabilidad.

El primero de ellos, y en cierta medida el cuarto, están íntimamente vinculados a la producción agrícola y al comercio, que son los dos instrumentos a través de los cuales se logra una oferta (disponibilidad) de alimentos a precios razonables y con estabilidad en el tiempo.

Los otros tres pilares dependen, o están determinados, por elementos no directamente vinculados a la agricultura y al comercio internacional, tales como el nivel de ingresos de los consumidores y la forma en que los alimentos son procesados y utilizados.

Por otra parte, es importante señalar que la producción agropecuaria, si bien será uno de los sectores productivos más fuertemente afectados por el cambio climático, también es un responsable directo de significativa importancia. Estimaciones recientes muestran que la producción agropecuaria contribuye con alrededor del 15 por cien de los GEI y con alrededor del 30 por cien si se incluyen los efectos del mal manejo de los bosques naturales.

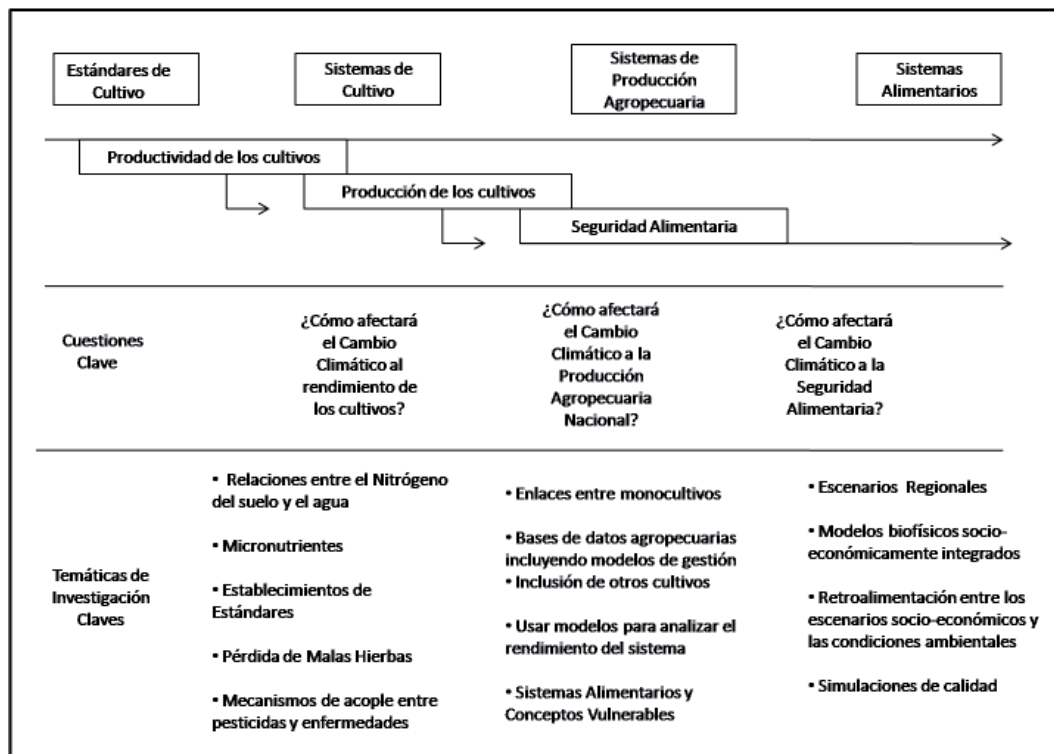
Consecuentemente, la relación del cambio climático con la producción agropecuaria tiene dos dimensiones. Por un lado la agricultura debe adaptarse a las nuevas condiciones climáticas. Esto requerirá diversas adaptaciones a las nuevas condiciones:

- La migración de la producción de ciertos cultivos para acompañar las nuevas condiciones agronómicas de ciertas regiones.
- El desarrollo de nuevas y mejores resistencias a los cambios de temperatura, sequías e inundaciones de los principales cultivos alimentarios, y
- El desarrollo de nuevas prácticas culturales que sean más efectivas en las nuevas condiciones climáticas.

Por otro lado, es imprescindible un esfuerzo deliberado para desarrollar prácticas culturales que resulten en una menor producción de GEI (mitigación). Esto es particularmente importante en la ganadería y en el manejo forestal, pero también en la agricultura.

Los dos temas de análisis son temas importantes y de gran actualidad en el contexto del diseño de estrategias y políticas públicas vinculadas al desarrollo y reciben una considerable atención en la literatura técnica. En particular la SA y el CC son dos temas de gran importancia y trascendencia para el bienestar de la humanidad y han dado lugar a una amplia gama de investigaciones académicas, publicaciones técnicas y propuestas de política. La mayor parte de esta literatura ha analizado estos temas en forma separada, contribuyendo al conocimiento de las variables que interactúan al interior de cada uno de ellos. La atención sobre la problemática vinculada al CC y sus interrelaciones con la SA surge de la creciente evidencia empírica que señala el impacto negativo que el CC tendrá sobre la producción agropecuaria y la SA.

Figura 4: La naturaleza cambiante de las temáticas de Investigación y preguntas frecuentes moviéndose en el rango entre la producción alimentaria y seguridad alimentaria



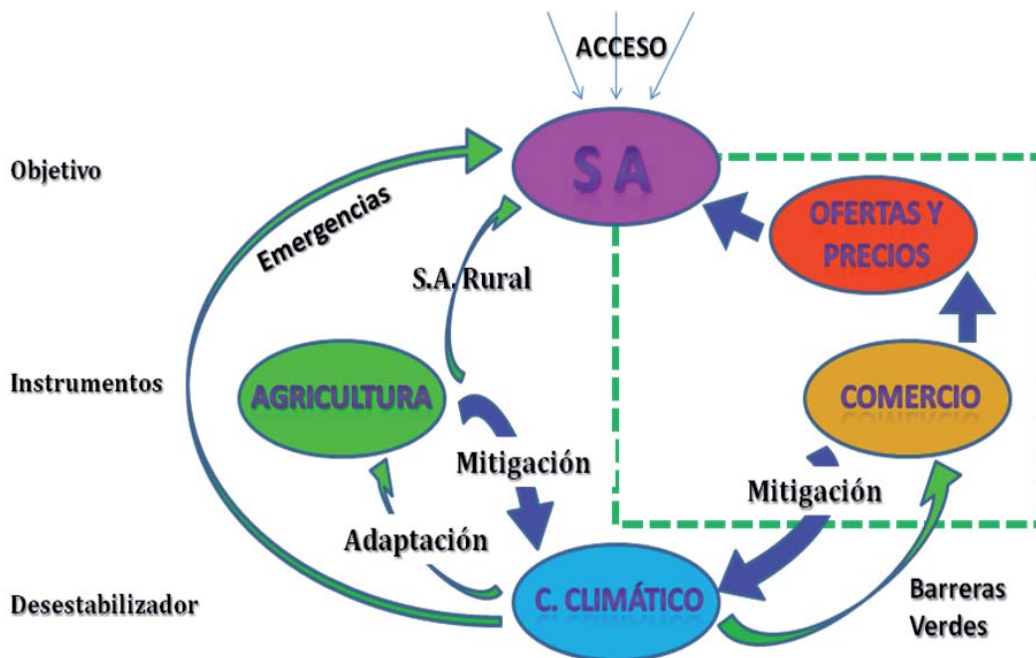
Fuente: Elaboración propia

2.4.1. Las interrelaciones entre la seguridad alimentaria y el cambio climático

Es evidente que las interrelaciones existentes entre los dos temas incluyen un amplio espectro de dimensiones y variables. Sin embargo, es posible identificar algunas que tienen una especial relevancia. Existe un tercer tema central que es el comercio internacional, que tiene una relación directa con la SA. No se trata en este trabajo y se propone como una futura línea de investigación para trabajos posteriores.

En la figura 5 pueden observarse los siguientes elementos e interrelaciones:

Figura 5: Interrelación de los 3 temas de análisis, su relación con la agricultura y las principales interrelaciones existentes entre ellos



Fuente: Elaboración propia

La SA nacional está definida como un objetivo importante de las políticas públicas de cada país. Es un concepto complejo que depende de varias variables que han sido conceptualizadas por la FAO en su marco conceptual sobre SA como los cuatro Pilares: Disponibilidad, Acceso, Utilización y Estabilidad. La principal relación de la SA con la agricultura y el comercio es a través de la disponibilidad de alimentos (oferta) y, en cierta medida la estabilidad, a un precio razonable. Esto se logra a través de la producción nacional (agricultura) y por las importaciones (comercio internacional).

La agricultura y el comercio internacional son medios a través de los cuales se logra la disponibilidad de alimentos a un precio razonable, que es uno de los elementos centrales para lograr la SA. La importancia relativa de ambos instrumentos en lograr la disponibilidad de alimentos a precios razonables depende de la estructura productiva, los recursos naturales disponibles y de la política comercial de cada país en particular.

La relación principal entre la agricultura y el comercio con la SA se establece a través de la oferta de alimentos y el precio de los mismos. En este sentido la volatilidad de los precios y sus consecuencias sobre la SA es un área principal de análisis.

El cambio climático puede caracterizarse como un elemento desestabilizador de la agricultura y parcialmente del comercio internacional y, a través de éstos, de la SA.

La relación del cambio climático con la agricultura es más compleja y tiene tres articulaciones importantes: a) Por una parte la agricultura es un importante generador de gases de efecto invernadero. Por lo tanto desarrollar una producción agrícola menos contaminante (mitigación) es un objetivo importante. b) En segundo lugar, la agricultura está afectada negativamente por el cambio climático a través de las variaciones en la temperatura y las precipitaciones, que resultarán en una mayor frecuencia de inundaciones y sequías. c) Finalmente la agricultura no es sólo la producción de alimentos. La producción de alimentos compite, en la utilización de los recursos naturales, con otros usos como la producción de biocombustibles y otros productos industriales derivados de la biomasa como, por ejemplo, textiles, plásticos, etc.

En el caso del comercio la relación con el cambio climático es bidireccional. El comercio agrícola internacional, caracterizado por el transporte de commodities que implica grandes volúmenes y largas distancias, es un consumidor importante de energía fósil y, por lo tanto, de emisiones de GEI. Por otra parte las preocupaciones medio ambientales podrían resultar progresivamente en la imposición, por parte de los países importadores, de barreras “verdes” al comercio agrícola. Esto podría ser una pesada carga en términos de costos de producción y de logística para los países exportadores.

2.4.2. El carácter global de los tres temas de análisis

La segunda dimensión del marco analítico está vinculada a una característica central de los tres temas de análisis (incluyendo el comercio internacional): su fuerte dimensión internacional y global. Es decir, es imposible analizar los temas y sus interrelaciones en una dimensión nacional o intentar definir políticas públicas nacionales sin tener en cuenta la dimensión internacional de cada uno de los temas y de sus interrelaciones.

La SA es una preocupación mundial. Por un lado es considerada como un derecho universal y por lo tanto genera solidaridad internacional en situaciones de emergencia a través de Programas Internacionales de gran envergadura. Por otro lado es cada vez más evidente la estrecha vinculación entre la existencia de inseguridad alimentaria y la inestabilidad política.

Un segundo elemento importante es la creciente vinculación entre la SA de muchos países, no sólo con su producción nacional sino también con las políticas comerciales de otros países que son los grandes exportadores netos de alimentos.

El cambio climático es un ejemplo de libro de texto sobre las externalidades negativas que acciones de un país pueden tener sobre otros. La emisión de GEI de cada país genera calentamiento global, cuyas consecuencias climáticas afectan a todos los países aunque de manera desigual.

El cambio climático debe ser controlado para evitar una posible catástrofe a nivel mundial. Esto impone límites a las posibilidades del crecimiento económico global y por lo tanto complejos problemas éticos, económicos y políticos vinculados a cómo se distribuyen las cargas de dichos límites y a través de qué medios. Esta discusión será uno de los grandes temas de la política internacional en la próxima década.

2.5. Agricultura climáticamente inteligente

2.5.1. Climate Smart Agriculture (CSA)

Para alcanzar la SA y el pleno desarrollo agrícola en muchas zonas del mundo, se precisa de una adaptación al cambio climático y una menor intensidad de las emisiones, y esta transformación debe lograrse sin agotar la base de recursos naturales. Los efectos del cambio climático ya están influyendo en la agricultura y la SA por la mayor frecuencia de fenómenos extremos y por lo impredecible de los patrones meteorológicos, lo que genera reducciones de la producción y de los ingresos en zonas vulnerables.

Mejorar la SA a la vez que se contribuye a mitigar el cambio climático y a preservar la base de recursos naturales y ecosistemas requiere la transición a sistemas de producción agrícolas que sean más productivos, que usen los insumos de forma más eficiente, cuyos rendimientos tengan menos variabilidad y más estabilidad, y con una mayor resiliencia a los riesgos, las crisis y la variabilidad climática a largo plazo.

Es de esta corriente de donde surge la necesidad de una agricultura más acorde con las circunstancias y se sitúa el punto de origen de la denominada Agricultura Climáticamente Inteligente (CSA), que es en definitiva una agricultura más productiva y con mayor resiliencia. Para ello, se precisa un cambio fundamental en la forma de gestión de la tierra, el agua, los nutrientes del suelo y los recursos genéticos para asegurar que estos sean empleados más eficientemente. Llevar a cabo estas modificaciones exige cambios considerables en la gobernanza nacional y local, legislación, políticas y mecanismos financieros. Esta transformación también implicará una mejora del acceso a los mercados por parte de los productores. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de tierra y/o producto agrícola e incrementar los sumideros de carbono, contribuirá significativamente a la mitigación del cambio climático.

La CSA aúna prácticas, políticas e instituciones que no son necesariamente nuevas, pero son empleadas en el contexto del cambio climático, que es desconocido por agricultores, ganaderos y pescadores. También es novedoso el hecho de que los múltiples retos que afrontan la agricultura y los sistemas alimentarios sean tratados simultáneamente y holísticamente, lo que ayuda a evitar políticas, leyes o financiaciones contraproducentes.

Definición de Climate Smart Agriculture

La CSA, tal y como fue definida y presentada por la FAO en la Conferencia sobre Agricultura, SA y Cambio Climático de 2010 en La Haya, contribuye a la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible. Integra las tres dimensiones del desarrollo sostenible (económica, social y medioambiental), abordando de forma conjunta la SA y los retos climáticos. Se basa en tres pilares fundamentales:

- Incrementar de forma sostenible la productividad y los ingresos agrícolas
- Adaptar y desarrollar resiliencia al CC
- Reducir y/o eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero donde sea posible

La CSA constituye un enfoque para desarrollar las condiciones técnicas, de políticas e inversión con el fin de lograr el desarrollo agrícola sostenible para la SA en el contexto del cambio climático. La magnitud, inmediatez y amplio alcance de los efectos del cambio climático sobre los sistemas agrícolas crean una necesidad imperiosa de asegurar una integración completa de tales efectos en los programas, inversiones y planificaciones agrícolas nacionales. El enfoque CSA está diseñado para identificar y poner en marcha el desarrollo agrícola sostenible dentro de un escenario de cambio climático.

La FAO reconoce que alcanzar las transformaciones requeridas por la CSA y cumplir sus múltiples objetivos exige un enfoque integrado y sensible a las condiciones específicas locales.

La coordinación entre los sectores agrícolas (p.ej., cultivos, ganado, forestal y pesca), así como entre otros, tales como el de la energía y el agua, es esencial para aprovechar las posibles sinergias y optimizar el uso de los recursos naturales.

Este enfoque también está dirigido a fortalecer los medios de vida y la SA, especialmente de los pequeños productores, mediante la mejora de la gestión y uso de los recursos naturales y la adopción de métodos y tecnologías apropiados para la producción, procesamiento y comercialización de los bienes agrícolas. Para maximizar los beneficios y minimizar las compensaciones, la CSA toma en consideración el contexto social, económico y medioambiental en el que será aplicada. Se evalúan, igualmente, las repercusiones sobre la energía y los recursos locales. Un componente clave es el enfoque integrado del paisaje, que atiende a los principios de gestión de ecosistema y uso sostenible de la tierra y el agua.

La CSA pretende apoyar a los países para que establezcan las políticas y medios técnicos y financieros necesarios con el fin de integrar las cuestiones sobre CC en los sectores agrícolas y proporcionar una base para llevar a cabo el desarrollo agrícola sostenible bajo condiciones heterogéneas. Los mecanismos innovadores de financiación que conectan y combinan la financiación del clima y de la agricultura desde los sectores público y privado son un medio clave para la implementación (este tema se ha estudiado aparte y constituye el apartado 3.8), así como lo son también la integración y coordinación de los instrumentos políticos y acuerdos institucionales relevantes. El aumento de las prácticas climáticamente inteligentes requerirá mecanismos de gobernanza e institucionales apropiados para difundir la información, asegurar la amplia participación y armonizar políticas. Por otro lado, puede que no sea posible alcanzar todos los objetivos de la CSA de una vez. Hay que determinar las prioridades específicas de cada contexto y evaluar los beneficios y compensaciones.

La CSA no es una tecnología o práctica agrícola específica que pueda aplicarse universalmente, sino que es un enfoque que requiere evaluaciones específicas para cada lugar con el fin de identificar tecnologías y prácticas de producción agrícolas adecuadas. Así, el enfoque de la CSA se rige por los siguientes principios:

1. Se ocupa de los complejos retos interrelacionados de la SA, el desarrollo y el CC, e identifica opciones integradas que creen sinergias y beneficios, y reduzcan los perjuicios.
2. Reconoce que estas opciones serán conformadas en función de los contextos y capacidades específicos de cada país y de la particular situación social, económica y medioambiental donde será aplicada.
3. Evalúa las interacciones entre sectores y las necesidades de las distintas partes interesadas.
4. Identifica barreras para su adopción, especialmente entre los agricultores y proporciona soluciones apropiadas en términos de políticas, estrategias, acciones e incentivos.
5. Busca la creación de entornos favorables mediante una mayor alineación de políticas, inversiones financieras y acuerdos institucionales.

6. Procura alcanzar múltiples objetivos a sabiendas de que se tendrán que establecer prioridades y tomar decisiones colectivas sobre diferentes beneficios y compensaciones.
7. Debería priorizar el fortalecimiento de los medios de vida, especialmente los de los pequeños productores, mediante la mejora del acceso a los servicios, el conocimiento, los recursos (incluidos los genéticos), los productos financieros y los mercados.
8. Aborda la adaptación y el desarrollo de resiliencia a las crisis, sobre todo a aquellas relacionadas con el CC, puesto que la magnitud de los impactos del CC tiene implicaciones fundamentales en el desarrollo rural y agrícola.
9. Considera la mitigación del CC como un posible beneficio colateral secundario, especialmente en poblaciones con pocos ingresos basadas en las agricultura.
10. Persigue la identificación de oportunidades para acceder a financiación relacionada con cuestiones de clima e integrarla con fuentes tradicionales de financiación de la inversión agrícola.

La CSA aúna prácticas, políticas e instituciones que no son necesariamente nuevas, pero son empleadas en el contexto del CC, que es desconocido por agricultores, ganaderos y pescadores. También es novedoso el hecho de que los múltiples retos que afrontan la agricultura y los sistemas alimentarios sean tratados simultánea y holísticamente, lo que ayuda a evitar políticas, leyes o financiaciones contraproducentes.

2.5.2. Implementación del Enfoque Paisajista para conseguir una Agricultura Climáticamente Sostenible

El enfoque paisajista es la clave para el logro de los múltiples objetivos de la CSA. En un enfoque de paisaje, la gestión de los sistemas de producción y los recursos naturales cubre un área lo suficientemente grande como para producir los ecosistemas vitales, y suficientemente pequeña para que la acción se pueda llevar a cabo por las personas que utilizan la tierra y la producción de los servicios.

Este enfoque se basa en los principios de los sistemas de gestión de recursos naturales que reconocen el valor de los ecosistemas para las múltiples partes interesadas. Los principios que sustentan el enfoque de paisaje proporcionan orientación sobre la manera de perseguir distintos objetivos en el uso del suelo y en las estrategias para la subsistencia de las comunidades implicadas. Más recientemente, el término “enfoque paisajista” se ha redefinido para incluir las preocupaciones sociales relacionadas con la conservación y el desarrollo del medio. También incluye una mayor integración de la mitigación de la pobreza, la producción agrícola y la SA. De este modo, el enfoque enfatiza la gestión adaptativa, la participación de los interesados y la consecución simultánea de varios objetivos (Sunderland, 2012).

En el contexto de la planificación del uso del suelo y las políticas medioambientales existe una aceptación generalizada de que la decisión de integrar todos los diferentes usos del suelo (es decir, la agricultura, la silvicultura y la acuicultura) es crucial para el desarrollo sostenible (Geerlings y Steed, 2003). Es por ello, que el enfoque de paisajes se recomienda para la aplicación de CSA, por su énfasis en la integración de todas las partes.

Por otra parte, la integración a través de múltiples niveles administrativos (local, sub nacional, nacional e internacional) también se considera crucial para sostener la intervención en el paisaje. Enfoques de abajo hacia arriba son necesarios para garantizar a los actores locales tener propiedad sobre la gestión del paisaje, ser responsables de los resultados y cosechar cultivos beneficiosos. Sin embargo, el enfoque CSA a nivel local sólo puede tener éxito si los gobiernos nacionales están involucrados en el proceso y pueden crear un entorno normativo e institucional. Las partes interesadas en todos los niveles deben identificar, negociar y administrar los beneficios e impactos de los diferentes terrenos para asegurar que los objetivos previstos se materializan en el ámbito local (Scherr et al. 2012). Este proceso también debe reconocer las conexiones que unen a las comunidades rurales, periurbanas y urbanas, incluyendo bosques, jardines, parques y espacios abiertos que generan un único paisaje en un mosaico de espacios verdes naturales.

La gestión del medio natural exige una comprensión de cómo se pueden abordar las necesidades de las comunidades locales sin erosionar la biodiversidad ni interrumpir el funcionamiento de los ecosistemas. Para lograr resultados exitosos, las partes que tienen un impacto sobre el paisaje deben reunirse para planificar y ne-

gociar prácticas aceptables. Asegurar la participación de todos los interesados es fundamental para la gestión sostenible de los paisajes y el aumento de la escala de CSA. Facilitar los procesos participativos de toma de decisiones es esencial para fomentar la colaboración y el intercambio de información entre las distintas partes interesadas. A menudo, las partes interesadas tienen diferentes visiones e interpretaciones de la planificación y los objetivos del medio. La negociación de los elementos que se van a incluir en un proceso de planificación del medio es vital para evitar conflictos y tensiones, así como crear un espacio para el diálogo. La negociación implica tomar nota de los intereses de todas las partes interesadas en la formulación de los planes de uso del suelo. Ellos deben seguir los procedimientos y normas que las partes interesadas han acordado de antemano y que se aplican por un tercero creíble y legitimada. El proceso de planificación de la negociación puede ser facilitado a través del desarrollo de una base de datos que integre las fuentes locales y la opinión experta sobre el estado de los recursos de tierras (por ejemplo, suelo, agua y recursos biológicos) y diversos factores de cambio, incluyendo información sobre el clima.

Los actores locales y las instituciones responsables de coordinar y facilitar las actividades de gestión del medio deberán estar facultados para tomar decisiones coherentes con una perspectiva a largo plazo. Otras partes interesadas desde el nivel autonómico y nacional, y en ocasiones, de nivel internacional, también participarán en las gestiones. Es esencial auditar el estado de la tierra, el agua y otros recursos naturales de una manera que cuantifique los impactos del CC. Lo ideal sería que esto se hiciera en la cuenca del río, las cuencas hidrográficas o a nivel de agro-ecosistemas. Cuando los efectos del CC son inciertos, las opciones deben ser propuestas sobre la base de experiencias e investigaciones existentes.

Un proceso participativo puede fortalecer la conciencia de las partes interesadas como propietarios de los objetivos de la gestión del medio y animarles a participar en las actividades definidas. Sin embargo, la participación en un proceso participativo a menudo consume mucho tiempo y los resultados no pueden ser percibidos inmediatamente. Por tanto, es importante que los actores involucrados en el proceso, especialmente los que no viven en la zona, toleren la incertidumbre y conciban la gestión del paisaje como una actividad a largo plazo. Sin embargo, la gestión del paisaje también tiene que lograr algunos resultados a corto plazo que pueden proporcionar a los interesados incentivos para continuar con el proceso.

La capacidad de adaptación es la clave para la implementación de planes y estrategias de gestión del medio en un enfoque de paisaje. Dado que los paisajes cambian y evolucionan con el tiempo, el objetivo de la gestión sostenible no consiste en mantener el statu quo, sino garantizar una oferta de bienes y servicios creciente mediante la práctica de la gestión adaptativa (Sangha Group, 2008). El enfoque institucional y la mentalidad de los actores, tienen que reconocer el hecho de que los paisajes son sistemas dinámicos: los actores van y vienen y el clima y los patrones de CC fluctúan.

El manejo adaptativo para la integración de una CSA debe caracterizarse por una buena comprensión de la dinámica de los ecosistemas y por adoptar un enfoque flexible de gobernanza que tenga en cuenta tanto las políticas como las acciones que fomenten el aprendizaje y la experiencia. De este modo, a medida que surge el cambio, debe incorporarse nueva información e integrarse en las políticas existentes, lo que permite el examen y la revisión de los objetivos y estrategias de gestión. El seguimiento de los factores de cambio en el paisaje es vital para la generación de los datos que permitan la adaptación.

2.5.3. Gestión del Agua para la Agricultura Climáticamente Sostenible

Los efectos del CC se evidenciarán en gran medida en los ciclos de agua tradicionales, por lo que el diseño de las estrategias para la consecución de una Climate Smart Agriculture, debe tener en cuenta la perspectiva hídrica.

Aunque la agricultura se encuentra íntimamente relacionada con el clima, evidenciar los efectos de los cambios climáticos regionales sobre ella y, especialmente, en sus fases hídricas, es en ocasiones difícil. Esto se debe en parte a que la agricultura se encuentra fuertemente influenciada por factores tales como las políticas y prácticas de gestión, los avances tecnológicos o los precios de mercado; factores todos que tienen impactos más inmediatos en la agricultura que el propio clima. Es por ello, que es importante entender el estado actual de gestión del agua en Etiopía para cuantificar los efectos potenciales que podría tener el CC en conjugación con el resto de factores que influyen.

Impactos potenciales del cambio climático en el agua dentro de la agricultura

El agua es el principal canal donde los impactos del CC serán evidentes, ya que estos afectarán a todas las fases del ciclo. De este modo, en relación con la agricultura, esta se verá afectada porque se dispondrá en general de menores y más heterogéneas cantidades de agua, ya que aumentará la evaporación del agua, se apreciarán cambios en el volumen de las precipitaciones, en las escorrentías fluviales y en la cantidad de agua subterránea que discurrirá por los estratos interiores del suelo.

Así, las mayores consecuencias de los cambios en el ciclo del agua serán:

- El incremento de las temperaturas aumentará la demanda de agua necesaria para la evapotranspiración de los cultivos y la vegetación natural, así como dará lugar a una rápida disminución de la humedad del suelo. Además, las olas de calor derivadas de las altas temperaturas afectarán a animales y plantas.
- Se esperan cambios en la distribución de las precipitaciones, con largos periodos entre tormentas y precipitaciones más intensas, lo que desencadenará eventos climáticos asociados al agua más extremos, como sequías e inundaciones. Estos cambios afectarán especialmente a las regiones áridas y semi-húmedas del África Subsahariana, que al no tener alternativas para la búsqueda de agua, incrementan el riesgo de pérdida de cultivos.
- La reducción de las precipitaciones en las zonas áridas y semi-áridas se traducirá en una reducción mucho mayor en la escorrentía de los ríos, que a su vez mermará el agua que llega finalmente a los cultivos.
- El incremento del nivel del mar afectará a la agricultura de las zonas costeras, especialmente a las deltas.

Tal como se ha comentado anteriormente, los efectos en el ciclo del agua producidos por el CC son difíciles de cuantificar si se desvinculan de otros factores sociales, tales como desarrollo o políticas agrarias. De este modo, los elementos del ciclo del agua en los que se muestra mayor influencia tanto del CC como de actividades de desarrollo se detallan en la tabla a continuación:

Tabla 2: Influencia del cambio climático y el desarrollo en la oferta y demanda de agua

Elementos del Ciclo del Agua	Impacto por las Actividades de Desarrollo	Impacto por el Cambio Climático
Precipitaciones Anuales	Sin Impacto o Muy Pequeño	Se incrementarán globalmente durante el S. XXI, con un aumento potencial de las variaciones espaciales
Variación Interanual de las Precipitaciones	Sin Impacto	Aumentarán
Variación Estacional de las Precipitaciones	Sin Impacto	Aumentarán
Sequías	Impacto Limitado: Algunas prácticas en agricultura pueden reducir la humedad del suelo más rápido de lo que lo haría la vegetación natural	Aumentará, por la distribución de las precipitaciones (largo periodo sin lluvias) y el aumento de las temperaturas
Inundaciones	Impacto Moderado: Puede notarse en los cambios en el uso del suelo y en el desarrollo no planeado de planicies aluviales	Se incrementarán
Deshielo de Glaciares y Nieve	Impacto limitado a través de la emisión de contaminantes o cambios en la reflectividad de la superficie terrestre (albedo)	Se incrementarán, favoreciendo crecimientos iniciales en la escorrentía de los ríos que luego disminuirán.
Escorrentía Fluvial	Alto impacto en zonas con escasez de agua, donde la diversificación del uso del agua para agricultura y otras funciones, merma la cantidad de agua total que baja por el río.	Se incrementa la variabilidad como resultados de los cambios en los patrones de las precipitaciones.
Aguas subterráneas	Alto Impacto: El desarrollo a gran escala de los recursos de aguas subterráneas ya es una amenaza para la sostenibilidad de los acuíferos en zonas secas.	Varía en función de los cambios en las precipitaciones, tanto en volumen como en distribución. El impacto es complejo, ya que las sequías merman la cantidad de agua subterránea y las inundaciones la aumentan, por lo que los volúmenes circulantes son muy heterogéneos.
Evapotranspiración	Impacto limitado en la agricultura: algunos cultivos tienen tasas más grandes de evapotranspiración y otros menos	Se incrementa en función del aumento de temperatura
Calidad del agua (En ríos, lagos y acuíferos)	Alto impacto debido a la contaminación de las áreas altamente desarrolladas	Impacto moderado a través del incremento de las temperaturas
Salinidad en ríos y acuíferos	Alto impacto por la extracción de aguas en áreas desarrolladas	

Fuente: Adaptado de un análisis comparativo de Turrall et al. 2011; Evaluación integral, 2007

Opciones para la adaptación al cambio climático

Las opciones para la adaptación al CC necesariamente combinarán inversiones, gestión mejorada o aumentada de los recursos, modificaciones y desarrollo de nuevas políticas agrarias y capacidad de desarrollo de las instituciones. Igualmente, todas las opciones deberán ser aplicadas en distintas escalas: campos y granjas, sistemas de riego, acuíferos, cuencas de los ríos y a nivel nacional. La siguiente tabla muestra las respuestas más típicas y su relevancia en diferentes escalas:

Tabla 3: Opciones para la adaptación al Cambio Climático en la gestión del agua

Opciones	Campos/Granjas	Sistemas de Riego	Acuíferos	Cuencas de los Ríos	Nivel Nacional
1. Inversiones					
Almacenamiento de agua para cosechas	X				
Desarrollo de las aguas subterráneas	X				
Modernización de las Estructuras de Riego		X			
Aumento de la resistencia a sequías e inundaciones	X				
Construcción y Mejora de Presas		X	X	X	
Drenajes	X		X	X	
Introducción de especies marinas apropiadas	X		X	X	
2. Gestión de Tierras, Agua y Cosechas					
Incrementar la capacidad de retención de humedad del suelo	X				
Cambiar los patrones de cosecha y aumentar la diversidad	X				
Adaptación del calendario de cultivos	X				
Riegos Suplementarios	X	X			
Riegos Deficitarios		X			
Alternar cultivos húmedos y de secano	X				
Gestión de drenajes e inundaciones		X	X	X	
Mejora de los sistemas operativos de riego		X			
Gestión Integrada de los Recursos Hidrológicos				X	
Adaptación de las Normas Operativas de las Presas				X	
Restauración de Cuencas Hidrológicas				X	
3. Políticas, Instituciones y Capacidad de Desarrollo					
Infraestructura I+D		X	X	X	
Re direccionamiento de Aguas	X	X	X	X	X
Ampliación de accesos al Agua	X	X	X	X	X
Aseguración de Cultivos	X				
Mejora de las predicciones Climáticas	X	X	X	X	X
Mejora del monitoreo hidrológico			X	X	
Desarrollo de Inundaciones y Sequías				X	X
Revisión de las Estrategias de Almacenamiento de Alimentos					X

Fuente: Turrat et al. 2011

Gestión del agua para la mitigación del cambio climático

Los cultivos irrigados representan solo el 20% del total de la agricultura, aunque requieren de una gestión más intensiva, ya que este tipo de cultivos usan más fertilizantes inorgánicos y pesticidas que los de secano. De este modo, la reducción de los gases de efecto invernadero se acuciará más en los cultivos de regadío que en los de secano, por ser sus emisiones derivadas más intensas.

Por otra parte, las aguas subterráneas se usan para el riego del 38% de los cultivos de regadío totales. El uso de las aguas subterráneas se está expandiendo tanto en términos absolutos como relativos lo que provoca el aumento del uso de combustibles fósiles y el aumento de los costes de energía de suministro de agua.

Las primeras conclusiones que se pueden extraer de estos datos son que las opciones para la mitigación del CC directa a través del riego son las mismas que las de la agricultura como un todo. La mayoría de los impactos en la agricultura y en los medios de vida rurales provocados por el CC, son consecuencia directa de los cambios en el ciclo del agua. La variabilidad de las precipitaciones y el consiguiente aumento en la frecuencia de eventos climáticos extremos, incluyendo sequías e inundaciones, junto con una aceleración creciente del ciclo del agua a través del aumento de la evapotranspiración, tendrán un notable impacto en todos los elementos de los ecosistemas agrícolas: cultivos, ganado, árboles, peces, las comunidades rurales y la infraestructura física. Es por ello, que uno de los pilares fundamentales de las estrategias de adaptación al CC debe ser la perspectiva hidrológica de las medidas.

2.5.4. Gestión de Suelos para Agricultura Climáticamente Sostenible

Con el calentamiento global, el nivel de precipitaciones disminuirá potencialmente en muchos lugares y se sabe que sucederán de manera más extrema (más espaciadas y fuertes), haciendo crecer las tasas de transpiración y evaporación. Igualmente, las altas temperaturas incrementarán también la descomposición de la materia orgánica (MO) del suelo, especialmente en las proximidades de la superficie del suelo, lo que hará más difícil la retención de agua y la fijación de nitrógeno.

En particular, en los sistemas de cultivo, pastoriles y forestales, el CC puede afectar a la salud del suelo y al normal crecimiento de las plantas, del siguiente modo:

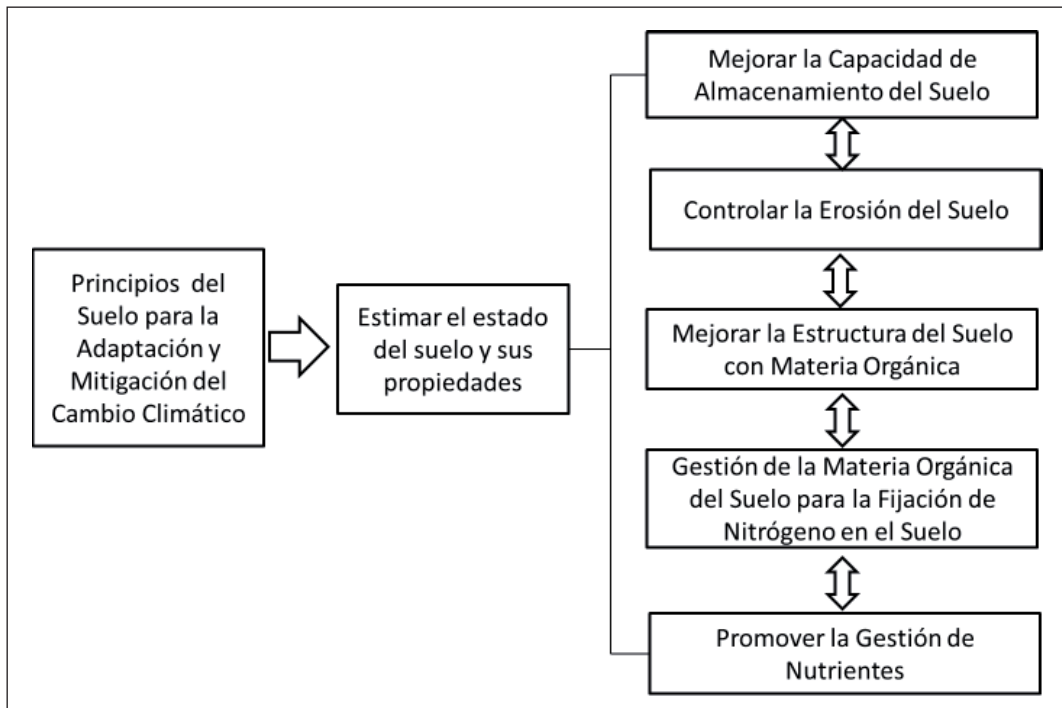
- Reducción de las precipitaciones con periodos más frecuentes y graves de sequía que reducen la capacidad de los suelos para disponer de agua y nutrientes para las plantas.
- Lluvias más intensas y tormentas que aumentan el riesgo de erosión del suelo por el agua y el viento (a través de la lluvia, escurrimiento acelerado, vientos fuertes, etc.).
- Aumento de la temperatura de la superficie del suelo y mayores tasas de mineralización de la MO.

Por otra parte, algunas propiedades del suelo, tales como su textura, no se pueden cambiar. Sin embargo, otras pueden ser modificadas y mejoradas para permitir a los usuarios de la tierra adaptarse al CC y mitigar los efectos del calentamiento global mediante el aumento de la capacidad del suelo para almacenar agua, el suministro de nutrientes a las plantas, la retención de carbono y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Son estas propiedades las que deben ser objeto de la Agricultura Climáticamente Sostenible.

Principios del Suelo para la Adaptación al Cambio Climático y el Aumento de la Resiliencia

Hay diversas posibilidades para la gestión del suelo que pueden ayudar a los agricultores a adaptar el suelo frente a la variabilidad climática, tales como actividades que reduzcan la emisión de gases de efecto invernadero y aumenten la resiliencia de los sistemas agrícolas. Por otra parte, la adopción de estas actividades puede potenciar la consecución de los objetivos nacionales de SA y de desarrollo. Se necesita para ello, incentivar la adopción de sistemas de buenas prácticas con potencial para la adaptación y mitigación de los efectos del CC. La siguiente figura muestra los principios básicos del suelo para la adaptación al cambio climático:

Figura 6: Principios del Suelo para la adaptación y mitigación al cambio climático



Fuente: elaboración propia

2.5.5. Sistemas de Cultivo Climáticamente Inteligentes

La producción de cultivos, vital para la SA mundial, se está viendo afectada por el CC en todo el mundo. Sin embargo, el impacto se hace sentir con mayor severidad en las comunidades más empobrecidas. Se ha predicho que en las próximas décadas, miles de millones de personas, especialmente las que viven en países en desarrollo, se enfrentarán a la escasez de agua y alimentos y a mayores riesgos para la salud y la vida a causa del CC. Con menos recursos sociales, tecnológicos y financieros para la adaptación a las condiciones cambiantes, los países en desarrollo son los más vulnerables a los impactos del CC. Aunque algunos cultivos en determinadas regiones del mundo pueden beneficiarse, los efectos globales del CC en la agricultura se espera que sean negativos. Por ejemplo, la variabilidad climática y la frecuencia de fenómenos climáticos extremos, como las sequías e inundaciones, afectarán al nivel de las precipitaciones. Por otra parte, las temperaturas más altas pueden afectar a los rendimientos de una manera negativa y favorecer el crecimiento de las

malas hierbas y la proliferación de las plagas de los cultivos. En muchas zonas, el aumento de los niveles del mar también obstaculizará la producción agraria.

Una posible solución a todos estos efectos negativos, especialmente en los países en vías de desarrollo, es la producción de cultivos climáticamente inteligentes. Contribuye a la SA, abordando diferentes aspectos tanto del actual CC a través de las acciones de adaptación y mitigación.

Producción Agrícola Intensiva Sostenible

La producción agrícola intensiva, muy extendida en los últimos años especialmente en los países en vías de desarrollo, no es sostenible y, por ello, un nuevo tipo de agricultura está emergiendo desde el año 2011: La Agricultura Intensiva Sostenible, consistente en una agricultura productiva que conserva y aumenta los recursos naturales a través de un enfoque ecosistémico que aprovecha insumos biológicos y los procesos naturales. Además, reduce los efectos negativos sobre el medio ambiente y mejora el capital natural y el flujo de servicios de los ecosistemas.

La Agricultura Intensiva Sostenible se puede lograr a través de buenas prácticas agrícolas que se basan en la mejora de la eficiencia y la gestión de los procesos biológicos, a través de:

- El mantenimiento de la salud del suelo para mejorar los servicios de los ecosistemas relacionados con el suelo y la nutrición de los cultivos.
- El cultivo de una amplia gama de especies y variedades en asociaciones, rotaciones y secuencias.
- Uso de semillas de calidad y materiales bien adaptados.
- Adopción de la gestión integrada de plagas, enfermedades y malas hierbas.
- Gestión eficiente del agua.

A medida que cambia el clima, la resiliencia y la capacidad de adaptación de los sistemas de producción agrícola serán más importantes. Para llegar a ser más fuertes y más capaces de adaptarse a las condiciones variables, los sistemas de producción de cultivos tendrán que confiar más en los procesos ecológicos, que producen reacciones positivas en la sostenibilidad y la producción. El progreso en esta área podría hacerse mediante la adopción de prácticas agrícolas existentes que ya han

demostrado tener múltiples beneficios para la SA y la salud ambiental. Sin embargo, existen barreras para la adopción de estas prácticas que deben ser abordadas (por ejemplo, inversiones, capacitación, financiación, información, investigación, incentivos y políticas de apoyo).

Enfoque y Buenas Prácticas Climáticamente Inteligentes

Para lograr la Producción Agrícola Intensiva Sostenible, todas las perspectivas de la sostenibilidad (social, económica, política y ambiental) se deben de tener en consideración conjuntamente con el contexto general. Para ello, todos los instrumentos globales, regionales y nacionales, como tratados, convenciones, códigos y políticas, son un componente esencial en la mejora y la utilización sostenible de los recursos naturales. Sobre el terreno, hay una amplia gama de prácticas agrícolas y enfoques que pueden llevarse a cabo para aumentar la producción al tiempo que se conserva la sostenibilidad del medio ambiente.

En los apartados siguientes se listan algunas medidas tanto para la adaptación como para la mitigación de los efectos del CC.

- Adaptación

Las tensiones ambientales siempre han tenido un impacto en la producción agrícola y los agricultores han de buscar las formas de manejar estas tensiones. La adaptación al CC requiere más que el simple mantenimiento del nivel de rendimiento del sector agrícola sino que se necesita el desarrollo de un conjunto de respuestas que permitan al sector mejorar el rendimiento en las condiciones variables provocadas por el CC. Este hecho, cobra especialmente importancia en las comunidades rurales como la mayor parte de Etiopía, donde la producción agrícola sigue siendo la principal fuente de ingresos.

Algunos enfoques o prácticas que ayudarían a la agricultura a adaptarse al CC son los siguientes (FAO-PAR, 2011; FAO, 2008a; Lin, 2011; FAO, 2009b; FAO, 2012a):

- a. Enfoque orientado a Ecosistemas.
- b. La agricultura de conservación.
- c. Gestión integrada de los nutrientes y del suelo.
- d. Los cultivos de cobertura.

- e. Alteraciones y rotaciones en los patrones de cultivo.
- f. Diversificación de cultivos.
- g. Uso de semillas de alta calidad.
- h. Manejo integrado de plagas.
- i. Manejo integrado de malas hierbas.
- j. Gestión de Praderas.
- k. Gestión del agua y de riego.
- l. Gestión de la polinización a nivel de paisaje.
- m. Fomento de la agricultura ecológica.
- n. Fragmentación de la tierra (zonas ribereñas, tierras forestales, paisaje agrícola).

En el capítulo de resultados se aplican estas prácticas al caso de estudio de Etiopía.

- *Mitigación*

A continuación se muestran enfoques y buenas prácticas para la mitigación del CC, que proporcionan opciones para contextos específicos de cada lugar y deben ser adaptados por los agricultores locales o las comunidades agrícolas (FAO, 2004; FAO, 2008a; FAO, 2009b; FAO, 2012a; FAO, 2012c):

- a. La agricultura de conservación.
- b. Gestión de la compactación del suelo.
- c. Los sistemas de cultivo mejorados con varias rotaciones de cultivos.
- d. Diversificación de cultivos.
- e. Promoción de las leguminosas en la rotación de cultivos.
- f. La producción de cultivos de cobertura.
- g. Restauración de turberas cultivadas y tierras degradadas.
- h. Las prácticas de gestión del suelo que reducen el uso de fertilizantes.
- i. Gestión integrada de los nutrientes.
- j. Sistemas agropecuarios integrados.
- k. Control y reducción de emisiones (motores de combustión, residuos procedentes de los animales).
- l. La gestión del agua / conservación, riego, gestión de nivel freático.
- m. La gestión agroforestal.

2.5.6. Ganado Climáticamente Inteligente

El CC está teniendo efectos importantes en los ecosistemas y los recursos naturales de los que depende el ganado, por lo que este sector se verá afectado de manera directa. De este modo, se esperan impactos en forma de modificaciones en los ecosistemas, cambios en el rendimiento, la calidad y el tipo de cultivos forrajeros, posibles aumentos de enfermedades en los animales y una creciente competencia por los recursos. Al mismo tiempo, las cadenas de alimentos de ganado son los principales contribuyentes a las emisiones de gases de efecto invernadero.

Sin embargo, en ocasiones estos impactos son difíciles de cuantificar debido a las interacciones inciertas y complejas entre la agricultura, el clima, el medio ambiente circundante y la economía. Se prevé que los impactos más graves sean en los sistemas de pastoreo debido a su dependencia de las condiciones climáticas y de los recursos naturales y sus posibilidades de adaptación limitadas.

La tabla a continuación muestra los impactos directos e indirectos del CC en el ganado:

Tabla 4: Impactos Directos e Indirectos del cambio climático en el ganado

	Ganado de Pasto	Otros Ganados
Impactos Directos	<ul style="list-style-type: none"> · Incremento de la Frecuencia de Eventos Climáticos Extremos · Incremento de la frecuencia y magnitud de sequías e inundaciones · Pérdidas de Productividad debido al aumento de las temperaturas · Cambios en la Disponibilidad de Agua 	<ul style="list-style-type: none"> · Cambios en la Disponibilidad de Agua · Incremento de la Frecuencia de Eventos Climáticos Extremos
Impactos Indirectos	<ul style="list-style-type: none"> · Alteración de la calidad y cantidad de forraje · Cambios y Aparición de Nuevos Patógenos resultantes en nuevas enfermedades · Enfermedades Epidémicas 	<ul style="list-style-type: none"> · Incremento en los precios de energía, agua o alimento para los animales. · Enfermedades Epidémicas · Incremento del Mantenimiento de las Granjas.

Fuente: Elaboración propia

Principales estrategias para Ganado Climáticamente Inteligente

En esta sección se resumen las principales estrategias CSA para los sistemas de producción ganadera dominantes: sistemas terrestres, sistemas mixtos y sistemas sin tierra.

- *Sistemas de Pastoreo*

Aunque hay varias opciones climáticamente inteligentes para sistemas de pastoreo a base de tierra, su aplicabilidad a sistemas de bajos insumos con intervención humana poco frecuente tiende a ser bastante limitada. Las principales opciones de mitigación de los sistemas de pastoreo terrestres son la reducción de las emisiones de CH₄ y la absorción de CO₂ a través de la fijación de carbono en el suelo.

Las opciones climáticamente inteligentes que se describen a continuación se dividen en tres categorías: las que favorecen tanto la mitigación como la adaptación al CC, las que favorecen solo la mitigación y las que fomentan únicamente la adaptación al CC, todas mostradas en el siguiente cuadro:

Tabla 5: Resumen de prácticas y tecnologías CSA para sistemas terrestres
Adaptación/mitigación: + = baja, ++ = media, +++ = alta

Prácticas y Tecnologías	Impacto en Seguridad Alimentaria	Efectividad: Adaptación	Efectividad: Mitigación	Principales Restricciones a la Adopción
Gestión de Pastos	+/-	+	++	Técnica: Especialmente en Sistemas Extensivos
Gestión de Pastizales	+		++	Técnica y Económica en Sistemas Intensivos
Alimentación de Animales	+	++	++	Técnica, económica e Institucional
Gestión de los Animales	+	++	+	Técnica e Institucional
Enfermedades y Salud del Ganado	++	++	+	Técnica e Institucional
Alimentación Suplementaria	+	+	++	Fácil de Implementar, pero costosa
Vacunas	++		+	No Disponible Inmediatamente, Poca Aceptabilidad en algunos países
Sistemas de Alerta	++	+		Técnica, Institucional
Prácticas Agroforestales	++	++	++	Técnica y Económica

Fuente: Elaboración propia

- *Sistemas Mixtos*

Dado que los sistemas mixtos presentan numerosos objetivos, si se gestionan bien, pueden representar el principal sistema de adaptación y mitigación del CC, especialmente en lo que a emisiones de gases de efecto invernadero se refiere. De este modo, se conocen diversas prácticas agronómicas y de gestión de ganado que se ha probado que son efectivas y beneficiosas para la SA. Así, las opciones presentadas en la tabla inferior hacen referencia a sistemas mixtos, pero con especial relevancia en el sector ganadero (adaptado de FAO, 2009b; Smith et al., 2008; World Bank, 2008).

Tabla 6: Resumen de prácticas CSA para sistemas mixtos
Adaptación/mitigación: + = baja, ++ = media, +++ = alta

Objetivo de Gestión	Prácticas/ Tecnologías	Impacto en la Seguridad Alimentaria			Efectividad de la Estrategia			Principales Restricciones a la adopción
		Seguridad	Alimentaria	como Estrategia de Efectividad	como Estrategia de Efectividad	Mitigación de		
Mejorar la variedad de Cultivos y Gestión de Pastos	Cría Convencional	+++	+++	+++	Incierto	Altos costes de Inversión y de Mejora de las Variedades		
	Ingeniería Genética y Biotecnológica	++	++	++	Incierto	Altos Costes de Inversión e Impactos Potenciales a Largo Plazo		
	Labranza Mínima, Abonado	+++	+++	+++	++	Búsqueda de Biomasa		
	Utilizar Compost y Fertilizantes Adecuados	+++	++	++	++	Coste, Acceso Limitado a las TIC		
	Rotación de Cultivos, Incorporación de Plantas Leguminosas	+++	+++	+++	++	Mínimas ganancias a corto plazo		
Gestión de Pastos	Ajustar la densidad del Ganado a la Cantidad de Alimento	+++	+++	+++	+++	Aversión al Riesgo de los Granjeros		
Gestión del Agua	Rotación de Pastos	++	+++	+++	+++			
	Riegos Suplementarios	++	++	++		Requiere Inversión en Infraestructura, Extensión, Capacidad de Construcción		
	Técnicas de Riego que maximizen el uso del agua (respeto cantidad, tiempo, tecnología)	++	++	++				
Gestión del Ganado	Modificación del Calendario de Cultivos	++	++	++		Carencia de Información sobre clima en las diferentes estaciones		
	Mejorar la Calidad de la Alimentación: Dieta suplementaria, Mejora de las hierbas, Tecnologías de Conservación.	+++	+++	+++	+++	Altos Costes		
	Alterar la Integración dentro del Sistema	++	+++	+++	++	Carencia de Información sobre clima en las diferentes estaciones		
	Mejorar las Especies	++	++	++	++	Disminución de la producción: las razas de ganado más tolerantes al calor, poseen niveles menores de productividad		
	Adaptación de las Infraestructuras	++	+++	+++	+			
Gestión del Ganado	Digestivos Anaeróbicos de Biogás y Fertilizantes	+++	+++	+++	+++	Altos Costes de Inversión		
	Compostaje, Mejorar la gestión y el Almacenaje de Estiércol y las Técnicas de Aplicación (Rápida Incorporación)	++	+	++	++			

Fuente: Elaboración propia

- *Sistemas Sin Tierra*

Las opciones en este tipo de sistemas se refieren principalmente a la gestión del estiércol (cerdo, productos lácteos y corrales de engorde) y la fermentación (leche y engorde). Debido a que estos sistemas son generalmente más uniformes que los sistemas mixtos y pastoreo, hay menos opciones aplicables, mostrándose estas a continuación:

Tabla 7: Resumen de Prácticas para Sistemas Sin Tierra
Adaptación/mitigación: + = baja, ++ = media, +++ = alta.

Prácticas/tecnologías	Impacto en la Seguridad Alimentaria	Efectividad como Estrategia de Adaptación	Efectividad como Estrategia de Mitigación	Principales Restricciones a la adopción
Digestivos Anaeróbicos para Biogas y Fertilizantes	+++ ++	+++ +	+++ ++	Costes de Inversión
Control de los Sistemas de Temperatura	++	+++	-	Altos Costes Operativos y de Inversión
Supervivencia a las Enfermedades	++	+++	+	
Uso Eficiente de la Energía		+	+++	Altos Costes de la Energía
Mejorar las Prácticas en la Alimentación	+++	+	+++	Altos Costes Operacionales
Resiliencia a lo largo de la Cadena de Suministro	++	+++	-	Requiere Coordinación Alrededor de la Cadena

Fuente: Elaboración propia

3. METODOLOGÍA Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

El tipo de investigación que se realiza en la presente Tesis es mixto. Por una parte, el estudio es descriptivo ya que para obtener el objetivo específico primero antes enunciado se hace una descripción del clima que presenta la zona a estudiar, de la población caracterizando su situación en el ámbito del capital físico, natural, humano, productivo y social con datos cualitativos y cuantitativos. Por otra parte, es analítico ya que para obtener los objetivos específicos segundo y tercero, busca establecer y definir la relación entre el CC y la SA, y como hacer frente a esta situación (adaptación).

La metodología básica de análisis es el cruce de variables de clima población y producción agraria a través de herramientas GIS. A partir de ahí se obtienen resultados que permiten realizar propuestas de mejora utilizando las tecnologías propuestas por el modelo de la agricultura climáticamente sostenible.

3.1. Uso de Arc Gis

El cambio climático (CC en adelante) es un elemento desestabilizador de la agricultura y de la seguridad alimentaria (SA), que debe ser controlado para evitar una posible catástrofe a nivel mundial. Esto impone límites a las posibilidades del crecimiento económico global y por lo tanto complejos problemas éticos, económicos y políticos vinculados a cómo se distribuyen las cargas de dichos límites y a través de qué medios. Esta discusión será uno de los grandes temas de la política internacional en las próximas décadas.

La naturaleza de la inseguridad alimentaria y su vinculación con el CC tienen una gran relación con el lugar geográfico en que suceden. Es por ello, que para una buena comprensión del binomio clima-alimentación, se hace necesaria una herramienta

que facilite la integración de las variables geográficas con el resto de factores que afectan directamente al CC y la SA, propiciando una visión e interpretación completas del problema.

En la presente investigación, se ha elegido para tal fin el uso del Sistema de Información Geográfica ArcGis, por considerarse que además de situar territorialmente el fenómeno del CC, proporciona una interpretación muy visual respecto a su relación con el resto de variables.

Sintéticamente, la base de ArcGis es una serie de capas de información espacial en formato digital que representan diferentes variables u objetos, a los que corresponden varias entradas en una base de datos enlazada. Esta estructura permite combinar en un mismo sistema información con orígenes y formatos muy diversos, dando lugar a uno o varios mapas con las variables elegidas.

Para la consecución de resultados que justifiquen la relación entre el CC y la SA, se ha utilizado el programa Arc Gis con el objeto de obtener mapas que evidencien de una manera visual las zonas donde más se manifiestan los efectos del CC. Se ha elegido esta metodología porque proporciona tanto una lectura rápida como una fácil comprensión de todos los datos, además de ser mapas susceptibles de comparación con otros lugares de una manera sencilla.

Arc Gis se incluye dentro del paquete de programas de SIG (anteriormente denominados GIS, por sus siglas en inglés) de ESRI (Environmental Systems Research Institute ®, <http://www.esri.com>) y se constituye como uno de los programas clave para la gestión y diseño de soluciones a través del conocimiento geográfico.

ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) es una empresa fundada por Jack Dangermond en 1969 que en sus inicios se dedicaba a trabajos de consultoría del territorio. Actualmente desarrolla y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica (SIG) y es una de las compañías líderes en el sector a nivel mundial. La importancia de estos sistemas reside en que muestran información geográfica referenciada, factible de ser almacenada, manipulada y analizada con el fin de extraer soluciones a multitud de problemas complejos de planificación territorial y geográfica.

Dado el componente geográfico que tienen los efectos del CC, es necesario establecer para paliarlos una solución que implique un entendimiento perfecto de la distribución geográfica, por lo que se hace inevitable introducir algún mecanismo que permita situar territorialmente el CC.

Los sistemas de información geográfica tienen un largo historial de comprensión del medio ambiente y de toma de decisiones. Legisladores, planificadores, científicos, y muchos otros en todo el mundo confían en los SIG para la gestión de datos y análisis científicos, por lo que su uso se ha considerado idóneo en esta investigación. La base de un SIG es una serie de capas de información espacial en formato digital que representan diferentes variables u objetos, a los que corresponden varias entradas en una base de datos enlazada. Esta estructura permite combinar en un mismo sistema, información con orígenes y formatos muy diversos, incrementando la complejidad de un sistema. Las principales utilidades de un sistema SIG son muy numerosas, por lo que a continuación detallaremos cuáles de ellas se hacen necesarias en nuestra investigación:

- *Visualización de datos:* Cualquier SIG ofrece la posibilidad de seleccionar los niveles de información deseados, así, de acuerdo con el contexto, permite acoplar los mapas temáticos elegidos. El entorno de este trabajo, ha permitido que se combinen todas las características que se consideran que definen el CC para mostrar sus efectos en un único mapa, proporcionando un elemento visual rápido y efectivo.
- *Producción de Mapas:* Los SIG poseen herramientas completas para la producción de mapas, siendo bastante simple la inclusión de rejillas de coordenadas, escalas gráficas, leyenda, flecha norte, etc., todos ellos elementos indispensables para la correcta interpretación de un mapa, más cuando este pretenda evidenciar las consecuencias de un fenómeno, como es el caso del presente trabajo.
- *Análisis Espacial:* Consiste en el uso de un conjunto de técnicas de combinación entre los niveles de información (capas), con el fin de evidenciar patrones o establecer relaciones dentro de los datos que quedaban anteriormente ocultos al analista. Es decir, es una manera de inferir significado a partir del cruce de los datos. De este modo, es posible vislumbrar los efectos del CC de una manera conjunta y los efectos que cada uno de los factores tienen sobre los otros.

- *Previsión:* Uno de los propósitos de SIG es el de verificación de escenarios, modificando los parámetros para evaluar cómo los eventos, naturales o no, ocurrirían si las condiciones fuesen diferentes. Así, se pueden comparar escenarios con CC y sin él, cuantificando las consecuencias adversas en el medio.

El éxito de un trabajo en SIG, especialmente cuando se buscan obtener resultados que evidencien un proceso físico, requiere de un especial cuidado en la selección de los componentes que conformen el proceso.

A continuación, se detallan los utilizados en el presente trabajo de investigación:

- *Software:* Arc Gis, Arc View y sus aplicaciones: Arc Catalog y Arc Map. Sus componentes principales son:
 - a. Sistema de manejo de base de datos.
 - b. Interfaz gráfica de fácil acceso a las herramientas.
 - c. Herramientas para captura y manejo de información geográfica.
 - d. Herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

De este modo, Arc Catalog es un explorador de datos geográficos en forma de archivos cartográficos que pueden estar contenidos en el ordenador o en internet, controlando el acceso a la cartografía, tablas, bases de datos, etc. Su mayor virtud es facilitar la pre-visualización de estos datos, ya que puede generar tablas y mapas a partir de ellos, además de que posibilita el arrastre de datos espaciales directamente a su interfaz, lo que proporciona un fácil manejo. Igualmente, también tiene herramientas sencillas para trabajar con metadatos, definiendo qué información espacial acompañará a los documentos obtenidos y cómo serán mostrados al usuario, factor muy útil para destacar aquello que se quiere enseñar o evidenciar. Por su parte, Arc Map, permite visualizar, consultar, editar y realizar análisis sobre los datos en un entorno de visualización, edición y presentación totalmente integrado. Tiene la posibilidad además, de generar de generar varias vistas de la cartografía con diferentes niveles de detalle, muy conveniente para cartografías complejas. Otro componente clave del software, es que permite exportar documentos a varios formatos, por ejemplo, PDF, lo que permite mucha versatilidad en el manejo de sus datos, además de generar gráficos de calidad que permiten una visualización sencilla y ordenada de la información. Actualmente, es el entorno óptimo de Arc Gis para trabajar con mapas y crear salidas cartográficas de alta calidad.

- *Datos:* El componente clave sin duda del proyecto son los datos obtenidos, ya que se trabaja sobre ellos para obtener nuevos resultados, por lo que debían presentar una fiabilidad absoluta. Se requieren buenos datos de soporte para que el SIG pueda resolver los problemas y contestar a las preguntas de las formas más acertada posibles. La recolección de datos ha sido un proceso largo y en ocasiones complicado porque las relaciones con los propios organismos de Etiopía, que pudieran proporcionar datos, como el Instituto Meteorológico Etíope, han sido mayoritariamente poco productivas. Finalmente, la mayoría de los datos se han conseguido mediante universidades americanas, alemanas o a través de internet.

- *Métodos:* Los modelos SIG han de basarse en un buen diseño y unas reglas de actividad definidas. En el presente caso, para conseguir el mapa final que evidencie los efectos del CC, se han utilizado distintas extensiones de los software anteriormente citados, como son Spatial Analyst, Geostatistical Analyst y Network Analyst. Con el fin de entender mejor estas herramientas y por tanto, comprender en profundidad la metodología utilizada, se relata a continuación un pequeño glosario de terminología útil:
 - a. Almacenamiento de datos tipo vectorial:* Se considera que la realidad se divide en una serie de objetos discretos (puntos, líneas, polígonos) a los que se les puede asignar diversas propiedades cualitativas o cuantitativas. Estos objetos se codifican por su posición en el espacio (puntos y líneas) o por la posición de sus límites (polígonos). Este tipo de formato es muy útil para evidenciar la distancia entre dos puntos o el rango de influencia de un determinado elemento. En el presente caso, sirve para determinar la distancia de los núcleos urbanos a las carreteras, por ejemplo, y definir así las infraestructuras del país.

 - b. Almacenamiento de datos tipo ráster:* Se considera la realidad como un continuo basado en la variación continua y en el que las fronteras son la excepción. La representación se realiza dividiendo ese continuo en una serie de celdillas o píxeles, y asignándoles a cada una un valor para cada una de las variables consideradas. Los cambios de escala van a reflejarse en el tamaño de estas celdillas. La cartografía ráster es la más apropiada para describir datos espaciales continuos, como cubierta forestal, mapas de altitud o información sobre datos climáticos. Para la presente investigación, este ha sido el formato utilizado para trabajar sobre los datos de precipitaciones y temperaturas tanto máximas y mínimas como medias.

c. *Capas (Layers)*: Son la “representación” en SIG de la cartografía obtenida sobre las cuales se trabaja. Una capa es un nivel de información que representa una determinada fracción de la realidad, correspondiente a un elemento concreto, como por ejemplo, la distribución de los lagos en Etiopía, los parques naturales o la distribución de temperaturas. Se puede suponer que el conjunto de todas las capas de los elementos seleccionados representa la realidad, aunque es justo admitir que en el proceso de interpretación por el ojo humano, influido por la subjetividad en muchas ocasiones, haya siempre una pérdida de información de la realidad. La combinación de todas las capas, correctamente interpretadas y reclasificadas en algunos casos, es la que ha dado lugar al mapa de influencia del CC.

Así, resulta fácil entender las diferentes extensiones utilizadas:

- *Spatial Analyst*: Permite manipular las capas en formato ráster, pudiendo cruzar la información de estas capas con las vectoriales, extrayendo lecturas más profundas de la información. Se ha utilizado para reclasificar (establecer nuevos valores en función de su influencia en el CC) las capas de temperaturas y precipitaciones.
- *Geostatistical Analyst*: Su interés reside en crear superficies de predicción estadísticamente válidas a partir de un número limitado de datos y mediciones, facilitando la simulación de escenarios ambientales, permitiendo la comparación entre un entorno con CC y otro sin.
- *Network Analyst*: Es un análisis espacial pero basado en capas de redes, como pueden ser carreteras y caminos. Igualmente, también facilita la creación de capas de redes a partir de datos geográficos.

El sistema operativo elegido, Arc Gis, compone el paquete más extendido de todos los que componen ESRI y se ha seleccionado por poseer una interfaz sencilla y múltiples extensiones y aplicaciones que permiten analizar en profundidad cada uno de los mapas propuestos, correspondientes cada uno a una variable a desarrollar.

La metodología seguida ha comenzado por la recopilación de toda la información en formato digital apto para ser leído por Arc Gis. Aquellos mapas que no han podido ser obtenidos en formato cartográfico, han debido de ser digitalizados. El proceso de digitalización consiste en generar una capa de polígonos en formato shapefile (.shp)

para cada uno de los mapas, mediante la extensión Editor de ArcMap, para luego asignarle a cada polígono los valores correspondientes, mediante las tablas de atributos, creando así los mismos mapas pero en un formato que puede ser procesado por Arc Gis para los procesos requeridos hasta obtener el formato deseado.

Una vez digitalizados los diferentes mapas, ha sido necesario convertirlos a formato ráster, mediante la extensión Spatial Analyst, para después reclasificarlos usando esta misma extensión.

El resultado son un conjunto de mapas que combinados, analizan cada una de las variables seleccionadas para dar un único mapa que muestre en que zonas son más acuciantes los efectos del CC.

3.2. Comparativa de Bases de Datos. Uso de Arc Gis

3.2.1. Comparativa entre bases de datos

En este momento en el que el CC está cobrando importancia en las agendas políticas mundiales, las bases de datos meteorológicas se están desarrollando con rapidez. Se crean diferentes índices contruidos a partir de nuevos datos, y los modelos climáticos parecen proporcionar una buena aproximación al CC (Parry et al. 2007). Además, las bases de datos meteorológicos están creciendo ya que se benefician de la aparición de nuevos modelos de software, permitiendo una explotación más rigurosa de los datos climáticos. Por todo esto, se están incrementando el número de aplicaciones de estudios climáticos junto con un crecimiento importante en el suministro de datos.

La comparativa se centra en dos elementos climáticos: temperatura y pluviometría⁶. Estos datos son los más utilizados por los economistas del desarrollo, ya que son los que más estrechamente se hallan vinculados tanto con las variables económicas como con la producción agrícola (Sultan et al. 2005).

⁶ En la mayoría de los casos, las bases que se presentan a continuación también proporcionan datos sobre otras variables climáticas (presión atmosférica, humedad, etc.)

Las bases de datos de variables climáticas se pueden agrupar en dos categorías de acuerdo al origen de los datos usados para su construcción. Hay dos tipos de fuentes de información: estaciones meteorológicas (termómetro y medidor de lluvia) y satélites. Las estaciones producen una medida directa de la precipitación y la temperatura. Los satélites en cambio, producen una medida indirecta de las variables climáticas, enviando señales que, después del tratamiento se pueden traducir en datos de clima (temperatura, precipitación). Ambas técnicas son propensas a errores: ruido en los instrumentos de medición en la primera y errores de modelado de las señales del satélite en la segunda. La información de las estaciones de datos es actualmente el formato más utilizado en estudios económicos. Se proporciona la información del terreno y está disponible en grandes cantidades, incluso para los países en desarrollo. En el presente trabajo se ha decidido limitar el análisis a las bases que utilizan la fuente de información denominada datos in situ, es decir, los datos climáticos reales medidos por los dispositivos de medición dispuestos en el suelo⁷.

A partir de estos estados in situ se pueden generar dos tipos de bases. Por un lado, una interpolación espacial de los datos permite la posterior producción de bases de datos ex post. Por otro lado, también es posible determinar a partir de estos datos climáticos proyecciones. Las bases así producidas son proyecciones de las condiciones climáticas realizadas a partir de datos climáticos del pasado. Estas bases de datos se basan a menudo en diferentes escenarios del CC. El presente estudio se centra sólo en el suministro de datos básicos del clima en el tiempo pasado, es decir, en datos climáticos disponibles retrospectivamente, no proyecciones.

En el presente trabajo se presentan tres importantes bases: VasClim0, Udel y CRU producidas respectivamente en el seno de universidades alemana, inglesa y americana. La presentación de las bases siguientes está basada en un trabajo realizado en la Université d'Auvergne.

7 No se presentan las bases "mixtas" de datos in situ y por satélite, tales como las bases de datos producidas por la National Aeronautics and Space Administration (NASA): Global Precipitation Climatology Project (GPCP). La base de datos utilizada por Brückner y Ciccone (2011) está disponible para una cuadrícula de latitud y longitud de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ en el periodo 1979-2009. La última versión que ya está disponible en esta base de datos es la versión 2.1. Para más información lea Adler et al. (2003). Nótese que esta base de datos es comparada por Miguel y Satyanath (2011) en la Climate Research Unit (descrita en la sección 1.1). Estas dos bases de datos (una sólo de datos in situ y la otra de datos mixtos) no están correlacionadas (Miguel y Satyanath 2011).

3.2.2. VasClim0: la base después de un kriging

Presentación de la base

La base de datos Análisis de la Variabilidad en las Observaciones de la Superficie Climática: VASCLim0 es el resultado de un proyecto de investigación llevado a cabo por el Centro Mundial de Climatología de las Precipitaciones (GPCC) y el Instituto para la Atmósfera y el Medio Ambiente de la Universidad Johann Wolfgang Goethe de Frankfurt. Este proyecto forma parte de un programa de investigación alemán sobre el clima: DeKlim (Klimaforschungsprogramm Deutschen). VASCLim0 tiene como objetivo hacer del programa DeKlim una base de datos que permita el análisis de la variación climática en un horizonte de cincuenta años. La base utiliza cuatro variables meteorológicas: precipitación, temperatura de la superficie, capa de nieve y la presión atmosférica. Los datos son mensuales y arrancan en 1951.

La construcción de la red está basada en la interpolación de datos de precipitación de diversas estaciones meteorológicas distribuidas por todo el mundo. El método de interpolación utilizado es el *kriging* ordinario.

Principio de Construcción

Daniel G. Krige, profesor en la Universidad de Witwatersrand en Sudáfrica e ingeniero de minas, desarrolló la técnica de kriging para evaluar la disponibilidad de recursos minerales. El método se desarrolló por primera vez en 1951 (Krige 1951) y se formalizó en 1962 por Georges Matheron en el libro "Tratado geomestadístico". En este trabajo, Matheron da el nombre del ingeniero de Sudáfrica a la técnica de interpolación. Después de su utilización para la evaluación de recursos minerales (Krige 1951), el kriging se utilizó rápidamente en meteorología para la interpolación de datos climáticos (Beck et al. 2005). El método también se utiliza en economía (Slow et al. 2010), utilizando la econometría espacial y ambiental.

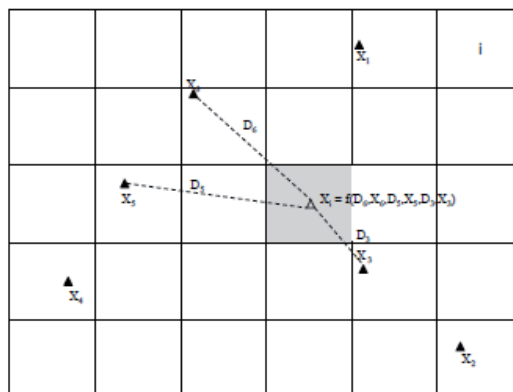
El *kriging* es un método de interpolación espacial, utilizando los datos de autocorrelación espacial como cálculo de apoyo. Este principio proporciona para una superficie dada una estimación del valor de la serie estudiada en cada punto en el área de referencia. El método *kriging* se basa en una estimación lineal de la esperanza y varianza de los datos espaciales. Más específicamente, se trata de una explotación

del variograma⁸ de la serie. Este método de interpolación proporciona una estimación lineal no sesgada de la varianza mínima y los datos estimados. Para los datos meteorológicos, *kriging* interpola entre varias estaciones y pondera las estaciones de acuerdo con la distancia desde el mismo punto a cada estación periférica y se utiliza de acuerdo a esta distancia. Así, para la misma interpolación, dos estaciones cercanas entre sí tienen un peso respectivo menos importante que dos estaciones remotas. El método *kriging* permite ajustar el problema de la heterogeneidad en la distribución geográfica de las estaciones.

Así, como muestra la Figura 7, para un área dada A, que contiene 6 estaciones que están asociadas a los datos meteorológicos X, *kriging* debe determinar para cada centro (o centroide) de la cuadrícula⁹ de aire el valor de los datos de precipitación, considerando una correlación entre los valores de los datos en las estaciones vecinas y la distancia de la estimación puntual a estas estaciones. El número de estaciones seleccionadas para la interpolación puede variar.

El principio de estimación *kriging* está muy cerca de los algoritmos de estimación espacial tradicional. Los resultados obtenidos con este método son similares a los obtenidos con el algoritmo de Shepard (1968) o los métodos de triangulación de ponderación de distancia inversa. La particularidad del *kriging* es utilizar la función de distribución espacial revelada por la serie y una función de distribución no exógena. Para esta base, los autores señalan que el método de Shepard y *kriging* dan resultados similares. El algoritmo de Shepard se prefiere a *kriging* en el resto de bases

Figura 7: Principio de Kriging



Fuente: Elaboración propia

⁸ El variograma define la varianza de la serie en función de la distancia entre los puntos dados.

⁹ La precisión de la cuadrícula es en función de la interpolación.

de datos descritas en el apartado. La ventaja del método *kriging* es que proporciona la varianza de error para todos los puntos estudiados.

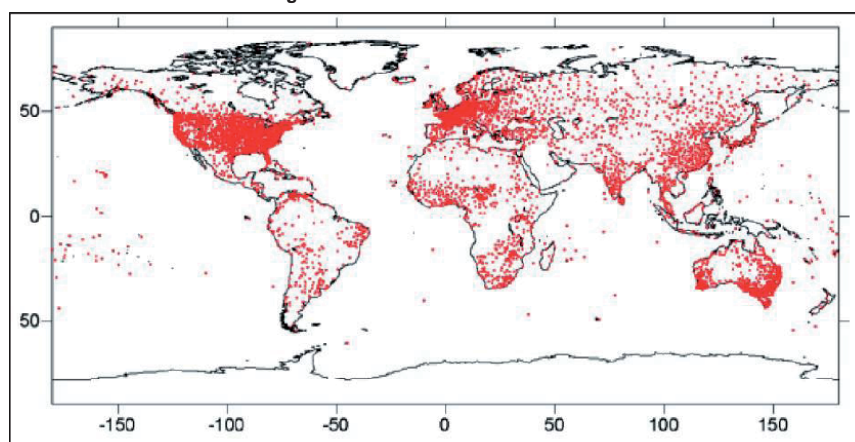
En el anexo correspondiente se explica con detalle el funcionamiento de la interpolación de datos de esta base.

Las características de la base

Los datos de VasClim0 se derivan del formato de kriging ordinario. La interpolación aplicada tiene en cuenta 9.343 estaciones (Figura 8). Los autores utilizan tres fuentes principales de datos: la FAO con 13.500 estaciones, la Unidad de Investigación sobre el Clima (CRU corresponde a Climatic Research Unit) con 9.500 estaciones y la red de climatología histórica mundial (GHCN: Global Historical Climatology Network), con 22.600 estaciones. Las estaciones se identifican por su posición geográfica, la altitud, el nombre y el código de la Organización Meteorológica Mundial (código OMM). Están, por tanto, armonizadas. Por ejemplo, algunas estaciones son idénticas en diferentes bases de datos, pero no tienen los mismos valores. En este caso, los autores deben hacer una elección del valor más creíble entre los datos. Para evitar los problemas de heterogeneidad, los autores optaron por aplicar las menos fuentes posibles. Por ello, los datos nacionales son raramente utilizados (excepto para la prueba), ya que su sistema de medición no está armonizado a nivel mundial¹⁰. Estas etapas de validación son comunes a todas las bases de datos (VasClim0, CRU y Udel).

VasClim0 sólo está disponible en el período 1950-2000.

Figura 8: Distribución de las Estaciones



Fuente: Beck et al. (2005)

¹⁰ Esta carencia se espera que pronto sea subsanada bajo la supervisión de la OMM.

La base ha sido utilizada por varios autores tratando de obtener una mejor comprensión del CC. Ainsí et al (2006) revelaron la presencia de una ruptura de tendencias en varios periodos¹¹. Se muestran diferencias significativas en los valores de estas tendencias por regiones cuando se trabaja en los datos anuales y en cada punto de la cuadrícula (Beck et al. 2005). Esta base de datos también se utilizó para construir un mapa de la producción primaria neta de biomasa (Grieser et al. 2006).

3.2.3. La base de la Unidad de Investigación Climática (CRU Climatic Research Unit-TS3)¹²

Presentación

Esta base es una de las fuentes de datos climáticos utilizadas con más frecuencia. El CRU es una unidad de investigación adscrita a la Universidad de East Anglia, en Inglaterra. La unidad dispone de tablas de datos para numerosos años con una cobertura espacial y temporal en evolución. En la década de 1990, se introdujo una numeración de las versiones. Los últimos datos disponibles en la actualidad son los de la tercera versión de la base de datos: CRUTS3. Esta base reagrupa las series de variables climáticas desde 1901: precipitación terrestre, temperatura, nubosidad, rango de temperatura diurna, la frecuencia de días con heladas, la temperatura mínima y máxima diaria y mensual, la presión atmosférica y frecuencia de los días de lluvia.

Principio de Construcción

La base de datos CRUTEMP3 (sub-categoría de CRUTS3) es el resultado de la metodología de mejora sucesiva desarrollada en el Climatic Research Institute a finales de 1980 (Jones et al. 1986a, b, c, Jones 1994).

La base está desarrollada sobre una retícula de precisión 5° de longitud / latitud. Esta precisión es relativamente baja: corresponde, a nivel del Ecuador, a un conjunto de datos estimados cada 500 km. La metodología consiste en asignar a cada estación el punto de la cuadrícula en que se encuentra. La distancia entre la estación y el centro de gravedad de la cuadrícula no se tiene en cuenta, así como tampoco

¹¹ Las consecuencias que una tendencia y la ruptura de la tendencia en la precipitación tienen en el crecimiento económico de los países también se estudia por Barrios et al. (2010) a partir de la base CRU que se describe a continuación.

¹² Esta parte fue escrita antes de la publicación en enero de 2012 del artículo de Jones et al., basado en la nueva CRUTEMP4 con difusión de datos en abril de 2012 en el CRU. En esta última versión, sólo los datos de la temperatura están disponibles hasta diciembre de 2010 (5x5 cuadrícula °).

la altitud. Los autores utilizan un método de anomalías climáticas: CAM (Climate Anomalies Method) para desarrollar la interpolación entre los puntos de la precipitación y la temperatura.

De esta forma, los autores hacen su trabajo a partir de la interpolación de los datos calculados en términos de anomalías. Esto presenta varias ventajas: a medida que utilizan diferentes fuentes de información y para evitar problemas de agregación que puedan surgir de la heterogeneidad de las fuentes, los autores expresan sus datos como desviaciones de la media calculada para el período en que mayor número de datos disponen: 1961-1990. Además, las anomalías son espacialmente más conservadoras que los datos (Jones y Hulme 1996) y responden mejor si falta algún dato, especialmente cuando se trata de valores extremos de la zona. Trabajar sobre la anomalía de la serie en lugar de los valores absolutos de temperatura también permite paliar el problema de la agregación de datos a nivel mensual (que puede variar dependiendo del país) y no toma en cuenta los problemas de las diferentes altitudes de las estaciones base (se incluye en el error sistemático).

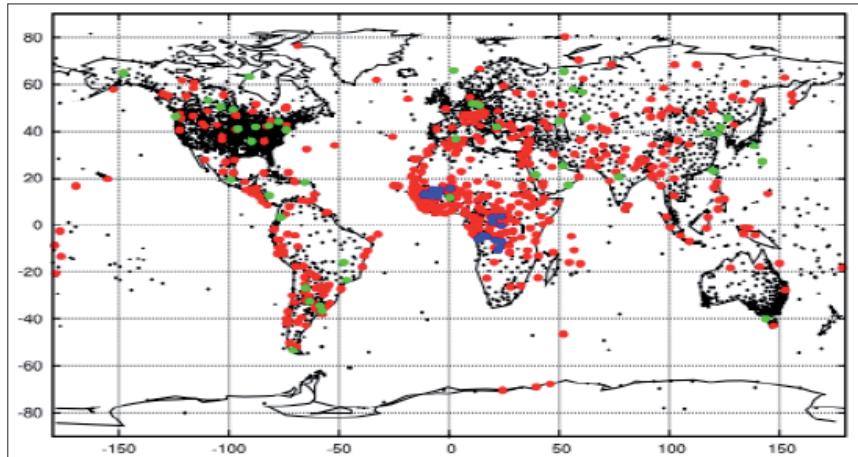
Además, los autores muestran que el valor real puede ser encontrado a través de un simple cálculo a partir de las anomalías interpoladas que están presentes en la base de datos. En el anexo A.1.2. se explica con detalle el funcionamiento de esta base de datos.

Las características de la base

Los autores desarrollan los registros de la base CRUTEMP3 de las estaciones meteorológicas disponibles en el mundo. La base de datos en bruto de referencia es la misma que ya se utilizó para la construcción de CRUTEMP2 (Jones y Moberg 2003). Esta última se completó con la inclusión de estaciones particulares de Malí, República Democrática del Congo, Suiza, Austria y la Antártida. Todos los datos procesados se derivan principalmente de los servicios meteorológicos nacionales (datos recogidos directamente por la CRU), GHCN (Global Historical Climatology Network), datos del Clima Mundial (publicados en 1980) y de datos nacionales publicado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Estos datos se describen y clasifican en cinco categorías en función de su origen, el período y área geográfica de cobertura (Jones y Moberg, 2003). Por último, los autores utilizaron

4.349 estaciones, que tras la eliminación de duplicados y la normalización de los datos, se quedaron en 4.138 estaciones (Figura 9).

Figura 9: Distribución de las estaciones meteorológicas usadas por CRUTEMP3



Fuente: Elaboración propia

En la figura se muestran las estaciones utilizadas en la base de datos de CRU. Los puntos negros marcan todas las estaciones, los círculos verdes indican las estaciones eliminadas entre CRUTEMP3 y CRUTEMP2, los puntos azules son las estaciones añadidas y los rojos, las modificadas. La mayoría de las estaciones cambiadas sufrieron solamente cambios menores (corrección de un valor atípico por ejemplo).

La base CRU se basa por tanto en un número de estaciones menor que las que presentan la base VasClim0 y la resolución geográfica es menor. Sin embargo, se usa más en la literatura. Por ejemplo, en varios informes del IPCC, Panel Intergubernamental sobre el CC y para modelos agronómicos. La base CRU se asoció también con el trabajo de Tyndall dentro de la investigación sobre el CC, que proporciona un modelo de proyección del CC para 2100 en función de los datos históricos del CRU del período 1901-2000 (Mitchell et al. 2004). Además, esta base se ha comparado con dos bases de datos globales similares, GISS y NCDC (Jones y Wigley 2010) y sus resultados son muy similares a los de la CRU.

3.2.4. La base de la Universidad de Delaware: Udel (2,01)

Presentación

La base de la Universidad de Delaware (EEUU) cuyos autores son los profesores Willmott y Matsuura, se desarrolla en el Centro de Investigación sobre el Clima en el Departamento de Geografía. Esta base, que ofrece una cuadrícula de datos climático globales desde 1900 hasta hoy, combina los datos de precipitación y temperaturas mensuales disponibles para toda la superficie terrestre del planeta. La precisión de la cuadrícula es 0,5 ° lat. / lon. Los autores también proporcionan varias versiones de la base, la que se presenta en este trabajo es la más reciente, correspondiente a la segunda versión: Temperatura del aire terrestre: 1900-2008, Series de Tiempo Mensual (Versión 2.01 del 22 de junio de 2009).

La técnica de interpolación de la base de datos es triple y se define en tres diferentes artículos (Willmott et al., 1985, Willmott y Matsuura 1995, Willmott y Robeson 1995).

Principio de Interpolación

Los autores utilizan una combinación de diferentes métodos de interpolación espacial demostrados en artículos anteriores. Usan una combinación del modelo de elevación numérico (DEM), la interpolación asistida presentada por Willmott y Matsuura en 1995, la interpolación tradicional presentada en el artículo de Willmott et al. (1985) y la interpolación de climatología asistida por ordenador (CAI) descrito por Willmott y Robeson en 1995.

En su trabajo, incluyendo el artículo de 1995, Willmott y Matsuura muestran que tomando en cuenta la elevación (altitud del punto) se puede aumentar la precisión de la interpolación. Este argumento justifica, según los autores, el uso de la interpolación del DEM que utiliza una cuadrícula de elevación terrestre. En una forma simplificada, cada estación se baja al nivel del mar, de acuerdo a una regla que vincula la elevación con la temperatura. Los autores estiman una relación entre la altitud y temperatura de alrededor de 6,5 °C por cada 103 metros de bajada de altitud (Willmott y Matsuura 1995).

Entonces, se realiza una interpolación simple de los datos utilizando un algoritmo de Shepard. Finalmente, cada punto de la cuadrícula se eleva a su altura y la temperatura se incrementa con la misma regla que para bajar (Willmott y Matsuura 1995).

En el anexo A.1.3. se detalla el mecanismo de interpolación utilizado en la base Udel.

Las características de la base

Los autores utilizan varias fuentes de datos, incluidos los datos climatológicos de la red global de investigaciones climáticas (Global Historical Climatology Network, en su última versión GHCN2¹³). El GHCN2 es actualmente la mayor base de datos de estaciones de acceso libre (Peterson and Vose 1997). Las otras fuentes proceden de la Consejería de Medio Ambiente de Canadá (Servicio del Medio Ambiente Atmosférico / Environment Canada), el Instituto Hidrometeorológico Estatal de St. Petersburg, de la búsqueda de climatología sinóptica GC Net (the Global Synoptic Climatology Network), del proyecto de la estación meteorológica automática (Universidad de Wisconsin-Madison), y del proyecto global de la superficie

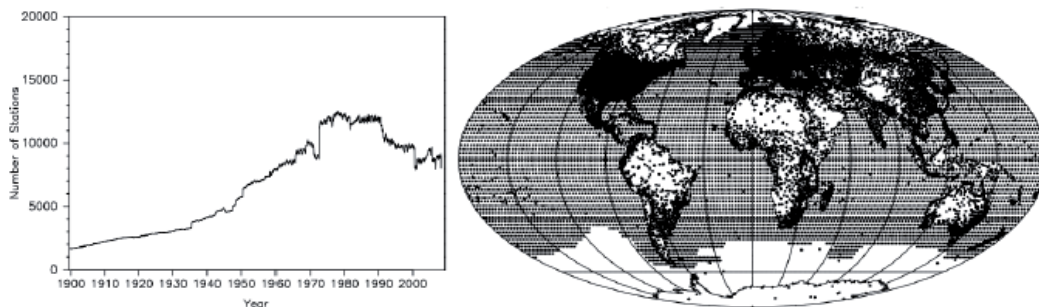


Figura 10: Localización y número de estaciones utilizadas para el período 1900-2008
Fuente: <http://climate.geog.udel.edu/~climate/>

terrestre, resumen del día (Global Summary of the Day GSOD)¹⁴.

La Tabla 8 resume las principales características de estas tres bases de datos. En la tabla se observa que VasClim0 está disponible para un período de tiempo más corto y que CRUTEMP3 está disponible en casi el mismo período que la base Udel, pero su cuadrícula es menos precisa que la de Udel.

¹³ Descripción de la base disponible en: <http://www.ncdc.noaa.gov/ghcnm/v2.php>

¹⁴ El Proyecto Global, Resumen del día (GSOD) es un proyecto del National Climatic Data Center (NCDC) y de la "National Oceanic and Atmospheric Administration" (NOAA) americana, en particular, The National Service Environmental Satellite, Data, and Information Service (NESDIS). Website: <http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdoselect.cmd?datasetabbv=GSOD&countryabbv=&georegionabbv=>

Tabla 08: Presentación de las bases meteorológicas

Base de Datos	VASCLim 0	CRUHad 3	Udel
Autores	C.Beck y J.Grieser	P.Brohan, J.J.Kennedy, I.Harris, S.F.B.Tett y P.D.Jones	C.J. Willmott y K.Matsuura
Laboratorios	Global Precipitation Climatology Center (GPCC) and Institute for Atmosphere and Environment- J.W.Goethe University of Frankfurt	Climate Research Unit - University of East Anglia	Center for Climatic Research-University of Delaware
Serie Disponibles	Precipitación	Anomalías de temperatura aérea sobre las superficies terrestres y marítimas	Temperatura aérea, precipitación
Cuadrícula	0.5° lat./lon.	5° lat./lon.	0.5° lat./lon.
Disponibilidad Temporal	1951-2.000	1850-2006	1900-2008
Frecuencia	Mensual	Mensual	Mensual
Disponibilidad Geográfica	Mundial	Mundial	Mundial
Principales bases de datos utilizadas	FAO,CRU, GHCN	CLIMAT, GHCN, World Weather Records	GHCN2, GC-Net, Service environnement Canada, Institut hydrométéorologique d'Etat St-Petersburg
Número de las estaciones	9.343	4.138	1.600 a 12.200
Sitios de Internet de Referencia	http://www.dwd.de/	http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/	http://climate.geog.udel.edu/~climate/
Disponibilidad de las bases	Libre acceso	Libre acceso	Libre acceso
Artículo de referencia de la base	Beck et al. (2005)	Brohan et al. (2006)	Willmott et Matsuura (1995)

Fuente: Elaboración propia

3.3. Ámbito geográfico

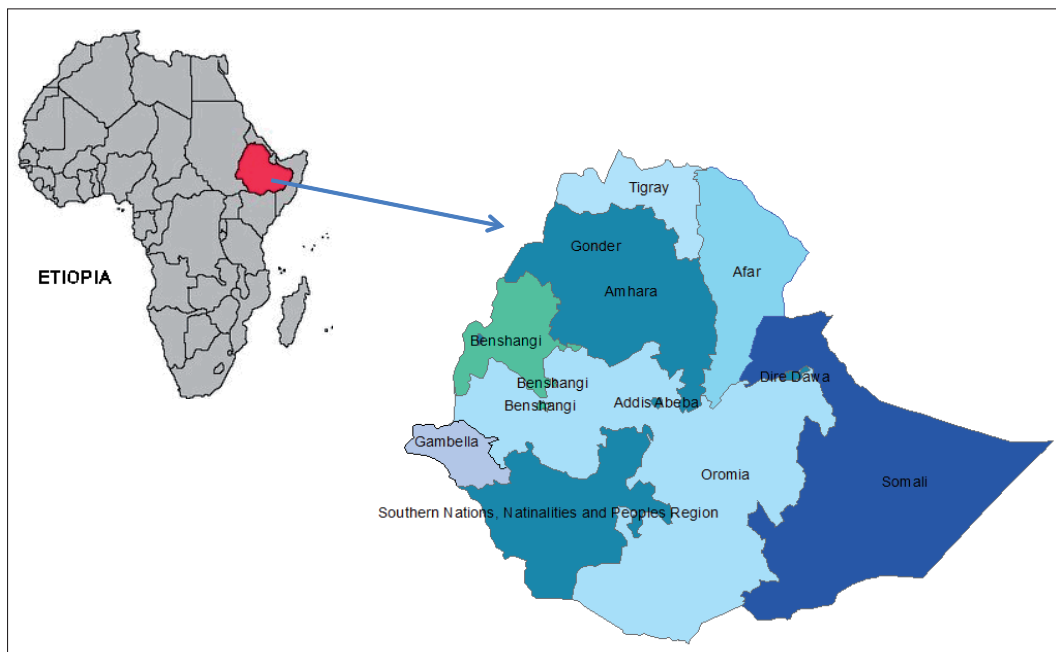
En este apartado se describen diferentes elementos relacionados con el país objeto de estudio. Inicialmente se resume la historia del país, para después profundizar en los elementos geográficos, demográficos y económicos que son de especial relevancia a efectos de la presente Tesis. Además, se incluye un epígrafe final relacionado con la contribución de Etiopía a los gases de efecto invernadero, pues, como se verá en el capítulo siguiente, algunas de las acciones propuestas contienen elementos relacionados con ello.

Etiopía, oficialmente la República Democrática Federal de Etiopía, es un país situado en el Cuerno de África. Limita al norte con Eritrea, al noreste con Yibuti, al este con Somalia, al sur con Kenia y al oeste con Sudán y Sudán del Sur (Figura 11).

Hasta 1995 Etiopía estaba dividida en 13 provincias (14 antes de la independencia de Eritrea en 1993). Actualmente Etiopía tiene un sistema gubernamental escalonado, que consta de un gobierno federal, estados regionales, zonas, distritos (*woredas*), y comarcas (*kebele*).

Etiopía está dividida en 9 regiones administrativas basadas en la etnia (*astedader akababiwach*, singular: *astedader akabibi*) y 2 ciudades con estatus especial: Adis Abeba y Dire Dawa. La siguiente imagen muestra la división administrativa del país.

Figura 11: Situación de Etiopía en África y división administrativa del país



Fuente: Internet

3.3.1. Breve Referencia Histórica

Los orígenes históricos de Etiopía hay que buscarlos en el reino de Axum. El poderoso reino empezó a decaer tras la derrota de La Meca (570) frente a los musulmanes. En 1270 se inaugura la dinastía Solomónica, la cual da inicio al Imperio de Etiopía. Entre los siglos XV y XVI se reconquistó el territorio. En los siglos XVII y XVIII, se traslada la capital del reino a Gondar.

El 21 de enero de 1872 Hassai el Tigre subyugó todo el territorio a excepción de Xoa, coronándose en Axum como Negus y adoptó el nombre cristiano de Juan. En

1884 el nuevo emperador pactó con el almirante inglés Newet un convenio que le aseguraba el libre comercio en Massaua, pero al ocupar los italianos esta población, Juan tomó una actitud hostil frente a los nuevos colonizadores. El ejército italiano experimentó algunas pérdidas en Dogali, pero el 9 de marzo de 1890 el emperador Juan murió en Metemmet. El sobrino de Hassai, Mangascha, fue desposeído por Menelik II, quien firmó un pacto con los italianos que ya habían ocupado Karen y Asmara.

Durante el reparto europeo de África del siglo XIX, Etiopía conservó su independencia, sin embargo, en 1895 ocurre la invasión italiana, desde su colonia en Eritrea. En 1931 asume al trono el emperador Haile Selassie, estableciendo un régimen absolutista. En 1935 las tropas italianas invadieron y conquistaron Etiopía, pasando a llamarse Abisinia. En 1936, el territorio pasa oficialmente a formar parte del África Oriental Italiana. Durante la Segunda Guerra Mundial, la derrota italiana en África le devolvió el poder a Haile Selassie. En 1952 la ONU aprobó la federación de Etiopía y de Eritrea, convertida en un país demócrata posteriormente.

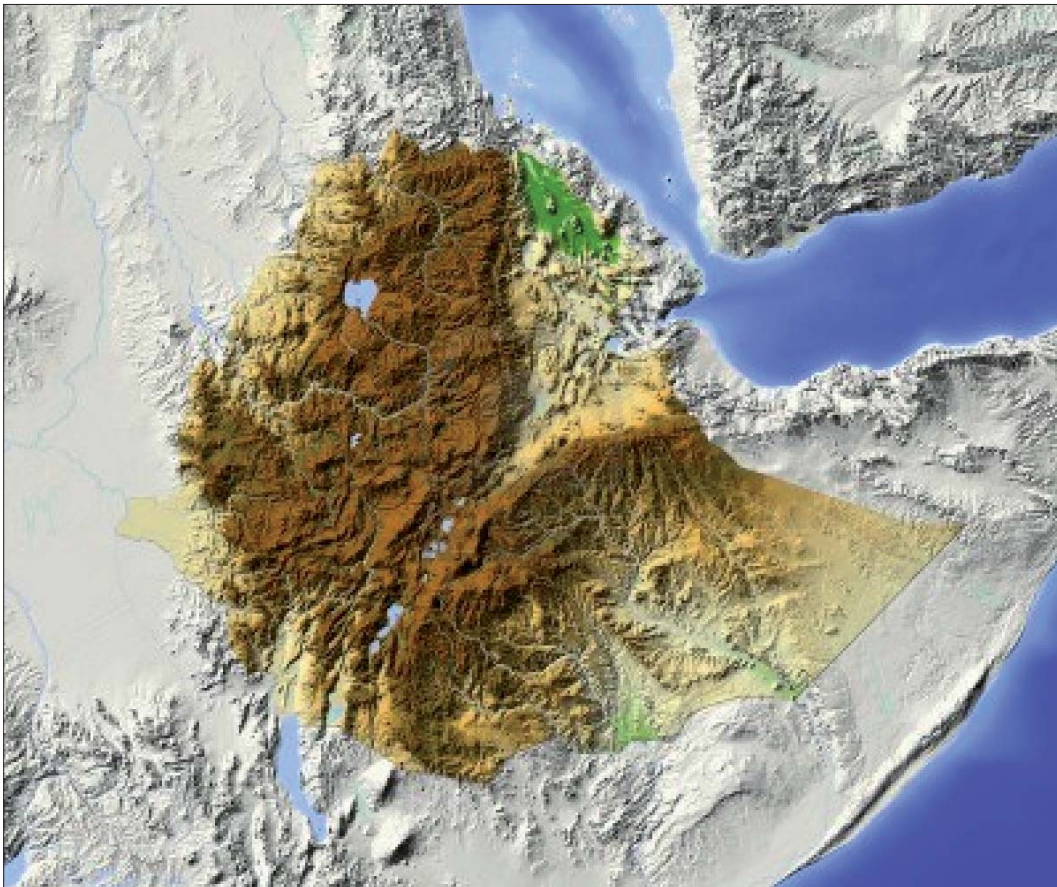
En 1974 en medio de una aguda crisis política y social, una revolución derrocó al emperador Haile Selassie, asumiendo el poder una Junta Militar conocida como el Derg. En 1977 asume el control del Derg Mengistu Haile Mariam quien instauró una dictadura en la forma de régimen socialista. En 1991 el régimen comunista es derrocado en medio de una guerra civil. En mayo de 1991, Meles Zenawi al mando del Frente Democrático Revolucionario del Pueblo Etíope alcanza la victoria armada sobre Menghistu y es proclamado presidente, iniciando un periodo de reformas políticas y sociales que le llevan a abandonar la dictadura de corte marxista. La nueva guerra con Eritrea de 1997 a 2000 finalizó con la independencia de Eritrea y, bajo el patrocinio de la ONU y la OUA se obtuvo la paz definitiva.

En la actualidad, el Primer Ministro de la República Democrática Federal de Etiopía es Hailemariam Desalegn, que también ocupa el cargo de Presidente de la Unión Africana durante 2013.

3.3.2. Perfil Geográfico

Con 1.127.127 km², Etiopía es el vigésimo séptimo país más extenso del mundo, siendo el perímetro de sus fronteras de 5.328 km. Geográficamente, el Gran Valle del Rift atraviesa el país de noreste a suroeste, creando una zona de depresión que es cuenca de varios lagos. En el conjunto destacan la región etiópica al oeste, el macizo de Harar al este y la meseta somalí en la vertiente extremo oriental. La red hidrográfica de Etiopía comprende los ríos Nilo Azul (1450 km, de ellos 800 en Etiopía), Omo (760 km), Awash(1.200 km), Wabi Sabele (1.130 km) y Genale (480 km). El lago más importante es el Tana, ya que su desagüe forma precisamente el Nilo Azul. La distribución de sus tierras es de: Tierra arable: 10,01%, Cosechas Permanentes: 0,65% y a otros usos se destina el 89,34%, con una superficie de tierras irrigadas de 2.900 km².

Figura 12: Imagen en relieve de Etiopía



Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Perfil Demográfico

Etiopía tiene una población estimada de 90.873.739 habitantes, siendo el 14º país más poblado a nivel mundial. La esperanza de vida es de 52,92 años. El crecimiento de la población se establece en un 3,2 % anual, la tasa de alfabetización es del 42,7 % y si distribuimos la población por rangos de edad, los resultados son: entre 0 y 14 años: 46,3 %, entre 15 y 64 años: 51 % y mayor de 65 años, únicamente el 2,7 %. El promedio de hijos por mujer es de 6,2, una de las tasas más altas del mundo, lo cual se prevé que provoque graves problemas económicos y ambientales en el futuro. Se calcula que 980.000 personas, o el 1,25% de la población, está infectada con el virus de VIH. La población urbana alcanza solamente al 17% del total.

Los grupos étnicos que encontramos en el país son: oromo, amhara y tigré principalmente; las religiones imperantes son la ortodoxa, musulmana y en menor medida, protestante; el idioma oficial es el Amárico y la moneda oficial, el Birr.

3.3.4. El sector agrario en la economía

De acuerdo con datos del ICEX para el año 2012, el PIB del país asciende a 86,12 miles de millones de dólares EEUU, con un crecimiento real del 8 por ciento y un PIB per cápita de 1.000 dólares EEUU. Respecto a la división sectorial, el principal sector es el agrícola y depende en gran medida del nivel de precipitaciones. Emplea directa o indirectamente a aproximadamente el 85 por ciento de la población activa etíope y, según cifras oficiales, supone alrededor del 50 por ciento del PIB del país. Sin embargo, la producción agrícola está predominantemente en manos de pequeños minifundistas y parte de la producción agrícola no está registrada en las estadísticas oficiales. Aproximadamente el 20 por ciento de la tierra es explotada de forma efectiva.

El producto principal es el café, destinado en su casi integridad a la exportación, del que viven directa o indirectamente el 25 por ciento de la población. Este alto volumen, unido a la variabilidad de los precios internacionales del café, hace que la balanza exportadora sea muy vulnerable.

El 80 por ciento de la producción de alimentos en Etiopía está compuesto por cereales, principalmente maíz, teff, cebada y sorgo. El teff, un cereal que se cultiva en las tierras altas, forma la base fundamental de la dieta de muchos etíopes y se usa para la elaboración del pan ázimo de consumo cotidiano, “injera”. El sorgo es el principal cultivo de las tierras bajas. El cultivo de legumbres y semillas oleaginosas ha aumentado considerablemente.

Hay dos épocas de cosechas en Etiopía. La principal, “meher”, que se recolecta a finales de año y la secundaria, “belg”, que se cosecha durante el periodo que va de marzo a mayo y supone en torno al 10 por ciento de la producción total anual de cereal. A pesar de no ser la cosecha principal, la recolección en “belg” es crucial para evitar el déficit de alimentos en las zonas alejadas de las regiones del norte y este de las Tierras Altas.

El resto de sectores que conforman la economía son:

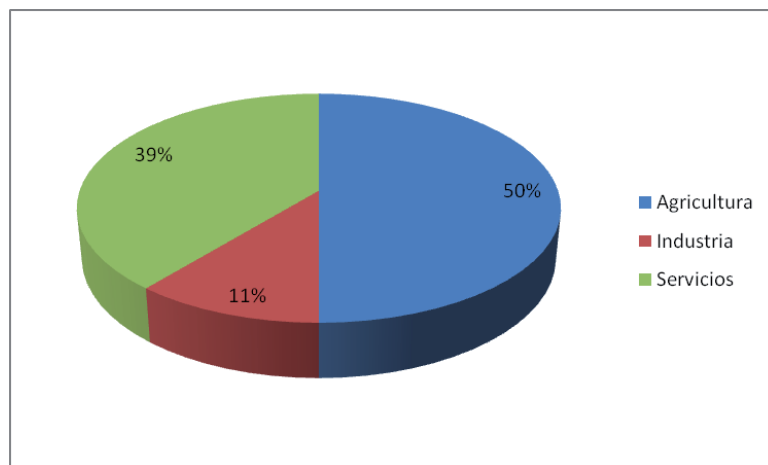
- *Minería*: Representa menos del 1 por ciento del PIB, sin embargo, conforma sectores más dinámicos como el oro (representa un 5% de las exportaciones), la producción de tantalio, sosa o materiales de construcción (mármol, granito y caliza).
- *Energético*: Etiopía tiene un potencial hidroeléctrico estimado entre 15.000 y 30.000 MW, pero únicamente se aprovecha el 2 por ciento. En la actualidad se desarrolla un plan económico basado en el incremento del uso de la energía hidroeléctrica, la explotación del gas natural, la recuperación de zonas agrícolas y la diversificación de las actividades económicas, dentro de una economía todavía muy centralizada y dependiente del sector público y de la ayuda extranjera.
- *Industria Manufacturera*: Una gran parte del sector permanece en manos del Estado, aunque el proceso de privatización avanza con moderación. Más del 40 por ciento de la producción industrial está concentrada en los subsectores de la alimentación y bebidas, particularmente en la producción de aceites vegetales y harinas, y de bebidas no alcohólicas y cerveza. La mayoría de la industria se centra en Addis Adebá y sus alrededores y están enfocadas al mercado local.

Por otra parte, Etiopía es un importante productor de cuero y, siguiendo al proceso de liberalización, el sector privado ha pasado a desempeñar un papel importante en la industria del cuero, igual que el sector textil, que está atrayendo inversión extran-

jera, alentada por el gobierno etíope y cuyas exportaciones están siguiendo una tendencia creciente, especialmente a los EEUU, con apoyo del programa preferencial norteamericano AGOA (Africa Growth and Opportunities Act).

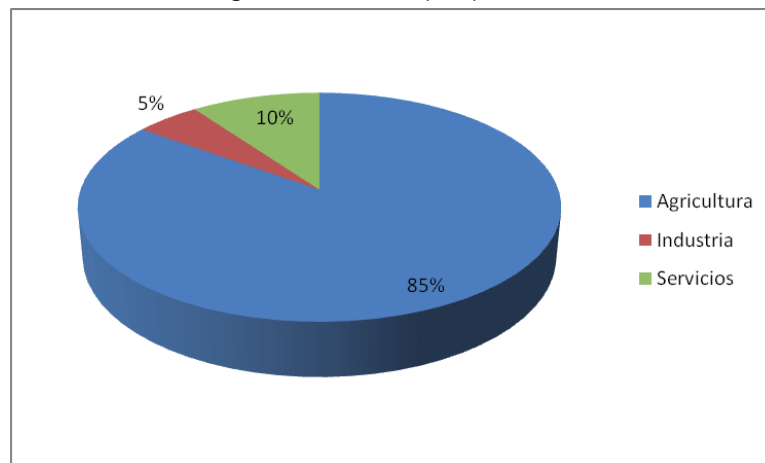
- *Construcción:* La construcción ha experimentado un fuerte crecimiento desde 1991, especialmente en forma de pequeños y medianos hoteles en Addis Adeba y alrededores. Además de empresas locales, empresas extranjeras, principalmente chinas, han comenzado su actividad en el país, mediante centrales hidroeléctricas principalmente.
- *Turismo:* Es el sector con mayor potencial de crecimiento, dada la riqueza en monumentos históricos y parajes naturales del país.

Figura 13: Distribución del PIB total por sectores



Fuente: Banco Nacional de Etiopía

Figura 14: Población ocupada por sectores



Fuente: Banco Nacional de Etiopía

Con respecto a la situación futura, el Fondo Monetario Internacional prevé que Etiopía logrará un crecimiento real del PIB de más del 8% anual en los próximos cinco años. Por otra parte, la reciente trayectoria de Etiopía demuestra que se puede lograr tasas de crecimiento de dos dígitos. Entre 2005 y 2010, el PIB real creció un 11% anual. En los últimos cinco años, se ha logrado un 40% de aumento de rendimiento en la agricultura.

Etiopía es el décimo productor de ganado más grande del mundo, y sus principales exportaciones agropecuarias son el café, sésamo, cuero y flores. Con esto y con todo, Etiopía sigue siendo uno de los países más pobres y vulnerables de África. Más de 7 millones de personas siguen enfrentándose al hambre, por lo que la SA es un objetivo fundamental para el país. La mayoría de las personas dependen de la agricultura para su sustento, y el aumento de las sequías y las inundaciones están provocando graves crisis rurales. En particular, las sequías de 2003, 2009 y 2011 mostraron una vez más la vulnerabilidad de su sector agrícola, principalmente de secano.

La agricultura es el pilar de la economía de Etiopía, emplea a más del 84% de la población y contribuye aproximadamente al 50% del PIB del país. Por otro lado, es también una importante fuente de ingresos ya que representa más del 90% de las exportaciones del país.

Los sectores económicos más vulnerables a los peligros del CC son los siguientes: la agricultura, la salud, el agua y la energía, los edificios y el transporte. En Etiopía ya se está llevando a cabo una reforestación a gran escala y se están desarrollando otras iniciativas de adaptación para aumentar la resiliencia al CC a través de apoyo a los ecosistemas naturales.

El efecto de reducción de emisiones más alto se concentra en la agricultura y en los bosques. La agricultura y la silvicultura contribuye actualmente a alrededor del 45% y 25% respectivamente a las emisiones de gases de efecto invernadero, y en conjunto, representan alrededor del 80% del total potencial de reducción de emisiones en el país.

A medio plazo la agricultura seguirá siendo el sector principal de la economía. Es un sector clave no sólo para aumentar los ingresos, sino también para garantizar la SA para una población en crecimiento. De acuerdo con datos del Ministerio de Agricultura etíope, el crecimiento anual esperado para el sector agrario es del 8,6%. Se espera que la producción de los principales cultivos alimentarios como el trigo y

el maíz aumente de 19 millones de toneladas a 27 millones de toneladas. En la producción de frutas y hortalizas, se estima que se cuadruplicará la producción hasta los 5 millones de toneladas. El valor total de las exportaciones de café con mucho, el cultivo comercial más importante, aumentará de los quinientos mil millones de dólares más de 2.000 millones en 2015. La exportación de animales vivos también se prevé que aumente de forma exponencial.

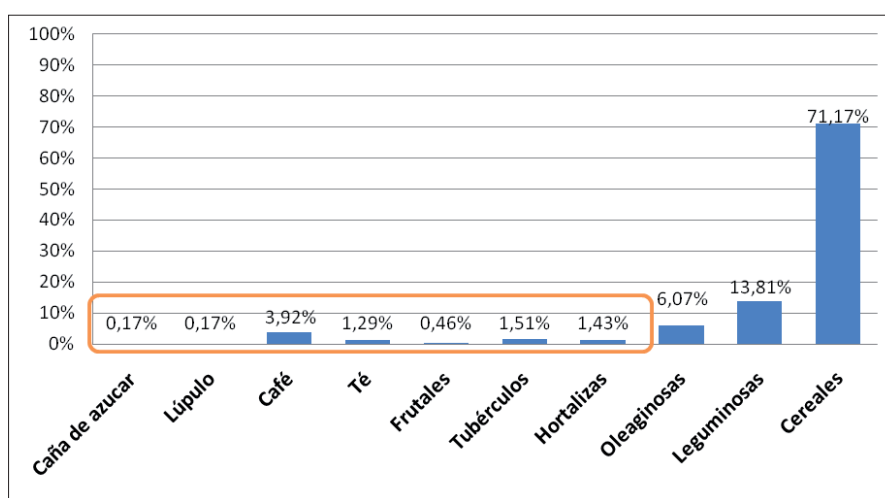
3.3.5. Análisis del sector agrario etíope

En general, la agricultura en Etiopía es de subsistencia. Los principales cultivos alimentarios se producen en casi todas las regiones del país, a pesar de la variación en el volumen de producción entre regiones. La variación puede atribuirse a la extensión de la superficie dedicada a cada tipo de cultivo, cambio de clima y cambios en la preferencia por los cultivos.

La práctica totalidad de la agricultura etíope es de secano, por lo que la variabilidad de la producción es grande dependiendo de las lluvias. Afortunadamente, 2013 ha sido año de bastante lluvia para el país y los datos que se presentan son superiores a los de otros años.

Se han clasificado los cultivos en ocho grupos para simplicidad de la descripción y a efectos comparativos. Los grupos son cereales, legumbres, oleaginosas, hortalizas, tubérculos, frutales, cultivos estimulantes y caña de azúcar. Los cultivos estimulantes son el té, café y lúpulo. En la Figura 15 se detalla la distribución en superficie cultivada:

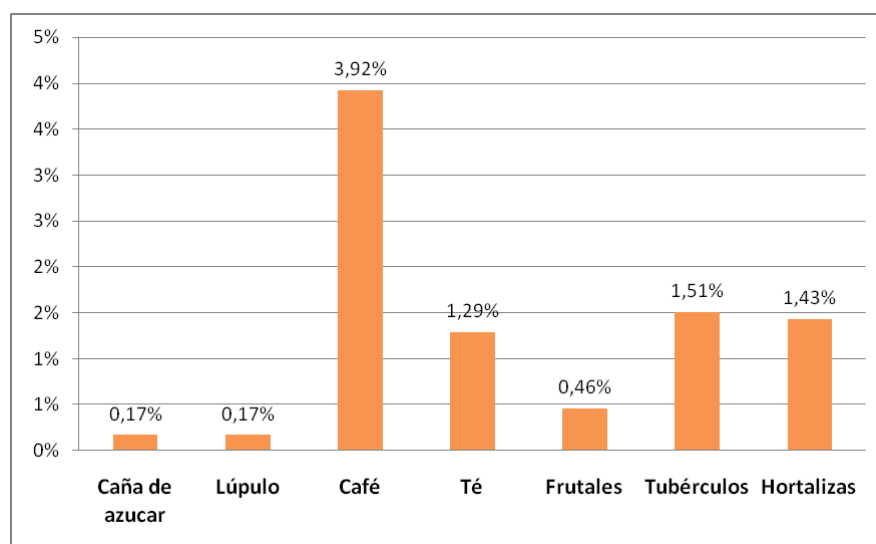
Figura 15: Distribución de la superficie cultivada



Fuente: Elaboración propia con datos de Ethiopian Development Research Institute (2011)

La zona marcada en la figura anterior, se muestra a continuación, para un mayor detalle y entendimiento, debido a la gran diferencia de porcentajes entre las diferentes especies.

Figura 16: Distribución de la superficie cultivada, en ciertas especies



Fuente: Elaboración propia con datos de Ethiopian Development Research Institute (2011)

El rendimiento del cultivo por área (cantidad de producto cosechado por la cantidad de tierra cultivada) es el indicador usado para las actividades de la productividad agrícola. El rendimiento de los cultivos está inevitablemente afectado por muchos factores, como son el clima, el precio de los inputs, los cambios en las prácticas agrícolas, las cantidades de fertilizantes utilizados, calidad de las variedades de semillas y el uso de riego.

Principales cultivos del año 2012/13

En este apartado se presenta información cuantitativa sobre superficie cultivada y la producción de cultivos temporales y permanentes a nivel nacional.

En un país como Etiopía, la recopilación de datos es todo un desafío. Al principio de este estudio se vio que las instituciones que no poseían datos de las materias en las que trabajan, y los datos que se encontraron no estaban disponibles o eran poco fiables.

Por todo ello, se ha optado por un enfoque pragmático en la compilación de datos; la combinación de los datos de que se dispone, referencias internacionales, experiencias de otros países, entrevistas a expertos, y estimaciones propias. En general, los datos han sido tomados de fuentes oficiales como la CSA¹⁵, el GTP¹⁶ o MoFED¹⁷, así como los departamentos de estadística de los ministerios e institutos de investigación. Sobre emisiones de gases de efecto invernadero se ha utilizado el IPCC¹⁸ siempre que ha sido posible y apropiado.

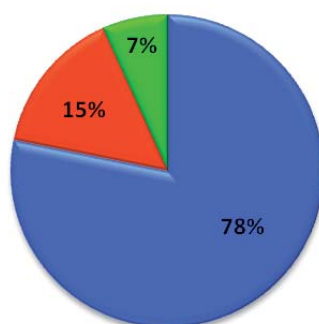
Las principales conclusiones se presentan en los siguientes apartados.

a. Cultivos herbáceos

Se refiere a la categoría de los principales cultivos que incluye cereales, legumbres y semillas oleaginosas, que no sólo constituyen los principales cultivos alimentarios para la mayoría del país de población, sino que también sirven como fuente de ingresos en los hogares y contribuyen a los ingresos de divisas del país.

Los resultados del año 2012/13 indican que una superficie total de alrededor de 12.282.929 hectáreas están cubiertas por grano, es decir, por cultivos de cereales (78,17%), leguminosas (15,17%) y oleaginosas (6,66%), de los cuales se obtiene un volumen total de 231.288.471 quintales de grano.

Figura 17: Distribución de los cultivos de granos



Fuente: Elaboración propia con datos de Ethiopian Development Research Institute (2011)

Dentro de los cultivos de granos, los cereales son los principales cultivos alimentarios, tanto en superficie como en volumen de producción.

¹⁵ Central Statistical Agency of Ethiopia

¹⁶ Ethiopia's Growth and Transformation Plan (GTP)

¹⁷ Ministry of Finance and Economic Development

¹⁸ Intergovernmental Panel on Climate Change

De la superficie total de cultivos de granos, el 78,17% (9.601.035 hectáreas) fue sembrada con cereales. El teff, maíz, sorgo y trigo ocuparon el 22,23% (unos 2.730.272 hectáreas). En cuanto a la producción, los resultados son similares. Los cereales contribuyeron 84,96% (unos 196.511.515 quintales) de la producción de grano. Maíz, teff, trigo y sorgo alcanzan el 26,63% (61.583.175 quintales).

b. Hortalizas

El cultivo de hortalizas, que contribuye al 2,95% del total de la producción de cultivos, se practica por particulares que viven cerca de núcleos urbanos, de modo que es raro ver grandes plantaciones en zonas rurales.

El cultivo de hortalizas representa el 1.43% del total de superficie cultivada en el país. Dentro de la superficie total estimada de cultivo de hortalizas, en la mayor parte, que es aproximadamente 70,89% y 18,07%, se cultivan pimientos rojos y col etíope respectivamente.

c. Tubérculos y hortalizas de raíz

Se cultivan algunas hortalizas de raíz como la cebolla y el ajo para mejorar el sabor y aroma de los platos, y otros tubérculos, como la patata, batatas y malanga / godere, que son los principales cultivos alimentarios del país.

Los tubérculos cubren más de 1,51% de la superficie total de cultivo y contribuyen al 12,58% de la producción total del país.

d. Plantas Frutales

Los datos recogidos por la CSA muestran que los cultivos frutales se cultivan en poca cantidad en Etiopía.

Alrededor de 61.972 hectáreas de tierra están bajo cultivos frutales en Etiopía. La banana aporta cerca del 58,11% de la superficie de cultivo de frutas seguido del mango, que contribuye en un 14,21% de la superficie.

En cuanto a la producción, se alcanza un total de 4.793.360 quintales. Plátanos, papayas, mangos y naranjas representan el 63,11%, 8,07%, 14,55% y 7,46% de la producción de frutas.

e. Cultivos Estimulantes

Los agricultores que participan en el cultivo y la producción de café y té son mayores en número que los que cultivan plantas frutales. La superficie y la producción de estos cultivos también son superiores al de las frutas y son económicamente más rentables para los agricultores.

El té y café representan el 1,29% y el 3,92% de la superficie total de cultivo del país y la producción fue de 1.589.480 y 2.755.298 quintales respectivamente.

f. Caña de Azúcar

Se cultiva en pequeñas áreas de algunas partes del país. Alrededor de 22.388 hectáreas de tierras están dedicadas a la caña de azúcar, produciendo un total estimado de 5.121.208 quintales.

La producción no se utiliza por lo general para fines industriales, sino para el consumo en los hogares.

g. Enset (árbol de la familia del banano)

Se cultiva en la parte sur-occidental del país y cubre gran terreno área dentro de las propiedades privadas. Se estima que el número de árboles Enset que se recogerán en 2013 será de 113.999.188. La producción en forma de Amicho, Kocho y será de 10.936.627, 12.985.122 y 461.280 quintales respectivamente.

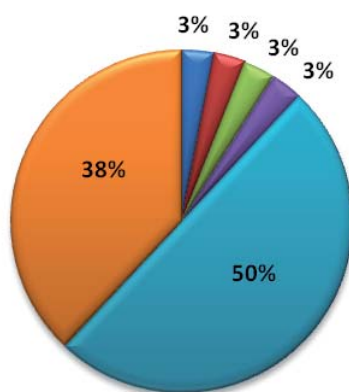
3.3.6. Nivel actual y desglose sectorial de las emisiones

La aportación actual de Etiopía al aumento global de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) es prácticamente insignificante. En general, las emisiones totales de Etiopía (de alrededor de 150 Mt CO₂e) representan menos del 0,3% de las emisiones globales. De los 150 Mt CO₂e en 2010, más del 85% proviene de los sectores agrícola y forestal. Les siguen los de energía, transporte, industria y edificios, que contribuyeron alrededor del 3% cada uno.

Incluso después de años de rápida expansión económica, las emisiones actuales per cápita de menos de 2t CO₂e son modestas en comparación con los más de 10 toneladas por habitante de media en la UE y más de 20 toneladas por habitante en los EE.UU. y Australia.

El gráfico siguiente muestra la distribución de emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero).

Figura 18: Distribución de emisiones de GEI



Fuente: Elaboración propia con datos de Ethiopian Development Research Institute (2011)

En la agricultura, las emisiones de gases de efecto invernadero son atribuibles a la ganadería y los cultivos en ese orden. La población ganadera actual es de más de 50 millones de ganado vacuno y cerca de 100 millones de otros tipos de ganado. La ganadería genera gases de efecto invernadero, principalmente en forma de emisiones de metano derivadas de los procesos de digestión y emisiones de óxido nitroso derivadas de excreciones. Las emisiones del ganado se estima que ascendieron a 65 millones de toneladas de CO₂e en 2010 (más del 40% de las emisiones totales en la actualidad).

Los cultivos contribuyen a la concentración de gases de efecto invernadero principalmente al requerir el uso de fertilizantes (~ 10 MtCO₂e), así como mediante la emisión de N₂O de los residuos de cultivos incorporados en el suelo (~ 3 MtCO₂e).

En el sector forestal, el impacto de las actividades humanas es una gran fuente de emisiones de CO₂, que se cuantificó en 55 Mt CO₂e en 2010. Las emisiones forestales son impulsadas por la deforestación para el uso agrícola del suelo (50% de

todas las emisiones relacionadas con la silvicultura) y la degradación forestal debido al consumo de leña (46%).

Las fuentes secundarias de emisiones de hoy en día son el transporte, la energía, la industria y los edificios, tal como se describe a continuación.

- En el transporte, aproximadamente el 75% de las emisiones provienen del transporte por carretera, en particular transporte y la construcción de vehículos. El transporte aéreo también contribuye con una parte importante (23%). Emisiones del transporte por aguas interiores son mínimas.
- El sector de la energía eléctrica representa un nivel de emisiones muy bajo. El 90% del total de energía proviene de hidroeléctricas, complementado con la utilización de generadores diesel para las zonas desabastecidas.
- Dado el relativamente pequeño porcentaje de la actividad económica industrial, la industria representa sólo el 3% de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Las ciudades aportan alrededor del 3% de las emisiones actuales, principalmente por residuos y el uso de generadores.

Una conclusión que se podría extraer de esta apartado es que Etiopía debe centrarse en la adaptación al CC en lugar de en su mitigación, ya que su contribución al CC está siendo muy pequeña. Antes de caer en este error se deben tomar en consideración tres factores importantes:

- Etiopía, por su bajo nivel de desarrollo, crecerá en los próximos años de forma importante, y si apoya este crecimiento en el sistema tradicional se convertirá en pocos años en un emisor importante de gases de efecto invernadero. En los apartados siguientes se compara la evolución tradicional con la que se propone en este estudio, estimando las diferencias en términos de emisiones.
- La agricultura es el único sector en el que la adaptación y la mitigación van de la mano. Las medidas de adaptación que se propondrán tienen a la vez un efecto de mitigación.
- Por último, las acciones encaminadas a la mitigación del CC en el sector agrario/forestal son, con mucha diferencia, las que menor inversión requieren si las comparamos con el potencial de reducción que poseen.

Expectativas de evolución por sectores

Dentro del sector agrario, se espera la siguiente evolución:

- *Ganadería.* Se espera que la población bovina aumente de cerca de 50 millones actuales a más de 90 millones en 2030. Esto aumentará las emisiones de los 65 Mt CO₂e de hoy a casi 125 millones de toneladas en 2030.
- *Suelo.* La producción de cultivos agrícolas aumentará de alrededor de 19 millones toneladas en la actualidad a más de 71 millones de toneladas en 2030. Esto se debe principalmente al incremento del uso de fertilizantes y el aumento de las tierras utilizadas para la agricultura. Esto aumentará las emisiones de 12 Mt CO₂e de hoy a más de 60 millones de toneladas en 2030.

En el sector forestal las previsiones son las siguientes:

- La deforestación produce emisiones de CO₂, y se debe principalmente a la conversión de áreas boscosas en tierras agrícolas. Se estima un crecimiento en las emisiones desde los 25 Mt CO₂e actuales a casi 45 millones de toneladas en 2030.
- Degradación de los bosques conduce a emisiones de CO₂, y es causada principalmente la tala de árboles y el consumo de leña. El principal causante de esta degradación en bosques es el crecimiento demográfico. Se estima un crecimiento de alrededor desde los 25 Mt CO₂e en 2010 a casi 45 millones de toneladas en 2030.

Estimación del potencial de mitigación

El **sector forestal** por sí solo representa alrededor del 50% del potencial de reducción nacional total (130 Mt CO₂e) y, como sector, incluso puede generar “emisiones negativas” a través de secuestro de emisiones, es decir, el almacenamiento de carbono en forma de madera, a un nivel que supera a las emisiones de la deforestación y la degradación forestal.

La medida más importante en este aspecto es la reducción de la demanda de madera para combustible. Esto se ha realizado ya en multitud de países en desarrollo a través estufas eficientes, que ofrecería un potencial de reducción de casi 35 Mt CO₂e.

Con una medida relativamente sencilla de implementar (20 millones de hogares con estufas más eficientes) y planes de reforestación y gestión de bosques se podría aumentar el secuestro de más de 40 Mt CO₂e y por lo tanto generar un sector forestal neutro en emisiones de CO₂.

La presión de la **agricultura** sobre los bosques se podría reducir con la intensificación de la agricultura o el desbloqueo de tierras degradadas.

El sector agrícola tiene un potencial de reducción total del suelo y emisiones relacionadas con la ganadería de 90 Mt CO₂e, lo que representa alrededor del 35% del potencial total de reducción.

Suelo. La introducción de técnicas de baja emisión, como la *Climate Smart Agriculture*, manejo de cuencas y nutrientes y el manejo de cultivos, podrían reducir las emisiones en 40 Mt CO₂e en 2030.

Por otra parte, a través de la intensificación agrícola y la captura de nuevas tierras agrícolas en zonas áridas a través del riego, se aumenta indirectamente el potencial de reducción de los bosques protegidos. De hecho, se estima que estas iniciativas aumentan la retención de los bosques en 38 MT CO₂e en 2030.

Ganadería. Hay un amplio potencial para aumentar la eficiencia del ganado bovino a través de una mayor productividad en la cadena de valor.

Existen varias iniciativas en el sector, entre las que se destacan las siguientes:

- Mejora de la infraestructura de los mercados, centros de salud y alimentación para el ganado.
- Cambio parcial hacia fuentes de proteína que generen menos emisiones, por ejemplo las aves de corral.
- Mecanización de la fuerza de tracción, es decir, la introducción de equipos mecánicos para la labranza / siembra, podría ayudar a sustituir alrededor del 50% de tracción animal y contribuir en la reducción de emisiones.

En los siguientes apartados se explican con detalle la situación de los subsectores silvicultura, ganadería y suelo, las emisiones de GEI que generan y propuestas de mejora para cada uno de ellos.

Subsector: Silvicultura

El sector forestal contribuye de forma importante en las emisiones de gases de efecto invernadero, pero también ofrece un gran potencial de reducción, que incluso supera el aumento estimado de las emisiones para el año 2030.

Antes de abordar los cálculos de emisiones que tendría el sector en un escenario tradicional y el potencial de reducción, es importante reiterar que estas estimaciones tienen un grado de incertidumbre alto, dada la actual falta de datos fiables en el uso del suelo.

Las emisiones del sector forestal son causados principalmente por los seres humanos, por la deforestación para la agricultura y la degradación forestal en el consumo de leña. Bajo el escenario tradicional, las emisiones del sector forestal se incrementará de 53 Mt CO₂e en 2010 a 88 Mt CO₂e en 2030.

a. Principales impulsores de las emisiones de los gases de efecto invernadero

Los principales impulsores de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son causados principalmente el aumento de las tierras de cultivo y el aumento en el uso de leña para satisfacer las necesidades de una población creciente, como se detalla a continuación.

- Las tasas de deforestación en Etiopía está directamente relacionada con la expansión de las tierras agrícolas. En base a estimaciones del Ministerio de Agricultura, se prevé que la tierra cultivable alcanzará 27 millones de hectáreas en 2030, con una tasa de crecimiento anual del 3,9% entre 2010 y 2030. El cálculo se apoya en la expansión de tierra necesaria para un crecimiento de la producción del 9,5% anual, que es esencial para garantizar la SA. Esto podría cambiar si Etiopía consiguiese un aumento del rendimiento significativo en sus cultivos.

Sin embargo, se estima que con las medidas apropiadas, la proporción de nuevas tierras para la agricultura que se obtienen de los bosques podría disminuir

del 70% actual al 55% (del total de nuevas tierras para la agricultura) en 2030. Como se mencionaba anteriormente, las estimaciones se apoyan en directrices y criterios de referencia del IPCC.

- Degradación debida al consumo de leña. Las necesidades energéticas rurales de Etiopía son satisfechas principalmente por biomasa (> 90%). El desarrollo del consumo de leña está directamente relacionada con el aumento de la población, a menos que se lleve a cabo un cambio en los usos y costumbres de la población rural. Las principales fuentes utilizadas para estas proyecciones son del informe WBISPP de la FAO (sobre los niveles actuales de degradación debido al consumo de leña) y proyecciones de población de la CSA.
- Explotación forestal. La tala autorizada y no autorizada es actualmente un causante menor en la degradación de los bosques. Para proyectar el desarrollo de estas prácticas, se asume que la explotación forestal se incrementará en promedio, al mismo ritmo que el crecimiento demográfico (2,6% anual), lo que refleja la creciente presión demográfica sobre los recursos forestales. (FAO 2010).

b. Proyección estimada de emisiones de GEI hasta 2030

El aumento de las emisiones de CO₂ de 88 millones de toneladas en 2030 será principalmente causado por la deforestación para la agricultura y la degradación provocada por el consumo de leña.

- La deforestación de las tierras para aprovechamiento agrícola. Debido a la creciente necesidad de tierras agrícolas impulsada por la presión demográfica y las necesidades de desarrollo, como se ha descrito anteriormente, la tasa de deforestación aumentará progresivamente desde alrededor de 280.000 hectáreas en 2010 a alrededor de 550.000 hectáreas en 2030. Las emisiones subirán del 26 Mt CO₂e en 2010 a 44 Mt CO₂e en 2030.
- Degradación por el consumo de leña. En línea con el crecimiento de la población, se estima que la cantidad total de la degradación de la biomasa forestal aumente desde alrededor de 14 millones de toneladas en 2010 a 23 millones de toneladas en 2030. Esto dará lugar a un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero de las 24 Mt CO₂e en 2010 a 41 Mt CO₂e en 2030.

- Explotación forestal. Se estima un crecimiento similar, es decir, siguiendo las necesidades de una población en crecimiento. El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero pasará de 2 Mt CO₂e en 2010 a 3,5 Mt CO₂e en 2030.

3.4. Variables a utilizar

Como ya se ha mencionado con anterioridad, parte de la metodología de análisis es el cruce de las múltiples variables que existen, como es el clima, la geografía del terreno, la fauna, etc. a través de la herramienta GIS.

A continuación se muestra una tabla resumen, con las diferentes variables que van a ser utilizadas a lo largo del análisis, con sus respectivas unidades de medida, y una breve descripción de las mismas. Posteriormente se discute cada una de las variables.

Tabla 9: Variables utilizadas, unidades de medida y descripción

VARIABLES	UNIDADES DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN
Población	Hab./m ²	Núcleos de población
Vías de Comunicación	-	Vías pavimentadas, sin pavimentar y secundarias.
Alturas	metros	Modelo Digital de Elevaciones (M.D.E.)
Ríos y Lagos	-	Ríos permanentes e intermitentes, y lagos de gran superficie.
Temperaturas	°C	Temperaturas máximas, mínimas y medias, durante todo el último año.
Precipitación	mm	Precipitaciones medias durante todo el último año.
Parques Nacionales	-	8 Parques Nacionales, considerados grandes reservas de biodiversidad
Animales	-	Representación de grandes manadas de elefantes, jirafas y cebras.

Fuente: Elaboración propia

3.4.1. Distribución de la Población

Las migraciones por razones ambientales se convertirán en uno de los principales problemas políticos del siglo XXI. Se trata de un fenómeno complejo con respuestas políticas que actualmente tienden a centrarse más en el impacto de las catástrofes naturales repentinas que en las consecuencias a largo plazo de la degradación ambiental.

Actualmente hay 25 millones de desplazados por causas ambientales y se estima que en torno al 10 por ciento de los movimientos de población estaría motivado por factores ambientales (Instituto de Desarrollo Sostenible y Relaciones Internacionales, 2012).

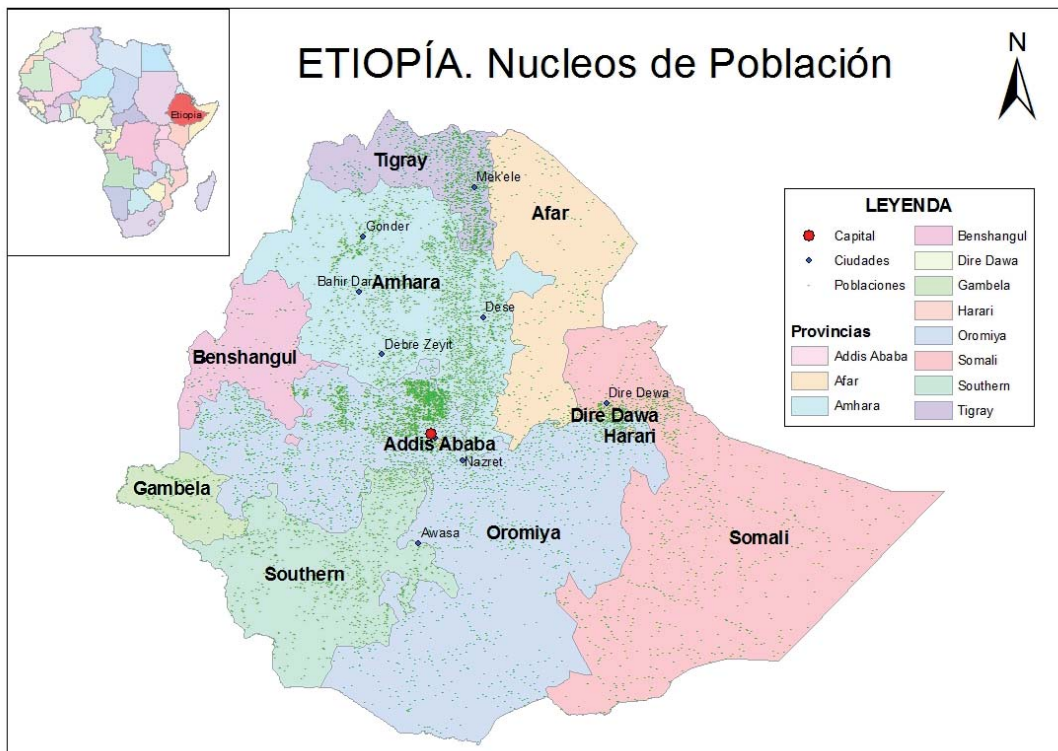
Fenómenos como el CC, la deforestación, la desertificación o el agotamiento de los recursos están provocando ya continuos desplazamientos de población, sobre todo en el continente africano, hacia los núcleos urbanos de sus países de origen. Un goteo de población difícilmente cuantificable, aunque según las estimaciones de Naciones Unidas el número de desplazados ambientales alcanzó los 50 millones en 2010 y hasta el 60 por ciento de los movimientos migratorios podrían tener su origen en cuestiones ambientales.

El continente africano será uno de los más castigados. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) señala que, sólo en África, podría haber 50 millones de 'desplazados ambientales' en 2060. De acuerdo con estimaciones del catedrático Norman Myers de la Universidad de Oxford, en el 2050 habrá 200 millones de migrantes ambientales (Myers, 2012).

Por estas razones se ha considerado analizar en primer lugar la distribución de la población en Etiopía. Tal como muestra la siguiente imagen, los núcleos más amplios de comunidades se congregan alrededor de las grandes ciudades (Addis Abeba y Dire Dawa) y en la zona central del país, alejados de la zona costera. Por ejemplo, la población de la capital ha ido aumentando hasta los 5 millones de habitantes, de los que solo la mitad son reconocidos oficialmente.

Tal como muestra la siguiente imagen, la distribución de la población está concentrada en la zona central del país.

Figura 19: Distribución de los Núcleos de Población en Etiopía



Fuente: Elaboración propia

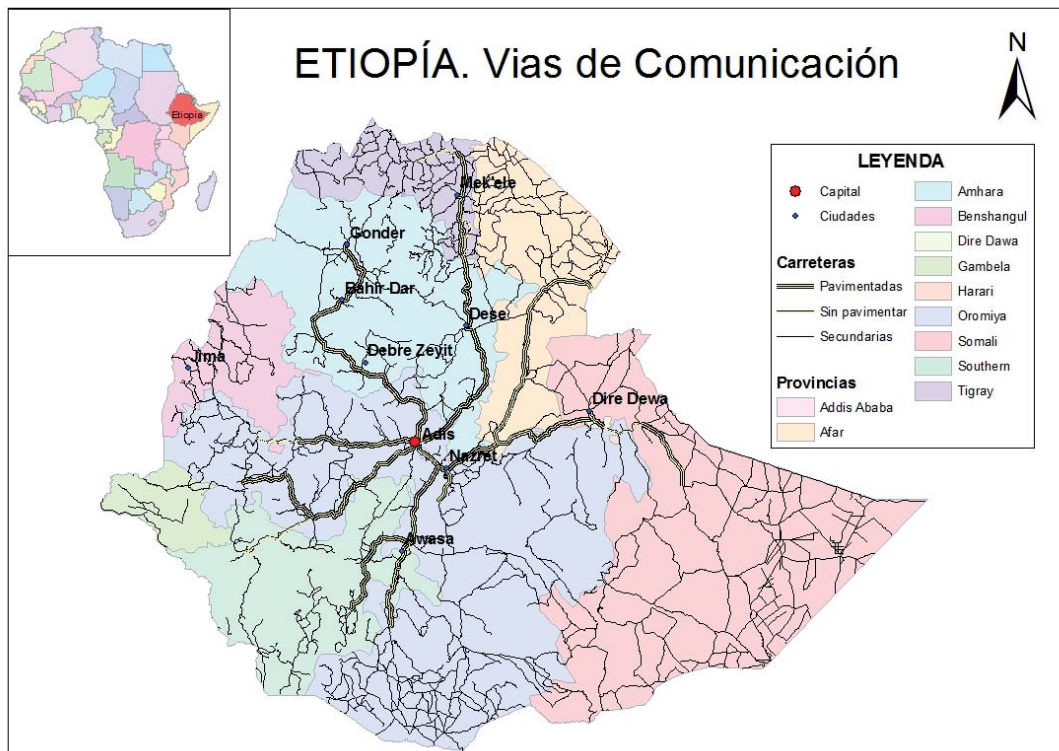
En el apartado de Anexos, se dispone de los mapas a escala real.

3.4.2. Distribución de Carreteras

Otro factor que puede ser importante es la distribución de las vías y caminos a lo largo del terreno, ya que evidencian el grado de desarrollo de las diferentes zonas, así como si habría posibilidad de incorporar nuevos hábitos de vida o si sería fácil el traslado de poblados de una región a otra, si los efectos negativos del CC llegarán a ser muy agudos en determinadas ciudades.

Tal como muestra la siguiente imagen, la distribución de carreteras es radial y bastante uniforme a lo largo de todo el territorio, por lo que no debería haber problemas de movilidad entre ciudades:

Figura 20: Distribución de las Vías de Comunicación en Etiopía



Fuente: Elaboración propia

En el apartado de Anexos, se dispone de los mapas a escala real.

Existe en el país un plan estratégico de construcción de carreteras que lleva en marcha desde 2009 y que prevé construir un total de 97.517 kilómetros de carreteras. De esta cantidad, 71.523 kilómetros estarán construidos para el ejercicio de 2014 (Ethiopian Roads Authority).

3.4.3. Distribución de las Alturas

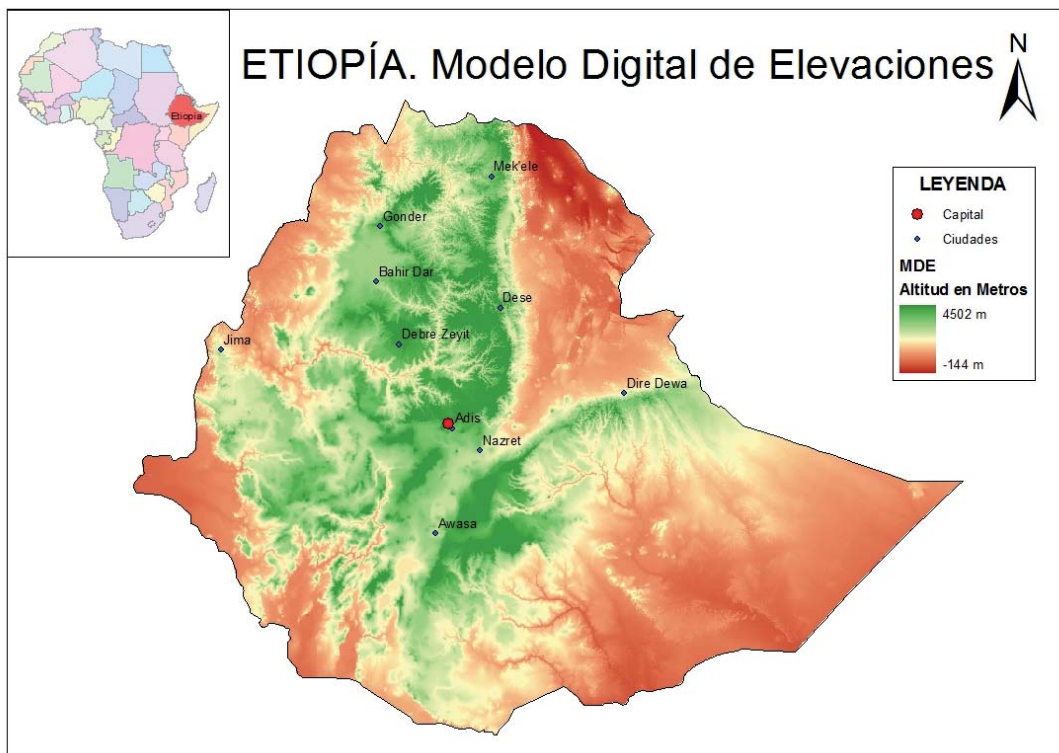
Un factor muy importante es la distribución de la altitud en Etiopía, junto con el desarrollo de la vegetación típica de cada zona, ya que la vegetación refleja la gran variedad de las altitudes.

Las áreas más bajas de la zona tropical están escasamente cubiertas con arbustos desérticos, espinosos, y hierbas crasas de la sabana. En los valles y gargantas, crecen exuberantes casi todas las formas de vegetación africanas. Son las deno-

minadas “Tierras Calientes”, en donde abundan los bosques y las galerías de selva tropical formadas junto a los ríos. Se trata de alturas inferiores a los 1.800 metros. Cuando la altura oscila entre los 1.800 y 2.500 metros aparecen las “Tierras Templadas” en donde se pueden contemplar grandes plantaciones de cultivos mediterráneos y subtropicales como café y algodón. Las “Tierras Frías” están situadas por encima de los 2.500 metros de altura y son tierras de pasto aprovechadas por los ganaderos, donde se puede encontrar vegetación afro alpina. En el nordeste del país, junto al mar Rojo, predomina el desierto, mientras que en el sudeste el paisaje predominante es la estepa.

La siguiente imagen muestra el modelo digital de elevaciones:

Figura 21: Distribución de la Altitud en Etiopía



Fuente: Elaboración propia

En el apartado de Anexos, se dispone de los mapas a escala real.

Un accidente geográfico, muy importante a destacar, es El Gran valle del Rift. Se trata de un sistema de fallas geológicas situado en la placa que comprende África

oriental y partes del sureste asiático. Tiene una longitud de más de 6.400 kilómetros y se prolonga más allá de las fronteras de Etiopía.

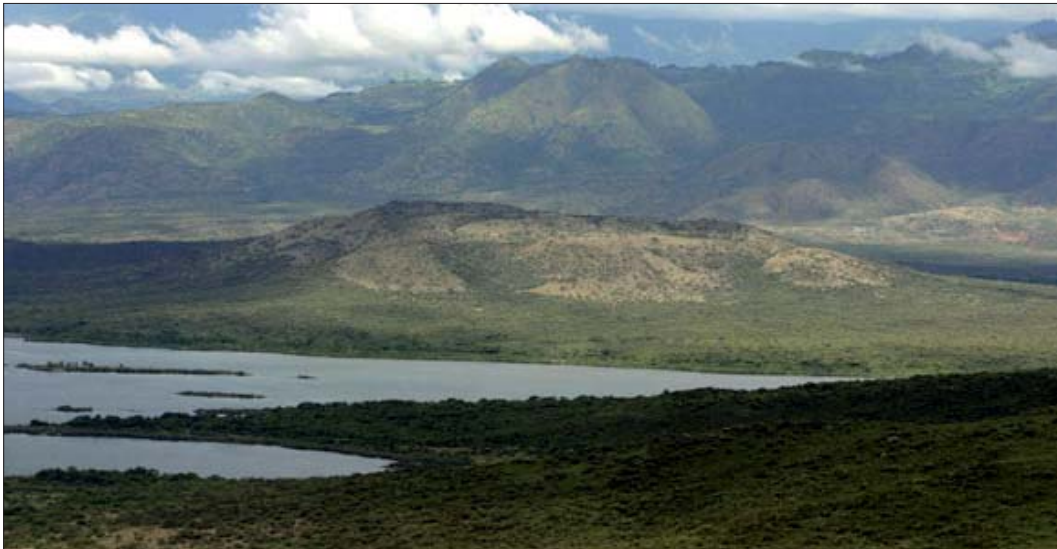
Se cree que el rift, con una elevación de entre 400 y 1.330 metros sobre el nivel del mar, es resultado de las corrientes térmicas que recorren el manto terrestre.

En África, el Gran valle del Rift toca tierras de Etiopía, Kenia, Tanzania y Malawi, partiendo del Mar Rojo. Una serie de lagos etíopes, pequeños y alargados, como el lago Turkana y el Niassa, están directamente sobre la falla.

Hoy día la zona rebosa de vida salvaje, como antílopes acuáticos, búfalos, cebras y flamencos.

Un excepcional rasgo de este valle consiste en que, al contemplarlo, se estará efectivamente viendo la única estructura geológica de la Tierra que también puede verse desde la Luna.

Figura 22: El gran Valle del Rift



Fuente: Elaboración propia

3.4.4. Distribución de los Ríos y Lagos

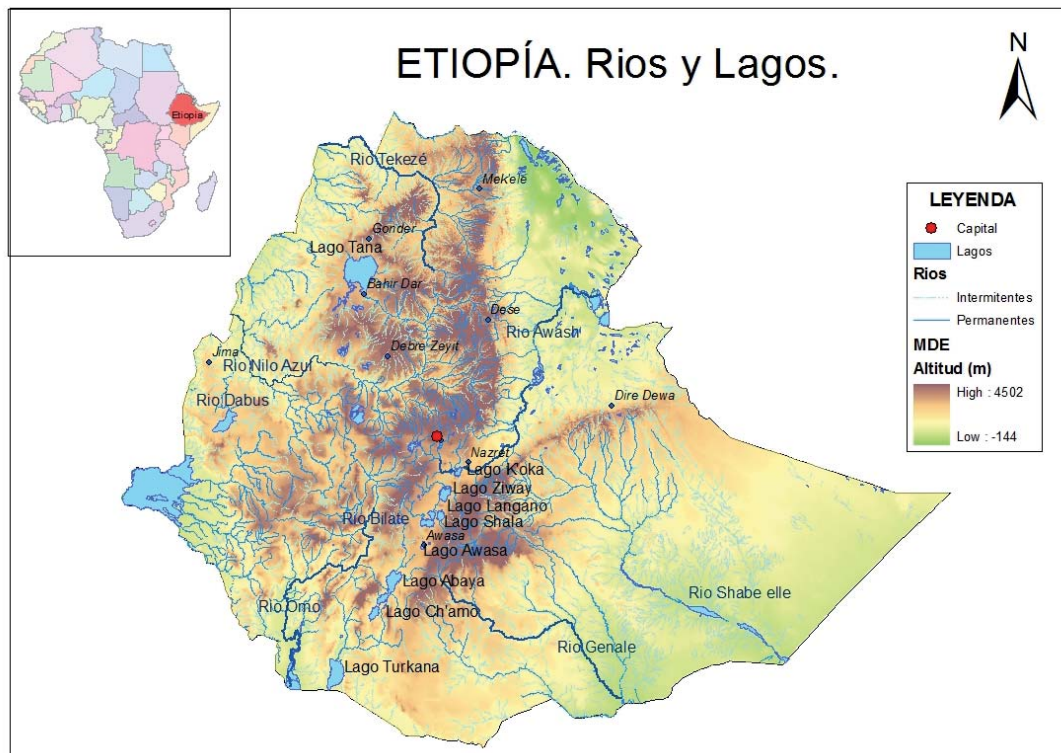
Un factor muy importante a tener en cuenta en la hidrografía del país, es la red fluvial. Está compuesta por los ríos Balas, Abai, Dadessa y Dabus que son las principales fuentes del Nilo Azul; el Takkaze y el Mareb que al confluir forman el Sefit ; y

el Awash, Tug Fafan, Ganale, Shibeli y Yuba. La mayoría tienen un caudal torrencial y cuentan con numerosas cascadas (véase anexo A.3.).

Otro factor también muy importante en la hidrografía del país, son los grandes lagos, como el Lago Tana (el mayor del país), Lago Chamo, Lago Abaya, Lago Shala y el Lago Langana. También existen abundantes fuentes termales situadas al norte de la Llanura de Danakil (véase anexo A.3.).

La siguiente imagen muestra la distribución de los ríos y lagos en Etiopía.

Figura 23: Distribución de los Ríos y Lagos en Etiopía



Fuente: Elaboración propia

En el apartado de Anexos, se dispone de los mapas a escala real.

3.4.5. El Clima

La meseta etíope, o tierras altas de Etiopía, es una de las zonas de mayor altitud media de África. El terreno es principalmente meseta que oscila entre los 1.800 y los 3.000 metros, con algunos picos de las montañas que alcanzan alturas de casi 4572 metros. Debido a las grandes variaciones en la topografía, el clima es variado, influenciada por varios factores.

La elevación es el factor que mayor efecto tiene sobre el clima en la meseta etíope.

Etiopía está situada dentro de la zona tropical, justo al norte del Ecuador y sur del Trópico de Cáncer. Sin embargo, la ubicación tropical y sus efectos son menos pronunciados debido a las elevaciones más altas de la meseta, y a la creación de un clima mucho más templado.

Los vientos monzones anuales que llegan desde el Océano Índico golpean bruscamente las elevaciones más altas de la meseta etíope, creando así una temporada de lluvias en la región a partir de junio a septiembre.

La meseta etíope cuenta con 3 estaciones distintas. La estación seca se produce en los meses de primavera; la temporada de lluvias se presenta en verano, de junio a septiembre; y la temporada de frío se extiende desde octubre hasta febrero.

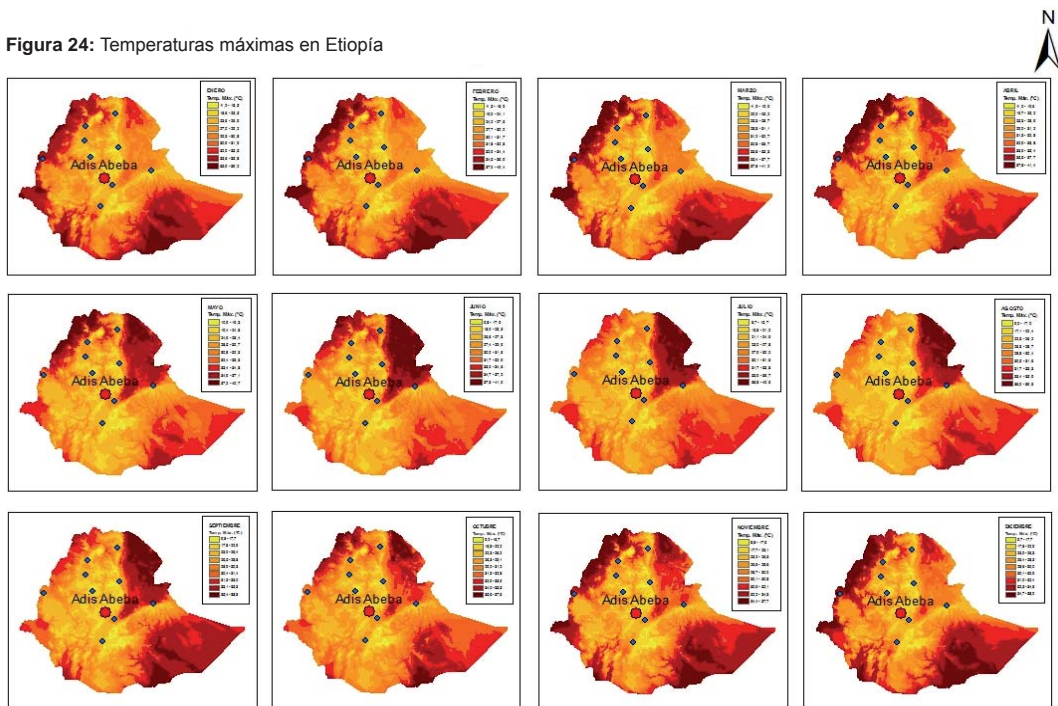
Por lo que respecta a las especies de animales salvajes más grandes de África se encuentran en la mayor parte del país. Estas incluyen jirafas, leopardos, hipopótamos, leones, elefantes, antílopes y rinocerontes. Son comunes el lince, el chacal, la hiena, y varias especies de monos. Las aves rapaces incluyen águilas, halcones y buitres. Se encuentran abundantes garzas, loros y pájaros para caza como agachadizas, perdices, cercetas, palomas y avutardas. Entre la gran variedad de insectos están la langosta y la mosca *tsetsé*. Una serie de especies salvajes está en peligro de extinción, aunque actualmente el 5% de su superficie está protegida y el país ha firmado el Convenio sobre Diversidad Biológica.

3.4.6. Distribución de Temperaturas

Se ha analizado el promedio de las temperaturas máximas, mínimas y medias, de manera mensual, a lo largo del año 2012. En el apartado de Anexos, se dispone de los mapas a escala real.

Temperaturas máximas en Etiopía.

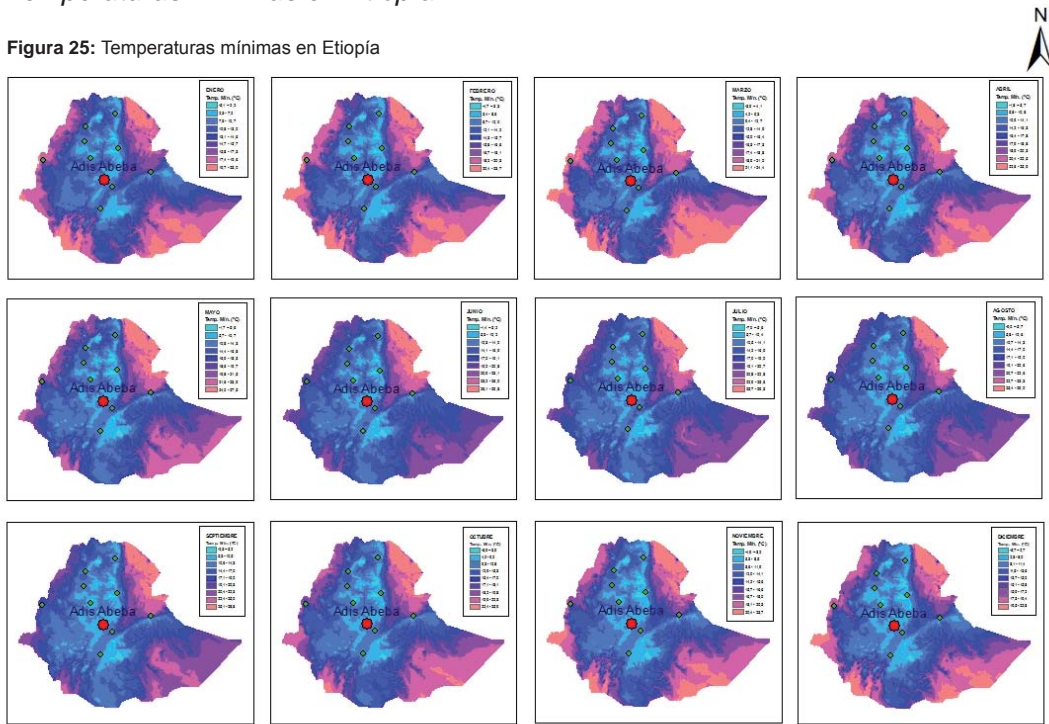
Figura 24: Temperaturas máximas en Etiopía



Fuente: Elaboración propia

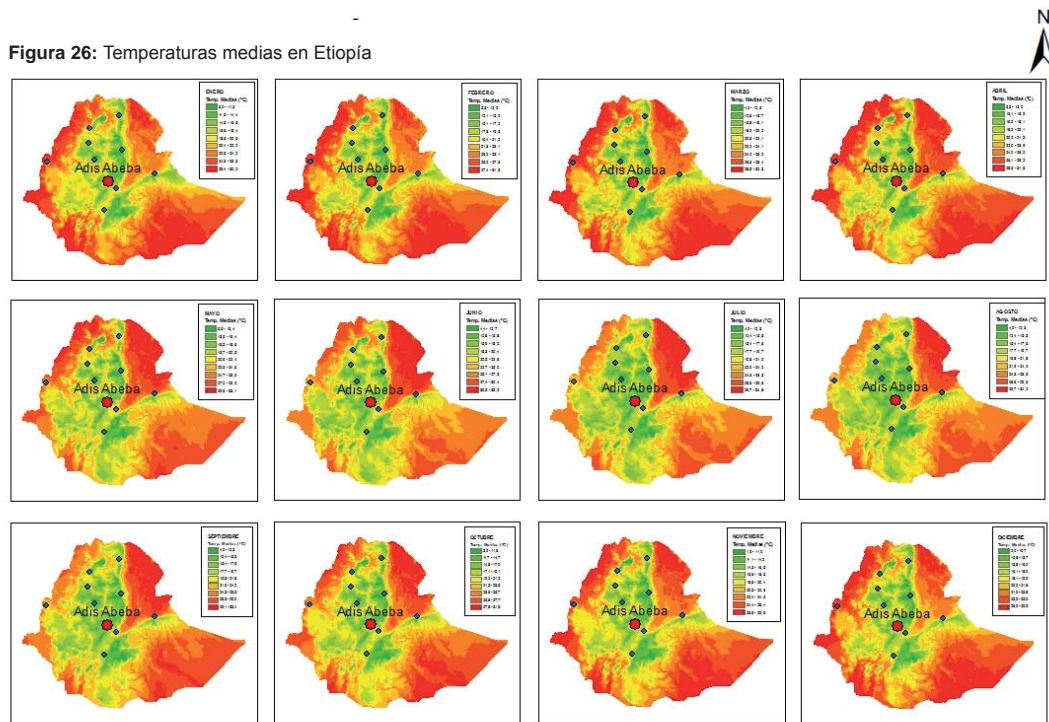
Temperaturas mínimas en Etiopía.

Figura 25: Temperaturas mínimas en Etiopía



Fuente: Elaboración propia

Figura 26: Temperaturas medias en Etiopía



Fuente: Elaboración propia

3.4.7. Distribución de la Precipitación

Deber ser recordado en este punto un principio básico y es que el agua es imprescindible para la vida y el desarrollo humano. Esta obviedad debe mantenerse muy presente a la hora de entender los problemas, las limitaciones y su dinámica de estas comunidades, ya que en este país no existe agua ni en cantidad ni en calidad suficiente para el desarrollo de la vida humana en condiciones aceptables.

Actualmente no existen sistemas de distribución avanzados de agua potable en las poblaciones del medio rural. Por este motivo los recursos hídricos disponibles a lo largo del año se sustentan sobre las precipitaciones de la época de lluvias, constituyendo los lagos la fuente de agua con mayor fiabilidad y durabilidad. Existen otras formas y métodos de acceso al recurso como los pozos de profundidad, los pozos manuales y las charcas o estanques.

La fuerte estacionalidad centra las precipitaciones en los tres meses en los que el agua pasa de ser un recurso escaso a un excedente. Aparece a su vez una alta variabilidad tanto en las fechas de inicio y final como en los volúmenes precipitados. Al terminar la época de lluvias las comunidades deben de afrontar nueve meses sin la seguridad de nuevas precipitaciones significativas con unos sistemas de recogida y almacenamiento primitivos y poco eficientes.

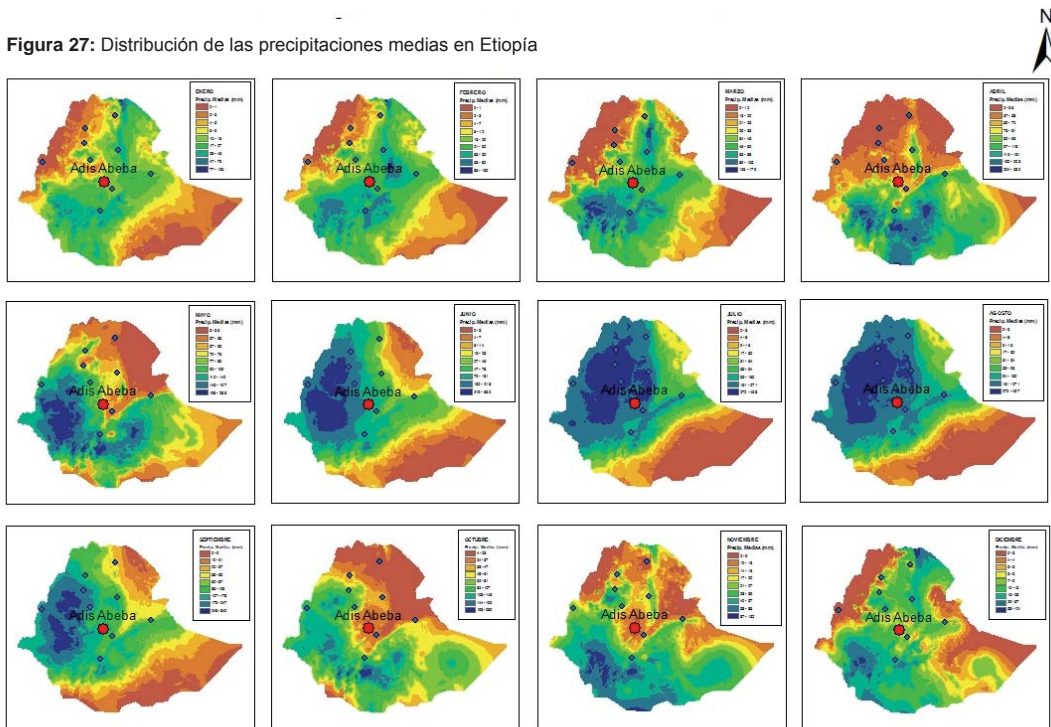
Se ha analizado el promedio de la precipitación, de manera mensual, a lo largo del año 2012.

Las precipitaciones en Etiopía están relacionadas con las temperaturas y la altitud. De este modo, la zona tropical, por debajo de los 1.800 m, tiene una temperatura media anual aproximada de 27 °C y recibe menos de 500 mm anuales de lluvia.

La zona subtropical, que incluye la mayor parte de la llanura elevada y se alza entre 1.830 y 2.440 m sobre el nivel del mar, tiene una temperatura media aproximada de 22 °C con unas precipitaciones anuales que van de 510 a 1.525 mm.

Por encima de 2.400 m se encuentra una zona templada con temperaturas medias de alrededor de 16 °C y unas precipitaciones anuales entre 1.270 y 1.780 mm., tal como muestra la figura a continuación:

Figura 27: Distribución de las precipitaciones medias en Etiopía



Fuente: Elaboración propia

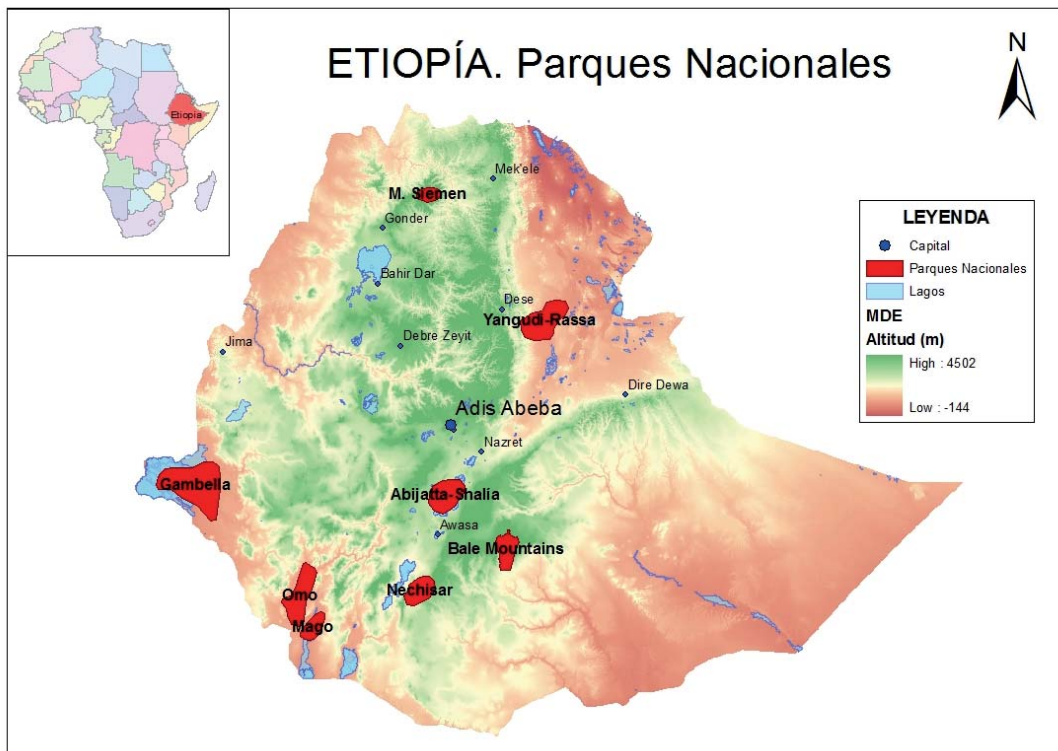
En el apartado de Anexos, se dispone de los mapas a escala real.

3.4.8. Distribución de los Parques Nacionales

En Etiopía existen 8 Parques Nacionales, que ocupan una superficie total de 12.950 Km², lo que supone el 1 % de la superficie total del país. Se incluyen en el análisis por ser considerados grandes reservas de biodiversidad (véase anexo).

La siguiente imagen muestra la distribución de los Parques Nacionales en Etiopía.

Figura 28: Distribución de los Parques Nacionales en Etiopía



Fuente: Elaboración propia

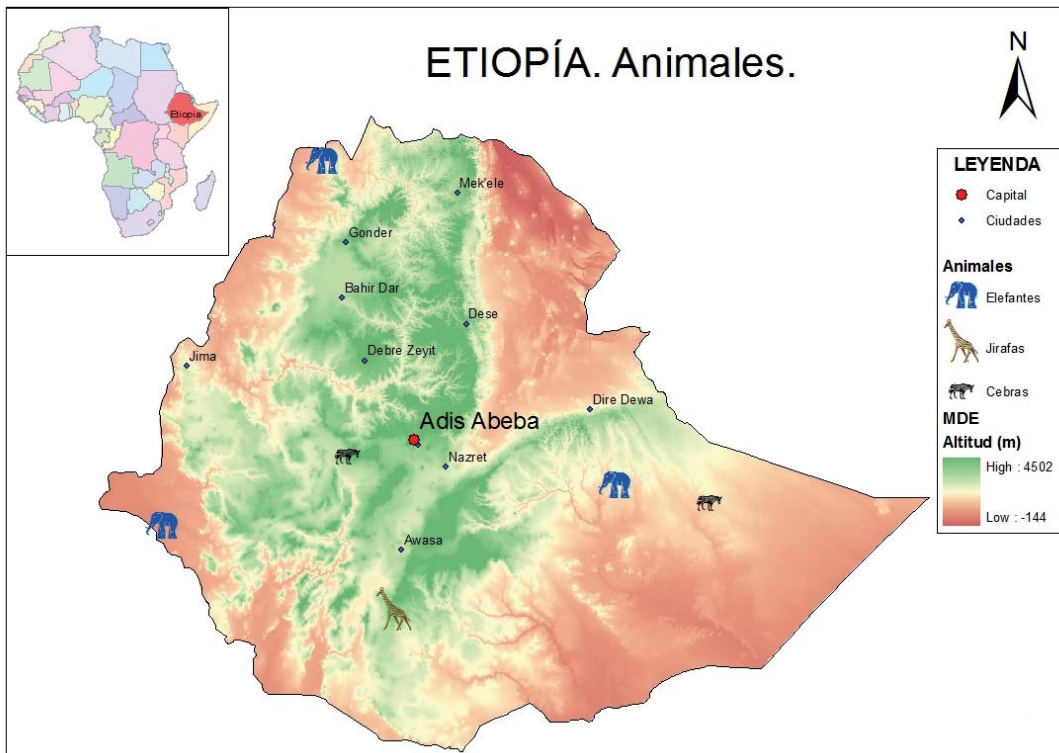
En el apartado de Anexos, se dispone de los mapas a escala real.

3.4.9. Los Animales. Elefantes, Jirafas y Cebras

Como ya se ha explicado con anterioridad, los animales juegan un papel muy importante en Etiopía. Existen multitud de ellos, pero en este apartado, se centra el estudio en 3 de los más importantes por su tamaño y sus efectos sobre el entorno, como son los elefantes, las jirafas y las cebras.

La siguiente imagen muestra la distribución de los animales en Etiopía, donde cada símbolo representa una población alrededor de esa zona, lo suficientemente significativa como para su representación.

Figura 29: Distribución de los animales en Etiopía



Fuente: Elaboración propia

En el apartado de Anexos, se dispone de los mapas a escala real.

3.5. Poniendo nombres a la lucha contra el cambio climático

Las acciones que se pueden llevar a cabo para luchar contra el CC se engloban en dos grandes apartados: adaptación y mitigación.

Tanto la adaptación como la mitigación pueden ayudar a reducir los riesgos del CC para la naturaleza y la sociedad. Sin embargo, sus efectos varían dependiendo del tiempo y el lugar. La mitigación tendrá beneficios mundiales, pero estos serán perceptibles apenas a mediados del siglo XXI aproximadamente. Los beneficios de la adaptación tienen fundamentalmente un alcance de local a regional, y pueden ser inmediatos, sobre todo si estos abordan también las vulnerabilidades a las condiciones climáticas actuales. Debido a estas diferencias entre adaptación y mitigación, las políticas en materia de clima no deben ceñirse a una selección entre adaptarse al CC y mitigarlo. Para enfrentar las vulnerabilidades claves al CC, es necesario lograr la adaptación porque incluso los esfuerzos de mitigación más estrictos no podrán evitar el avance del CC en las próximas décadas. La mitigación es necesaria porque el depender sólo de la adaptación podría conducir finalmente a una magnitud tal del CC para la cual una adaptación eficaz sería únicamente posible a un coste social, ambiental y económico muy elevado.

En los apartados siguientes se examinan cuatro conceptos relacionados con los estudios de adaptación:

- La vulnerabilidad.
- La superación (afrentar o enfrentar).
- La capacidad de recuperación (resiliencia).
- La gestión del riesgo.

En estos apartados se explica que aunque los cuatro términos hacen alusión a propuestas distintas, curiosamente, ni son completamente distintos entre sí ni tampoco son tan diferentes del término adaptación.

La semántica sigue siendo una parte importante de los estudios de adaptación, ya que el término se está abriendo camino en ámbitos en los que antes era desconocido. Más allá del concepto simple de adaptación, los cuatro conceptos que se abordan a continuación permiten la identificación de una definición más concreta

de adaptación. Se sostiene que la adaptación está intrínsecamente ligada a los conceptos de vulnerabilidad y capacidad de recuperación, se solapa mucho con la superación, y tiene similitudes fundamentales con la gestión de riesgos. De hecho, estos conceptos pueden interrelacionarse tanto con la adaptación que el aislamiento y la distinción entre ellos puede ser difícil. Ahí está el foco de estos puntos, ya que las diferencias entre los conceptos son precisamente lo que define en última instancia, la adaptación al CC.

3.5.1. Vulnerabilidad

Originalmente considerada en torno a los riesgos, peligros y dentro del estudio de desastres naturales, el concepto de vulnerabilidad ha ganado una considerable popularidad en los estudios mundiales sobre el CC en la última década (Wisner et al., 2004; Cannon, 2000). Esto se hace patente por el uso frecuente del término en organismos como Naciones Unidas en su Programa de Alimentos¹⁹, o en el índice de vulnerabilidad de la FAO para calcular el impacto potencial de la subida del nivel del mar en las poblaciones y su agricultura²⁰.

Muchos autores manifiestan su preocupación porque el término vulnerabilidad “se utiliza indiscriminadamente” y “está en peligro de convertirse en un término comodín, con su poder analítico e importancia disminuidos”. Muchos autores están poniendo la esperanza en la perspectiva de la “vulnerabilidad” para combatir la pobreza y fomentar el desarrollo: “la vulnerabilidad es una nueva forma de mirar a un viejo problema. En lugar de centrarnos sólo en lo que ha estado yendo mal en el pasado, la vulnerabilidad nos da la oportunidad de hacer las cosas bien para el futuro” (SOPAC Website, 2002). En el contexto del cambio ambiental global, la vulnerabilidad está siendo usada como un factor clave para determinar *quienes* experimentarán los mayores impactos de estos cambios.

No es de extrañar que la vulnerabilidad haya ganado tanta popularidad, a diferencia de cualquier otro concepto, ya que aborda las raíces sociales del riesgo. La vulnerabilidad disfruta ahora de un mayor consenso y una aplicación más específica que la adaptación. Sin embargo, una serie de definiciones de vulnerabilidad han sido propuestas y no todas son equivalentes. Estas definiciones se examinan en la sección

¹⁹ <http://www.wfp.org/index.asp?section=5>

²⁰ <http://www.fao.org/sd/eldirect/elre0049.htm>

siguiente, que también pone de relieve las ideas más recientes acerca de la vulnerabilidad, y examina su relación con el concepto de adaptación.

La dimensión humana, o social, de la vulnerabilidad se expresa de manera explícita a través del uso del término “vulnerabilidad social”, que se define como la vulnerabilidad en términos de individuos y agrupaciones sociales (Kelly y Adger, 2000; Handmer et al. 1999).

Las raíces de la “vulnerabilidad”, tal como se utiliza hoy en día vienen del latín *vulnerabilis*, que era el término utilizado por los romanos para describir el estado de un soldado herido tendido en el campo de batalla (Kelly y Adger, 2000). El término latino *vulnerare* significa “para herir” (Timmerman, 1981). Es útil recordar estas traducciones cuando se utiliza el término vulnerabilidad: aquellos que ya están afectados por factores que están limitando las estrategias de vida exitosas son aquellos propensos a daños por peligros. Desde esta perspectiva, un amplio patrón de factores determina en última instancia la vulnerabilidad, ya que simplemente vivir en una llanura con riesgo de inundación no hace a alguien vulnerable. La vulnerabilidad no viene definida por los desastres, sino por sus causas de origen (Wisner et al., 2004). Vulnerabilidad enlaza el medio físico y los riesgos naturales con los factores socioeconómicos como el desarrollo y la religión. Otra idea fundamental fue articulada por Chambers (1989) quien señala el mal entendimiento del término vulnerabilidad que en ocasiones se utiliza como un sustituto de la pobreza. En su argumento, señala medidas para reducir la pobreza que podrían hacer aumentar la vulnerabilidad, como los préstamos monetarios. Los académicos están de acuerdo en que la vulnerabilidad no es causada únicamente por la pobreza, sino más bien provocada por una “malla compleja de factores” (Kelly y Adger, 2000).

El IPCC define la vulnerabilidad como “el grado en que un sistema es susceptible, o incapaz de hacer frente a los efectos adversos del CC, incluyendo la variabilidad y los extremos climáticos” (Watson et al., 2001). Estas definiciones indican que la vulnerabilidad es una característica que poseen las personas en diversos grados y apuntan a las causas que determinan la equidad. La vulnerabilidad no implica daño o desastre, sino las condiciones en que aumentaría el riesgo de daños y desastres. Simplemente ser “vulnerable”, por tanto, no indica necesariamente que una comunidad esté experimentando efectos adversos.

El enfoque de Amartya Sen ha sido citado por haber sentado las bases para los análisis de vulnerabilidad (Kelly y Adger, 2000; Swift, 1989; Adger, 1996; Ribot, 1996; Sen, 1981) y para “examinar la casuística de una manera sistemática” (Ribot, 1996). El enfoque de Sen enfatiza el grado variable de acceso de las personas a los servicios básicos, incluidos los alimentos, la libertad de expresión, la educación, la tierra o los servicios de salud, que generan inequidad en los grados de vulnerabilidad. Esta característica diferencial de vulnerabilidad también está reflejada en el modelo de Presión y Liberación (PAR, del inglés Pressure and Release) desarrollado por Blaikie et al., donde se muestran las diferencias en la raíz de las causas para determinar el grado en el que las personas son vulnerables. El modelo PAR destaca la desigual distribución de los impactos y es una aproximación útil para la comprensión de la naturaleza compleja de los riesgos y su aplicación en el contexto del desarrollo.

Un ejemplo típico de los distintos impactos del riesgo debidos a los diferentes niveles de vulnerabilidad es la pérdida de vidas y medios de subsistencia después de la interrupción de un ciclón tropical o un huracán en la India o Bangladesh, en comparación con los impactos en Estados Unidos. Mientras que las repercusiones económicas de los impactos serán más altas en Estados Unidos, habrá mayores opciones como los seguros para los ciudadanos más afectados. En Bangladesh, el coste financiero de los impactos puede ser bajo, pero el coste relativo de las personas será mayor, ya que a menudo no tienen seguro ni políticas para reconstruir sus hogares o conseguir el reembolso de sus pérdidas. Aunque los impactos de los desastres se distribuyen de manera desigual, este comportamiento no es azaroso. En este contexto, Dow (1992) define vulnerabilidad como las diferentes capacidades de los grupos y los individuos para hacer frente a los riesgos, en función de sus posiciones físicas y sociales.

Esto indica que la vulnerabilidad es un concepto importante en el desarrollo, la fragilidad socioeconómica y la falta de resiliencia (Cardona, 2004). La importancia de la vulnerabilidad en el contexto del desarrollo es tal que McEntire propone hablar de “desarrollo invulnerable” en lugar de un desarrollo sostenible. Él lo define como el “desarrollo conseguido de tal manera que pueda hacer frente a las vulnerabilidades y de ese modo, disminuir la probabilidad de que el progreso social, político y económico se retrase por el desastre” (McEntire, 2000).

Los académicos son cautelosos para no emplear el término en exceso al describir los medios de vida o comunidades y mencionan el carácter relativo del concepto. Esta advertencia ayuda a destacar la naturaleza fluctuante de la vulnerabilidad, lo que refleja un tono optimista al retener la opción de mejores circunstancias, es decir, reducción de la vulnerabilidad. Sin embargo, la vulnerabilidad es algo que se cuantifica, por ejemplo a través de los índices o mapas, como se mencionó anteriormente. Aunque puede que no sea un estado permanente de cualquier comunidad, en cualquier momento dado la vulnerabilidad puede ser identificada y evaluada. Esto también amplía la definición de la vulnerabilidad de tal manera que puede ser considerada como un componente central de los desastres. Con este razonamiento, los fenómenos extremos no darán lugar a desastres si no existe vulnerabilidad a los peligros. La evolución de las ideas sobre los factores causales de los desastres, ha llevado a los investigadores a considerar el riesgo como una combinación de amenazas y vulnerabilidad, como se discute en el apartado 4.

También es necesario reconocer que la vulnerabilidad no implica la falta total de capacidad de recuperación o capacidad de adaptación a los cambios. Para Chambers, la vulnerabilidad tiene dos partes: “una parte externa, definida en los riesgos, shocks y estrés a la que un individuo u hogar está sujeto, y una parte interna que simboliza la indefensión, es decir, la falta de medios para hacer frente a una amenaza”. Del mismo modo, Davies observa que “la población en los sistemas más vulnerables son más propensos a perseguir estrategias de adaptación, buscando todas las opciones disponibles en todo momento para maximizar el intercambio entre aumentar la resiliencia y reducir la sensibilidad “. Sin embargo, esto no implica que dichas estrategias tengan siempre éxito, y de hecho, es esta falta de éxito la que define la vulnerabilidad. Así, se pone de relieve que las poblaciones más desfavorecidas a menudo tienen un repertorio de respuestas para mejorar sus condiciones inmediatas, aunque éstas no garantizan que la vulnerabilidad global o se vea disminuida a largo plazo. Por lo tanto, las adaptaciones autónomas y las estrategias de supervivencia, aunque pueden ser fallidas, indican al menos que las personas vulnerables no siempre son “víctimas indefensas”. Del mismo modo, algunas personas pueden optar por aumentar su vulnerabilidad a los peligros como consecuencia de tener un mejor acceso a los recursos. Esto podría incluir que viven en terrenos inundables o en un barrio pobre de la ciudad y, por tanto, pudieron haber hecho una elección “menos mala” (PNUD, 2002), un contexto que debe ser tomado en cuenta cuando se trata de abordar la vulnerabilidad.

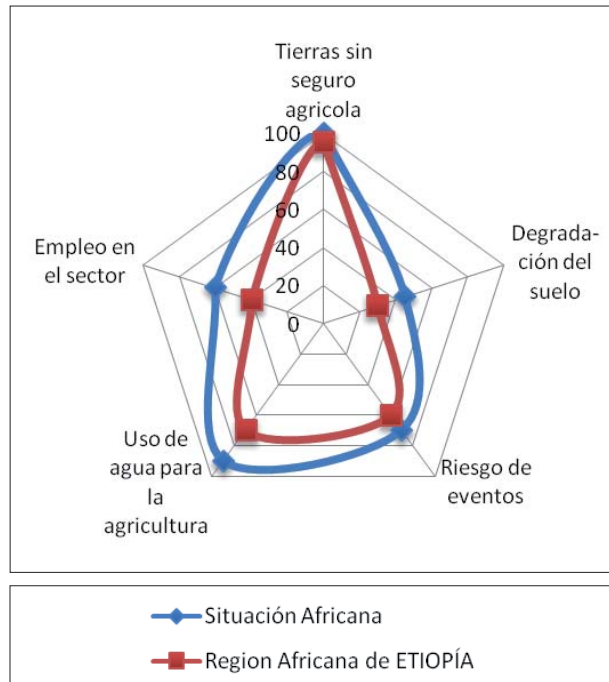
Los debates sobre vulnerabilidad están en clara expansión y el término aparece en nuevas y numerosas disciplinas. Aunque la vulnerabilidad es un concepto útil para cuantificar los impactos de muchos factores sociales e instituciones gubernamentales que afectan al bienestar de los seres humanos, no debe eclipsar otros aspectos del cambio ambiental global. Por ejemplo, también hay que recordar que el CC contribuirá a aumentar los riesgos, ya que en ocasiones viene determinado por los propios desastres naturales. Sin embargo, la vulnerabilidad proporciona un vínculo útil entre clima y políticas de desarrollo, ya que las carencias de las políticas podrán ser reconsideradas en el contexto de la vulnerabilidad al CC. Definir los factores que contribuyen a la vulnerabilidad, por lo tanto, facilitarán posteriormente los procesos de adaptación (Kelly y Adger, 2000). La interpretación de que las personas vulnerables son “víctimas”, contribuye de manera significativa a la construcción de una relación confusa entre los peligros y riesgos, ya que no ayuda a resaltar la importancia de la adaptación. Por lo tanto, es importante definir claramente la vulnerabilidad, reconociendo la capacidad existente.

Factores de vulnerabilidad

Otros indicadores de vulnerabilidad del sector están asociados a variables sociales y productivas, tales como empleo (60% en África), degradación de suelo (45% en África), equidad en la distribución de tierras (60% en África), niveles de riesgo frente a eventos extremos (70% en África), porcentajes de uso de agua y sistemas de riego (90% en África) y el grado de cobertura de tierras sin seguros agrícolas (100% en África). Al analizar estos factores, se observa que Etiopía se encuentra en un nivel de vulnerabilidad mayor al promedio africano en varios de estos factores. Así por ejemplo, en el país no existe prácticamente cobertura de seguros agrícolas (95% en Etiopía); el porcentaje de uso de agua en la agricultura alcanza un promedio de la zona de Etiopía del 70%; y el índice de riesgo de exposición a eventos extremos alcanza el 60%, ligeramente inferior al del resto de la región

En la siguiente figura se puede apreciar la situación de vulnerabilidad de la región africana de Etiopía, con respecto a la situación africana en general.

Figura 30: Factores de vulnerabilidad de África, respecto a Etiopía



Fuente: Elaboración propia

Respecto a la incidencia de la degradación de suelos es particularmente importante el proceso de erosión de suelos, producido en buena parte por la expansión de la frontera agrícola como una forma o mecanismo de incremento de la producción, en lugar de mejoras de productividad con adecuado manejo de tecnologías y consideraciones ecosistémicas, lo que ha derivado en una alta incidencia del fenómeno “erosión” respecto al total del territorio nacional.

Figura 31: Factores determinantes de la vulnerabilidad de los sistemas al CC



Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Afrontar

A pesar de la vulnerabilidad, las personas no son víctimas indefensas y las comunidades pueden al menos por un tiempo, mantener la capacidad de responder con éxito a los peligros. Las respuestas a una determinada situación negativa se denominan “afrentar” o “enfrentar”. Cabe mencionar que hay muy poca literatura en castellano sobre este concepto, de ahí las dificultades para encontrar el término español para denominar el verbo inglés “to cope”.

Afrontar a menudo se usa como sinónimo de adaptación (Fankhauser, 1998), sin embargo, las medidas de enfrentamiento se consideran generalmente de corta duración y para evitar peligros inmediatos, no se “adaptan” a las amenazas o los cambios continuos o permanentes. El IPCC sugiere un “rango de enfrentamiento” que se define como la “variación de los estímulos climáticos que un sistema puede absorber sin producir impactos significativos” (IPCC WG II, 2001). Esta definición indica que existen límites para hacer frente, lo que implica que si se traspasan, el sistema podría desestructurarse.

En el contexto del CC, el enfrentamiento no es una solución sostenible en el tiempo sino más bien una respuesta puntual. Sin embargo, las estrategias de enfrentamiento se consideran como parte de las opciones para responder a eventos y amenazas por parte de comunidades y personas pobres (Ahmad y Ahmad, 2000; Burton et al. 1993; Chambers, 1999; Ribot, 1996) y no son llevadas a cabo arbitrariamente (Corbett, 1998).

La investigación sobre las respuestas de enfrentamiento suelen abordar la SA, en particular, en el contexto de la sequía y la estacionalidad, observándose que hay cierta “confusión conceptual” entre afrontamiento y adaptación (Davies, 1996). Para algunos, las estrategias de afrontamiento pueden contribuir a los procesos de iniciación a la adaptación a los riesgos, de tal manera que las acciones de afrontamiento finalmente formen parte del comportamiento “normal”, pese a sus diferentes escalas temporales.

En la actualidad, las acciones de afrontamiento son difíciles de distinguir de las medidas de adaptación (Davies, 1996). Es por esta razón por la que algunos consideran que las estrategias de afrontamiento son una base potencial para el desa-

rollo de medidas de adaptación. Sin embargo, queda claro que el afrontamiento y la adaptación son simplemente dos maneras diferentes, aunque relacionadas, de responder al riesgo que no se pueden intercambiar. No existen listas específicas de medidas clasificadas en de adaptación o de afrontamiento, por lo que en muchos casos, las medidas podrían ser de ambos tipos dependiendo de una u otra circunstancia, como por ejemplo la migración. Esta, según el ambiente, podría ser o bien una adaptación o bien una medida en respuesta al riesgo extremo (Adger, 2000a). La explicación es una adaptación a la estacionalidad, donde los agricultores pasan parte del año en un lugar y el resto del año en otro, en un esfuerzo por diversificar sus medios de subsistencia. Sin embargo, la migración puede ser considerada una estrategia de afrontamiento cuando es temporal, por ejemplo, cuando hay una sequía y los grupos abandonan sus hogares en busca de comida o de empleo. En este caso, las consecuencias a largo plazo pueden incluso aumentar la vulnerabilidad, por ejemplo, si sus casas son invadidas durante su ausencia o poseen sus tierras. Sin embargo, pese a las potenciales consecuencias negativas, no responder frente a un peligro, sin duda, tiene efectos adversos garantizados. Por tanto, se afirma que una combinación de estrategias de afrontamiento y adaptación es la mejor opción y puede optimizar “el equilibrio entre la reducción de la sensibilidad y el aumento de la resiliencia” (Davies, 1993). El propósito de la mayoría de las actividades de afrontamiento llevadas a cabo no es adaptarse a las nuevas condiciones, sino más bien superar una situación adversa determinada.

En resumen, si bien la sostenibilidad y las diferencias en las escalas de tiempo hacen diferentes a la adaptación del afrontamiento, es el hecho de que las estrategias de afrontamiento no implican ningún ajuste a las nuevas condiciones a largo plazo, lo que distingue los dos tipos de respuesta.

3.5.3. Resiliencia

La resiliencia se utiliza a menudo como el resultado de un proceso ideal de adaptación y en este sentido, se considera una propiedad deseable en la gestión ambiental, que contribuye a la reducción de la vulnerabilidad. Sin embargo, los investigadores no están de acuerdo sobre si la resiliencia es útil para discutir la adaptación y la reducción de la vulnerabilidad. Algunos puntos de vista sostienen que existen dife-

rencias significativas entre los dos conceptos y que no se pueden utilizar de forma intercambiable (Klein et al. 2004). En esta corriente de pensamiento, la resiliencia se considera un concepto poco útil para entender la adaptación. En esta sección se examinan las diferentes perspectivas con respecto a la adaptación, en un esfuerzo por entender cómo resiliencia y adaptación están relacionados.

La resiliencia tiene sus raíces en la ecología. En el contexto del cambio ambiental global y los desastres naturales, la resiliencia determinaría la forma en que se experimentarían los impactos.

Generalmente, la resiliencia tiene dos aplicaciones diferentes para los sistemas ecológicos y su presencia empieza a ser importante en las discusiones sobre los sistemas sociales. La resiliencia puede referirse tanto a la medida en que un sistema es capaz de absorber los efectos adversos de una amenaza como al “tiempo de recuperación” que necesita después de una perturbación. En este sentido, los sistemas altamente elásticos se caracterizan por su capacidad para soportar a pesar de la alta tensión o por su capacidad de “recuperarse” rápidamente. El concepto de resiliencia de los sistemas humanos a los cambios ambientales se introduce a través de la resiliencia ecológica (Adger, 2000a; Peterson, 2000). En particular, el trabajo de Holling (1973) en esta materia ha sido la fuente de mucha de la erudición contemporánea y su grupo Resilience Alliance²¹ continúa trabajando en el perfeccionamiento de la definición de resiliencia. Para Holling y sus colegas, la resiliencia es una medida de la capacidad de los sistemas de absorber los cambios y todavía seguir adelante: “La resiliencia determina la persistencia de las relaciones dentro un sistema y es una medida de la capacidad de estos sistemas para absorber los cambios de variables de estado y parámetros y seguir existiendo” (Holling, 1973). Desde esta perspectiva, la resiliencia puede ser descrita como un mecanismo de absorción o un amortiguador. Otra forma de evaluar la resiliencia ecológica consiste en cuantificar la rapidez con la que un sistema vuelve al equilibrio después de una perturbación, describiéndose para los sistemas sociales y económicos, como la medida en que los sistemas son capaces de recuperarse del estrés y el shock (Klein y col. 1998). Aunque muchos estudios apoyan la visión de Norgaard (1994) de que hay una fuerte correlación entre los sistemas sociales y ecológicos, particularmente en el contexto de los cambios ambientales, otros cuestionan si la resiliencia es una característica

²¹ The Resilience Alliance. Su website es: <http://www.resalliance.org/>

deseable en un entorno en permanente cambio, ya que observan que la adaptación es un objetivo más sólido y sostenible (Klein et al. 2004).

No obstante, también hay quienes piensan que el aumento de la resiliencia puede aumentar posteriormente la vulnerabilidad (Smit, 1993). Esta visión sostiene que la resiliencia es distinta de la adaptación y no debería ser una característica deseable de la respuesta al CC. Cuando se compara con la adaptación, la resiliencia se distingue en que simplemente implica volver al equilibrio después de una perturbación. La adaptación no trata de devolver el sistema a un equilibrio, y como tal, hace hincapié en baja vulnerabilidad a través de un estado de equilibrio. Por lo tanto, resiliencia significa que un sistema es capaz de sobrevivir a una interrupción, pero esto no garantiza que el sistema no va a experimentar un daño considerable antes de volver al equilibrio. En el contexto del CC, donde las condiciones pueden sufrir grados de fluctuación muy variables, un sistema flexible que es capaz de volver al equilibrio tras una determinada transformación, puede no ser beneficioso, debido a que muchas otras variables pueden haber cambiado también. La resiliencia también se ha definido como volver al estado original de un sistema, antes incluso de la perturbación. Desde esta perspectiva, los sistemas resilientes no necesariamente siguen cambiando o evolucionando una vez que han recuperado su estado de equilibrio, por lo que según esto el término resiliente difiere claramente de la adaptación, que se contempla como un proceso, en lugar de un resultado puntual.

Una metáfora para entender fácilmente la relación entre adaptación, resiliencia y vulnerabilidad, sería comparar la aptitud de un determinado objeto al ser embestido por una ola en el océano. Un objeto resiliente, sobreviviría a la ola y permanecería intacto en el lugar donde estaba antes de que la ola llegase, mientras que un objeto adaptado, se situaría en la cresta de la ola, y mantendría su estado original de bienestar, o posiblemente incluso mejoraría este estado. Un objeto vulnerable, por otra parte, podría hundirse o ser destruido por la ola. Riebsame (1991) señala que tener capacidad de adaptación es “ser capaz de cambiar de forma y función notablemente en las nuevas condiciones”, mientras que ser resiliente significa que un sistema probablemente mantendrá las operaciones “normales” a través de otras ayudas “. En el ejemplo de ola de mar, si el nivel del mar se eleva de forma permanente, el objeto resiliente tendrá que luchar para adaptarse. Esto implica que únicamente siendo resiliente al CC, no se puede conseguir la flexibilidad suficiente para la adaptación

apropiada. Como muestra de ello, Lélé proporciona un ejemplo útil de una distinción entre la adaptación y la resiliencia: “un sistema agrícola puede ser resistente a las sequías ocasionales, pero puede no ser capaz de adaptarse a un cambio global hacia un régimen climático más seco” (1998). Es decir, si el clima se vuelve muy seco, un sistema que es resistente a través de riego sólo sería viable durante un determinado tiempo. Sin embargo, un sistema adaptado funcionaría en un clima más seco sin necesidad de riego adicional (Liverman, 1999).

En resumen, a pesar de que muchos igualan resiliencia con capacidad de adaptación, estas siguen teniendo dos objetivos diferentes. Por lo tanto, la adaptación puede ser vista como un proceso de un sistema de adaptarse a las nuevas condiciones, impredecibles, mientras que la resiliencia permite que un sistema siga siendo viable en la nueva condiciones, pero esta viabilidad se basa en los parámetros determinados por el equilibrio anterior. Por lo tanto, en el contexto de una perturbación continua como el CC, un sistema resiliente puede no ser tan beneficioso como uno adaptado.

3.5.4. Gestión de Riesgos

La gestión de riesgos significa tomar acciones para minimizar los riesgos y se utiliza no solo en lo que respecta a las amenazas naturales, sino también en muchos otros tipos de riesgos, incluidos los financieros, la salud, la seguridad biológica, la agricultura, y los riesgos de suministro de energía (Hay, 2002). En el contexto del CC, la gestión de riesgos tiende a ser la expresión utilizada por los que señalan como perspectiva principal el impacto de los peligros derivados del cambio ambiental y su gestión, como los desastres naturales, mientras que los responsables políticos y los investigadores, tienden a hablar de la adaptación (PNUD, 2012). En general, el término adaptación se usa para referirse al comportamiento de plantas y animales en respuesta a los cambios ambientales y la gestión del riesgo para indicar cómo los humanos responden a esos cambios. Si bien es cierto que en algunos aspectos, la adaptación puede ser considerada un tipo de gestión de riesgos, este último término también engloba numerosos procesos que no son completamente adaptativos, por lo que en las siguientes líneas se explica más detalladamente en qué consiste la gestión de riesgos.

La razón por la que la gestión de riesgos y la adaptación se consideran a menudo lo mismo, en las dos perspectivas distintas de la visión de riesgo (riesgos y peligros y

el CC), es porque estos grupos han sido hasta hace poco muy diferentes. La labor ahora es unir los dos grupos para abordar la adaptación, la reducción de desastres y las respuestas al CC (PNUD, 2012).

Las diferencias entre la adaptación y la gestión de riesgos reflejan que existen diferencias fundamentales en los dos grupos, más allá de la semántica. La gestión del riesgo con respecto a los peligros naturales se refiere a menudo como la gestión del riesgo ambiental, que se define como “el proceso de identificar, evaluar, seleccionar e implementar acciones para reducir el riesgo para la salud humana y para los ecosistemas” (Jones, 2001). Se consideran generalmente estrategias reactivas (en respuesta a algo) y no pasivas. A diferencia de los otros conceptos tratados hasta ahora, la gestión de riesgos se ve sobre todo como una herramienta de gestión de políticas. A menudo, la gestión de riesgos es el primer paso en el reconocimiento de que los riesgos y la incertidumbre ante sus impactos, se deben de tener en cuenta en la planificación. El enfoque de la gestión de riesgos, por lo tanto, reconoce específicamente las acciones que se pueden llevar a cabo para reducir el riesgo y plantea que las personas en situación de riesgo no son “víctimas”.

Un ejemplo concreto de cómo la gestión del riesgo se diferencia de la adaptación es la alerta temprana, que es una herramienta común de la gestión de riesgos. La alerta temprana incluye “la prestación de información oportuna y eficaz, a través de instituciones identificadas, que permiten a los individuos expuestos a un peligro, a tomar medidas para evitar o reducir el riesgo y prepararse para una respuesta eficaz” (EIRD, 2003b). Por lo general, implica el seguimiento y la notificación de eventos peligrosos. Los sistemas de alerta temprana se aplican tanto a fenómenos meteorológicos puntuales, como los huracanes o los tornados, como a fenómenos de evolución lenta como la sequía e incluso la desertificación o para detectar condiciones que propician el hambre en zonas desfavorecidas. Mientras que la alerta temprana es esencial para la generación de medidas preventivas para responder a los riesgos, no puede considerarse en sí una adaptación directa. Esto es debido a que la acción resultante (la advertencia), no garantiza que la información se utilice para reducir el riesgo, e incluso si se utilizara correctamente, no garantiza la reducción de la vulnerabilidad. El riesgo, en ocasiones, no puede ser literalmente “gestionado”, lo que indica que la gestión del riesgo es más un concepto práctico que una estrategia a largo plazo para la adaptación a los cambios permanentes en el entorno.

3.6. Capacidad de adaptación

3.6.1. Definición de adaptación

Adaptar se define como “hacerse o llegar a ser adecuado para un nuevo uso o situación”. En el contexto específico del CC, la adaptación exige tener medidas para adaptarse a un nuevo conjunto de atributos climáticos, ya sea generando nuevas medidas o cambiando los parámetros de las ya existentes. La definición nos dice que estas acciones pueden ser deliberadas (“hacerse”) o automáticas (“llegar a ser”): esto es, pueden ser impuestas dentro de una planificación premeditada o pueden llevarse a cabo sin marcos de políticas específicas para su aplicación.

Desde la década de los 70, según artículos académicos, se aprecia como la tendencia para mitigar los efectos del CC responde más a la primera conducta (acciones deliberadas) que a la segunda. Del mismo modo que la creencia de que el ser humano estaba a merced del medio ambiente ha sido sustituida por la idea de que el impacto humano negativo sobre el medio ambiente es una causa de riesgo también para los propios seres humanos, el concepto de adaptación al CC ha dejado de interpretarse como una función natural de animales y plantas con el objetivo de ajustarse a nuevas circunstancias ambientales, para ser visto como un instrumento que define nuevas líneas políticas que garantizan el desarrollo sostenible, reducen la vulnerabilidad y minimizan los riesgos para los seres humanos producidos por el CC.

Una definición amplia de adaptación es “todos los cambios en un sistema, en comparación con el propio sistema en origen, que reducen los efectos adversos del CC “ (Füssel y Klein, 2002). Una definición más específica sería la propuesta por el IPCC, que sugiere que adaptación significa “cualquier ajuste en los sistemas ecológicos, sociales o económicos en respuesta a los estímulos climáticos reales o esperados y sus efectos o impactos “(Smit y Pilifosova, 2001). Esta definición hace referencia tanto a la adaptación anticipada como a la reactiva y por lo que se refiere a terminología, tanto a CC como a variabilidad climática. Otra definición aún más concreta sería “Cualquier ajuste, ya sea pasivo, reactivo o de anticipación, que se propone como un medio para mejorar los efectos adversos anticipando consecuencias asociadas con el CC “(Smit et al. 2000). Esta definición incluye la referencia a los diferentes tipos de adaptación y hace hincapié en que la adaptación es una medida adoptada para mejorar una situación.

En resumen, hay muchas definiciones de adaptación que se centran en diferentes conceptos (vulnerabilidad, resiliencia, fenómenos extremos y variabilidad climática y componentes de estudio de los diferentes impactos del CC), que se resumen en la Tabla 4. Aunque muchos académicos prefieren la definición del IPCC, es evidente que son numerosas las posibles acepciones de adaptación que actualmente se utilizan. El IPCC señala que la adaptación es tanto el “proceso de adaptación” como la “condición de adaptarse” (Smit y Pilifosova, 2001). Este doble significado forma parte del legado de las primeras ideas de la comunidad sobre el CC, donde la adaptación se consideró la acción para “después de” y la mitigación era considerada la medida de “antes”. En consonancia con estas ideas, se adoptó un enfoque “post-evento” donde no se consideraban ni los efectos de los factores socio-económicos ni la vulnerabilidad a los impactos del CC.

Como se desprende de lo anterior, la adaptación todavía es un fundamento abierto a debate y sigue siendo interpretado de manera amplia. Uno de los métodos que los investigadores han empleado para distinguir los diferentes tipos de adaptaciones es clasificándolos en función de su ámbito de aplicación, tal como se detalla en la siguiente sección.

Tabla 10: Compendio de definiciones de Adaptación

Compendio de definiciones de Adaptación	
Fuente	Definición
Füssel y Klein, 2002	Todos los cambios en un sistema, comparados con su origen, que reducen los efectos adversos del CC
Downing et al., 1997	Adaptación es sinónimo de “Downstream coping”
IPCC, 2001	Ajustes en los sistemas ecológicos, sociales o económicos en respuesta a estímulos actuales o esperados y sus efectos e impactos. El término se refiere a cambios en procesos, prácticas o estructuras para moderar o mitigar daños potenciales o aprovechar las oportunidades derivadas del CC. Incluye ajustes para reducir la vulnerabilidad de comunidades, regiones y actividades al CC y la variabilidad.
Stakhiv, 1993	Significa cualquier ajuste, tanto pasivo como reactivo o anticipado, que sirve para paliar las consecuencias adversas del CC
Burton, 1992	Adaptación es el proceso por el que el ser humano reduce los efectos del CC en su salud y bienestar y aprovecha las oportunidades que produce el entorno climático
Pielke, 1998	Se refiere a los ajustes en el comportamiento individual, colectivo o de las instituciones para reducir la vulnerabilidad de la sociedad al CC
Burton et al., 1998	Se refiere a todas las respuestas al CC que pueden ser usadas para reducir la vulnerabilidad
Smit, 1993	Incluye ajustes que faciliten la viabilidad de las actividades sociales y económicas, reduciendo su vulnerabilidad al CC, la variabilidad actual y los fenómenos extremos
Scheraga y Grambsch, 1998	Las acciones de adaptación son aquellas llevadas a cabo para aumentar la resiliencia de los sistemas vulnerables, reduciendo los daños a los sistemas humanos y naturales fruto del CC
Rennie y Singh, 1996	Las vías en que personas, familias y comunidades han cambiado sus actividades productivas y modificado sus normas e instituciones en respuesta a la vulnerabilidad, a fin de satisfacer sus necesidades de subsistencia

Fuente: Elaboración propia

3.6.2. Tipologías de adaptación

Numerosos estudios han tratado de clasificar los tipos de adaptación en diferentes categorías o tipologías, mostrando así la variedad de acciones que pueden englobarse dentro del concepto de adaptación. Las tipologías pueden ser consideradas tanto para contribuir a la identificación de los parámetros o atributos de adaptación como para crear el marco conceptual para los estudios de adaptación. Las tipologías generalmente discutidas en los estudios de adaptación se basan en diferentes características adaptativas, tales como: “intencionalidad”, “sincronización”, “ámbito temporal”, “ámbito espacial”, “función / efectos”, “forma” y “rendimiento” (Smit et al. , 1999). El estudio de Smit et al. contiene la más amplia revisión de las tipologías de adaptación y es rebatido por el IPCC TAR (Smit y Pilifosova, 2001). Otros estudios, detallados en la sección siguiente, también han contribuido a la descripción de las tipologías. La distinción entre las tipologías puede ser clara en la teoría, pero en la práctica es mucho más difícil de aplicar, por lo que en este apartado se presentan los marcos de adaptación prevalentes en la literatura. Estas tipologías han sido elaboradas en el contexto específico del CC. Las tipologías son revisadas y resumidas en la Tabla 11.

Los conceptos de adaptación *autónoma* y *planificada* son, quizás, las características más importantes para la propuesta de una política climática, ya que distinguen entre el “no hacer nada” y el “implementar políticas”. De este modo, la adaptación autónoma se produciría sin ningún estímulo externo y por lo tanto, está incluida en el contexto de “no hacer nada”, aunque no se clasificaría como el opuesto directo de la adaptación planificada, ya que no se estima que la adaptación sea totalmente no planeada o inconsciente. A lo que se refiere el término adaptación autónoma, es que un sistema es capaz de llevar a cabo la adaptación sin la intervención de leyes o políticas. Un ejemplo es un ajuste en el tipo de cultivos plantados en base a la experiencia de los años anteriores: aquellos cultivos que fueron los más exitosos durante inundaciones o sequías, tendrán preferencia sobre los que no podían hacer frente a los excesos o falta de agua.

El siguiente conjunto útil de tipologías es adaptación *anticipada* o *reactiva*. Fankhauser et al. (2002) destacan esta distinción como particularmente importante, ya que determina cuándo se llevara a cabo la acción de respuesta. La adaptación reactiva se lleva a cabo en respuesta a los efectos observados y también puede ser

descrita como “en respuesta” o “ex post”. Por el contrario, la adaptación anticipada es una medida adoptada antes de que los impactos sean observados, también denominada “proactiva” o “ex ante”. Un ejemplo es la construcción de un puente en una zona costera a una altura de un metro por encima del punto más alto para el nivel del mar, para evitar tener que levantarlo debido a un posible aumento del nivel del mar a consecuencia del CC. Tanto la adaptación anticipada como la reactiva suceden en los sistemas humanos, mientras que en los sistemas naturales solo encontramos adaptación reactiva (Klein, 2003). Klein también distingue entre adaptación *privada* y *pública*, correspondiendo en gran medida la privada con la adaptación autónoma y pública con la adaptación planificada. La adaptación privada serían generalmente medidas adoptadas en beneficio del propio actor que las lleva a cabo (Smit y Pilifosova, 2001). Por ejemplo, la compra de aire acondicionado para hacer frente a las altas temperaturas sería una adaptación reactiva y privada, mientras que los sistemas de alerta temprana serían una adaptación anticipada y pública. Claramente, la incertidumbre en la manera en la que se van a producir los impactos derivados del CC puede ser un impedimento para la adaptación anticipada y, especialmente, en el caso de las medidas públicas, donde puede haber un coste mayor de implementación que en los sistemas privados. Además, la adaptación anticipada no garantiza que no se produzcan impactos. Una vez más, la distinción entre los dos tipos de adaptación no es fácil de hacer en la práctica, ya que la mayoría de las acciones que se llevan a cabo se basan tanto en el conocimiento de la variabilidad actual como en la preocupación por los futuros cambios y por lo tanto deben considerarse tanto reactivas como anticipadas (Fankhauser et al. 1999).

Las medidas de adaptación también se distinguen en base a la escala de tiempo y su duración. En este caso, la adaptación puede ser táctica o estratégica (Smit et al. 1999). La adaptación táctica sucede a corto plazo (diaria o semanalmente) en respuesta a los estímulos inmediatos y las acciones estratégicas abarcan una visión más a largo plazo.

Otras distinciones de adaptación incluyen las basadas en la escala espacial, donde la adaptación puede ser localizada o extendida (Smit et al. 1999). Otros autores sugieren la adaptación nacional o internacional como tipologías a tener en cuenta (Fankhauser, 1998; Smit, 1993). Smit también distingue entre las estrategias de adaptación que actúan como *resistencia* y las que facilitan el cambio hacia un nuevo

estado. Él describe la resistencia como una estrategia que protege los sistemas de perturbaciones ambientales y por otra parte, la estrategia hacia el cambio como una adaptación basada en “seguir la corriente”.

Tabla 11: Resumen de tipologías de Adaptación

Tipologías de Adaptación		
Tipología	Término descriptivo principal	Términos Adicionales/Alternativos
Intencionalidad	Planeada	Pública, A propósito, Intencionada, Política, Activa o Estratégica
	Autónoma	Privada, Espontánea, Pasiva, Natural, Intencionada o Automática
Ámbito Temporal	Reactiva	En respuesta o <i>ex post</i>
	Anticipada	Proactiva o <i>ex ante</i>
Duración	Estratégica	A largo plazo o Acumulativa
	Táctica	A corto plazo, Instantánea, Contingente o Rutinaria
Localización	Localizada	Nacional
	Extendida	Internacional

Fuente: Elaboración propia

3.6.3. Conceptos relacionados con adaptación

Los dos conceptos que están directamente relacionados con la adaptación y son frecuentemente usados al hablar o evaluar los procesos de adaptación son la capacidad de adaptación y la inadaptación. Tanto la capacidad de adaptación como la inadaptación están determinadas por la definición de la adaptación, por lo que una breve discusión sobre el significado de estos dos conceptos es útil para comprender el alcance de la teoría de la adaptación al CC.

Capacidad de Adaptación

De acuerdo con el IPCC, la capacidad de adaptación se define como “la habilidad de un sistema para adaptarse al cambio climático (incluyendo la variabilidad del clima y los fenómenos extremos) moderando los daños potenciales, aprovechando las oportunidades o haciendo frente a las consecuencias” (IPCC WG II, 2001).

La capacidad de adaptación es considerada como una de las características de un sistema que influirá en la sucesión y naturaleza de las adaptaciones (Smit et al. 2000). Otras características son la sensibilidad, vulnerabilidad, susceptibilidad, rango de tolerancia, niveles críticos, estabilidad, robustez, resistencia y flexibilidad (Smit et al. 2000). Algunos autores sostienen que la capacidad de adaptación es “muy limitada en el campo del cambio climático” (Smit y Pilifosova, 2001), por lo que los estudios recientes se han dirigido a la identificación de qué factores determinan la capacidad de adaptación de un sistema (Adger et al. 2004). El IPCC identifica algunos de estos factores principales como la riqueza económica, la tecnología, información y conocimientos, la infraestructura, las instituciones y la equidad (Smit y Pilifosova, 2001). Los países en vías de desarrollo son a menudo los que poseen menor capacidad de adaptación, ya que tienden a tener un bajo acceso a la tecnología, poco grado de desarrollo de las instituciones sociales, así como una mayor dependencia del clima.

En estos casos, la capacidad de adaptación se considera inversamente relacionada con la vulnerabilidad, lo que apoya la teoría de que la capacidad de adaptación de un sistema determina su vulnerabilidad, y de hecho sirve de enlace entre la adaptación y la vulnerabilidad. Por lo tanto, se supone que una sociedad con alta capacidad de adaptación tendrá una adaptación exitosa y una baja vulnerabilidad al cambio climático.

Por otra parte, el IPCC señala que “la capacidad de adaptación para hacer frente a los riesgos del clima está estrechamente relacionada con el desarrollo sostenible y la equidad” (Smit y Pilifosova, 2001). De esta manera, proponen que el estado de desarrollo es un factor determinante de la capacidad de adaptación. El IPCC compara el proceso de mejorar la capacidad de adaptación con el de promover el desarrollo sostenible y esboza una serie de requisitos del sistema identificados por diferentes autores, que según ellos serían capaces de hacer frente a los procesos tanto de desarrollo sostenible como a la mejora de la capacidad de adaptación, que puede verse en el siguiente cuadro:

Tabla 12: Factores que determinan la Capacidad de Adaptación y el Desarrollo Sostenible

Factores que determinan la Capacidad de Adaptación y el Desarrollo Sostenible
<ul style="list-style-type: none">• Mejorar el acceso a los recursos• Reducción de la pobreza• Disminución de la desigualdad en el acceso a recursos y sanidad entre los diferentes estratos sociales• Mejorar la educación y la información• Mejorar la infraestructura• Disminuir las desigualdades entre generaciones• Importancia de la experiencia local• Moderación de las desigualdades a largo plazo• Asegurar que las acciones llevadas a cabo son comprendidas e integradas en la sociedad, no solo a nivel técnico• Participación activa de grupos políticos, especialmente para asegurar que las acciones cumplen con las necesidades y requisitos locales y mejoran la capacidad institucional y la eficiencia

Fuente: Elaboración propia

Inadaptación

La inadaptación es definida por el IPCC como “cualquier cambio en los sistemas naturales o humanos que involuntariamente aumentan la vulnerabilidad a los estímulos climáticos o una adaptación que no logra la reducción de la vulnerabilidad sino que por el contrario la aumenta”(IPCC WG II, 2001). Smit (1993) ofrece un ejemplo de inadaptación: el abandono de granjas marginales después de años de sequías se puede considerar un fracaso en el nivel de la explotación individual, pero como una adaptación para la totalidad del sector agrícola, debido a que las granjas de mejor calidad permanecen activas y por lo tanto, la calidad global y la probabilidad de supervivencia durante las sequías se eleva.

3.7. Capacidad de mitigación

Con el objeto de mitigar los efectos del CC en Etiopía, se han analizado un conjunto de buenas prácticas llevadas a cabo en la agricultura ecológica, tras constatar que serían factibles de aplicación en el área estudiada, para determinar la viabilidad real de su uso como paliativas de la influencia del CC. Lo que sería necesario, además de identificar las prácticas agrarias de la agricultura que reducen la emisión de gases con efecto invernadero, es sugerir instrumentos de política agraria destinados a apoyar los cambios necesarios para lograr dicha reducción, para poder llevar la implantación de estas prácticas a cabo.

Se ha constatado que los espacios agrícolas ofrecen un gran potencial para paliar los efectos de los gases de efecto invernadero debido principalmente a su capacidad de absorción de CO₂ (Smith, 2007a), lo que hace que sean un factor esencial a tener en cuenta en el diseño de futuras estrategias mitigadoras. Hay que tener en cuenta para dichas estrategias, que tan importante como la mitigación del CC en sí, es la adaptación a sus consecuencias, es decir, el desarrollo de medidas con el objetivo de reducir el impacto que sobre las producciones pueda tener un determinado riesgo (IPCC,2007).

Es por ello que algunos nuevos modelos de producción agraria, como la agricultura ecológica, que utiliza variedades locales bien adaptadas y técnicas tradicionales con menor dependencia de productos químicos, deben ser evaluadas como alternativas reales de la agricultura para la mitigación del CC.

Tal y como afirman algunos autores (Smith, 2007b), la agricultura ecológica puede reducir sensiblemente las emisiones de CO₂ al tratarse de un sistema de producción permanente y sostenida, que propicia el ahorro energético al mantener la fertilidad del suelo mediante métodos naturales (rotaciones, abonos verdes, cultivo de leguminosas, etc.) y el uso de fertilizantes poco agresivos. Se ha demostrado, que la eficiencia de captación de carbono en sistemas de producción ecológica es de 41,5 t de CO₂ por hectárea, mientras que en los sistemas de producción convencional se reduce a 21,3 t de CO₂ por hectárea. (Smith, 2004; SEAE, 2006).

Las prácticas agrícolas características de la producción ecológica, exportables a Etiopía para, por ende, mitigar los efectos del CC son:

- Laboreo reducido
- Aprovechamiento de tierras de baja productividad
- Utilización racional y eficiente de los fertilizantes
- Uso de materia orgánica compostada para la fertilización y abonos verdes
- Dedicación de parte de las tierras cultivables en zonas verdes con vegetación espontánea y especies forestales (incluidos cultivos agroforestales en franja)
- Incorporación de restos y podas al suelo
- Desarrollo de rotaciones adecuadas
- Establecimiento de cubiertas vegetales
- Buen control de la erosión
- Asociación con leguminosas
- Plantación de Cultivos Leñosos

Todas estas técnicas contribuyen a la fijación de CO₂ y NO₂ en el suelo, evitando así su salida a la atmósfera y contribuyendo además a una mayor retención de agua y a una menor erosión del mismo (Kurkalova, 2004), por lo que resulta evidente, que con la extensión de estas prácticas, los espacios agrícolas aumentarían su gran potencial para paliar los efectos de los gases de efecto invernadero, aunque también se han de valorar las dificultades que acarrearía en la actualidad una implantación a gran escala de estas prácticas características de este modelo de producción en la agricultura etíope.

3.8. La creación de los Mercados Ambientales

Los mercados ambientales nacieron en 1990 cuando el gobierno de Estados Unidos creó el programa “limitar y comerciar” para proteger el medio ambiente. Se limitaba al dióxido de azufre (SO₂), uno de los gases responsables de la lluvia ácida. Estados Unidos se convirtió así en uno de los primeros países en usar los mecanismos de mercado como forma de tratar los problemas ambientales a escala nacional.

Lo que es aún más importante, este programa probó que cuando se trata de proteger el medio ambiente, el poder regulador del gobierno puede mezclarse con la

capacidad de los mercados para repartir los recursos de manera eficiente. El éxito del mercado de lluvia ácida de EEUU desató toda una nueva era de ambientalismo basado en el mercado que ha ido extendiéndose por todo el mundo. Ya se han creado mercados de todo, desde de gases de efecto invernadero y energía renovable, hasta de humedales y agua.

Pero el éxito de estos mecanismos no está garantizado. Las preguntas que surgen de la explicación anterior pueden ser las siguientes:

- ¿Qué hemos aprendido de los mercados ambientales existentes? ¿Qué errores hemos cometido?
- ¿Cómo deben diseñarse los mercados ambientales?
- ¿Qué impactos secundarios e incluso terciarios tendrán?
- ¿Qué papeles desempeñarán el gobierno, las empresas y las organizaciones no lucrativas en la creación y operación de estos mercados?

Se han hecho numerosas e importantes contribuciones a este debate. Artículos como *“Developing Markets for the Ecosystem Services of Forests”* de Powell, White y Landell-Mills han explorado algunas de las oportunidades y asuntos básicos que surgieron por el incremento del número de intentos de comprar y vender servicios forestales. Ellos dividieron la venta de servicios forestales en tres categorías: tratos auto-organizados, planes de comercio libres y planes de pago público.

En el último sub-apartado se explican las diferencias entre los distintos mercados y mecanismos existentes en la actualidad, y se opta por el que se considera más aplicable en Etiopía.

3.8.1. Empezar por el principio

Nadie sabe exactamente cómo ni dónde surgieron los mercados, pero hay evidencia de que desde que los humanos se han agrupado en comunidades, los mercados los han ayudado a repartir mejor sus recursos y obtener los alimentos y el cobijo que necesitan para sobrevivir.

Los mercados han perdurado porque son maneras efectivas de repartir recursos

escasos, ya sean estas tierras, bienes o mano de obra. Funcionan permitiéndonos reunir una gran cantidad de opiniones e información de una forma simple. Desde el punto de vista del consumidor, los mercados toman una gran cantidad de cifras e información relacionados con el coste de la tierra, la mano de obra, el tiempo, los aportes, el transporte (y todo lo demás que tiene que ver con la producción y distribución de un bien o servicio) y le ponen un precio: un número que permite al consumidor juzgar un valor relativo y tomar decisiones de compra.

Los mercados también les sirven a los productores. Al reunir información sobre los comportamientos de compra de las personas, ayudan a los productores a decidir si proporcionar un determinado bien o servicio tiene lógica económica.

Pero los mercados no son infalibles, a menudo tienen fallos. Uno de estos fallos de mercado tiene que ver con el medio ambiente. Lo más común es que los costes de la protección y preservación ambientales no logren entrar en las señales de mercado que guían nuestras decisiones económicas de todos los días. Son lo que los economistas han llamado durante siglos “externalidades económicas”; su valor no se incorpora a la toma de decisiones de economía. En parte, el problema proviene del hecho de que muchos bienes y servicios ambientales son bienes públicos²², disponibles gratuitamente para todos.

Adam Smith entendió con claridad que los mercados no pueden ocuparse de los verdaderos bienes públicos. Argumentó con elocuencia que algunos de estos bienes públicos pueden y deben permanecer dentro de la competencia de los gobiernos. Trescientos años después aún se cree que los gobiernos, no los mercados, deben intervenir en el manejo de los bienes públicos. Pero conforme aumenta nuestro entendimiento de los mercados, nos damos cuenta de que los gobiernos pueden utilizar los mercados de manera efectiva para ayudarse a administrar con efectividad los bienes públicos tales como la protección ambiental. El punto que planteaban él y otros no era que los mercados deben suplantar la regulación gubernamental, sino más bien que los mercados bien diseñados deben poder usarse como complementos de la regulación gubernamental.

²² Nota: Aquellos bienes que tienen dos características básicas: Consumo sin rivalidad y no exclusividad. Significa que el consumo que una persona hace de un bien o servicio no reduce su disponibilidad para nadie más. No exclusividad significa que una vez que el bien ha sido suministrado, el productor ya no puede impedir que alguien más lo consuma. Estas dos características pueden evitar que los mercados privados funcionen apropiadamente ya que el vendedor no podría asegurar que sólo aquellos individuos que pagaron por el bien van a poder obtenerlo. Después de todo, ya que el bien puede obtenerse y usarse sin pago, algunas veces sin que se sepa de su uso, nadie estaría dispuesto a pagar por él.

3.8.2. Surgimiento de los Mercados de Carbono

Armado con la experiencia de los mercados del SO₂ en EEUU, la gran parte del mundo se ha embarcado en un experimento más complicado y ambicioso en el uso de los mercados para administrar los bienes públicos ambientales. En este caso, el problema al que se enfrenta es el CC, y el enfoque está en controlar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y los otros llamados “gases de efecto invernadero”.

Sin embargo, en contraste con el mercado estadounidense del SO₂, ningún gobierno nacional está enfrentando el problema, sino que más bien se enfrenta por medio de un tratado ambiental internacional conocido como Marco de la Convención del CC y su Protocolo de Kioto. Las razones para esta aproximación son sensatas: el CC es un problema mundial que necesita ser enfrentado de manera global; pero desde la perspectiva de los mercados ambientales, esta aproximación trae con ella algunos problemas singulares.

Sin embargo, antes de profundizar en esto es útil recordar brevemente la historia. El proceso de Kioto comenzó de manera oficial en 1992, cuando muchos de los gobiernos del mundo, tras años de negociaciones, firmaron el Marco de la Convención del CC de la ONU. Este tratado instaba a los gobiernos a trabajar conjuntamente para combatir el CC al limitar sus emisiones de gases de efecto invernadero, como el CO₂. La naturaleza exacta de esos límites y como se iban a alcanzar se dejó para negociaciones posteriores.

La segunda ronda de discusiones, que resultó ser mucho más áspera que la primera, culminó con la firma de la Convención del Protocolo de Kioto a finales de 1997. El Protocolo instó a muchos de los países más desarrollados a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a un 5% menos que los niveles de 1990 para los años de 2008 a 2012 (dentro de este periodo, le fue dado a cada país desarrollado un objetivo específico). Con el Protocolo firmado, todo lo que se necesitaba era que los países que representan el 55% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero lo ratificaran, y entonces entraría en vigor.

En 2007 en Bali, se inició el proceso de negociación para el segundo periodo de cumplimiento del Protocolo de Kioto, que tendría vigencia entre 2012 y 2020. Los compromisos de Kioto resultaron insuficientes (no se lograron los objetivos). Por lo

tanto, en Bali se fijó una hoja de ruta (Bali Road Map) con el fin de posibilitar la implementación plena de la Convención.

Posteriormente llegaron las cumbres de Copenhague (2009), Cancún (2010), Durban (2011) y Doha (2012), donde se fijó un tope de 2°C de incremento máximo anual y se creó el Fondo Verde²³ para proveer de financiación a las iniciativas encaminadas a la reducción de emisiones a la atmosfera.

Lo primero y más importante es que el Protocolo señala la intención de los gobiernos del mundo de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero para regular ese bien público global que es la capacidad de la atmosfera de absorber los gases de efecto invernadero. También establece los objetivos de reducción de emisiones para países. Estas disposiciones por sí solas han ayudado a estimular la creación de uno de los más grandes mercados ambientales del mundo: el mercado de carbono.

Segundo, y de menor importancia real, el Protocolo permite explícitamente el uso limitado de mecanismos de mercado a través de tres instrumentos conocidos como “implementación conjunta”, “mecanismo de desarrollo limpio” y “comercio de emisiones”. Los detalles de estos mecanismos se alejan del alcance de este trabajo. Basta decir que reconocen el valor de los mercados en el combate al CC y establecen una serie de reglas para comerciar entre países las reparticiones y las reducciones de emisiones.

Existen muchos planes de comercialización de emisiones relacionados con Kioto, pero el apartado siguiente se centra solamente en el Sistema de Comercio de Emisiones Europeo (EU ETS, por sus siglas en inglés) puesto en marcha en 2005.

3.8.3. El Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea

Siguiendo el ejemplo del Reino Unido, la Unión Europea (UE) aprobó un plan para un Sistema de Comercio de Emisiones (ETS) a nivel regional que empezó a operar a principios de 2005. El plan se pensó para ayudar a la UE a alcanzar su objetivo de Kioto de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero un promedio de 8% menos que los niveles de 1990, entre los años 2008 y 2012. Para esto, se pusieron

²³ El Fondo Verde para el Clima (GCF, por sus siglas en inglés), fue adoptado como mecanismo financiero de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés) a finales de 2011. Su objetivo es contribuir de manera ambiciosa a la consecución de los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático de la comunidad internacional.

topes en las emisiones de CO₂ en cinco sectores industriales: energía, generación de calor y vapor, refinación de petróleo, hierro y acero, pulpa y papel, y materiales de construcción. Se cree que estas fuentes equivalen a más o menos el 46% de las emisiones de CO₂ en la UE.

Aunque en principio el plan es un claro sistema de “limitar y comerciar” al igual que el plan de comercio de lluvia ácida en Estados Unidos, se complica por el hecho de que cada Estado miembro de la UE determina sus propios límites y también cómo y a quién se le reparten los permisos de las emisiones (los derechos de propiedad en este plan).

En esencia, estos planes van a distribuir miles de millones de euros en permisos de emisiones de gases de efecto invernadero y pueden representar enormes beneficios gubernamentales inesperados para algunas compañías.

3.8.4. De lo nacional a lo internacional

Además de los mercados de carbono creados en el Reino Unido, Europa y Estados Unidos, también están surgiendo mercados similares en Australia, Canadá, Japón y muchos otros países. Se puede, por tanto, decir con seguridad que la mayoría de los países que se han marcado objetivos de reducción de emisiones como resultado de su ratificación del Protocolo de Kioto, algún día tendrán un mercado regional o nacional de gases de efecto invernadero. Lo que es menos claro, sin embargo, es si estos mercados nacionales/regionales comerciarán algún día entre ellos y por lo tanto se fusionarán en un mercado de carbono global, y como lo harán.

La creación de mercados mundiales de carbono tiene lógica económica y científica: el CC es global y una emisión de GEI en China tiene el mismo efecto que una en Chile o en Estados Unidos. Por esta razón, hay expertos que piensan que las reducciones de emisiones deberían hacerse donde quiera que se puedan lograr al coste más bajo, sin importar el lugar que sea. Los mercados pueden ayudar en estas decisiones de repartición, pero serán entorpecidos si se les limita el campo de acción geográfico. Mientras mayor sea el campo de acción del mercado, mayores opciones de repartición habrá, y mientras más opciones haya, es más probable (al menos en teoría) que las reparticiones sean más efectivas. Los mercados quieren ser globales y los mercados de carbono no son la excepción.

Existe también otra corriente de pensamiento que afirma que la comercialización de estos derechos de emisión es una manera poco ética de los países industrializados de cumplir con el compromiso de disminuir emisiones, y que va a jugar un rol importante para aquellos países en vías de desarrollo que no tienen esos problemas ambientales a corto plazo.

La opinión del que suscribe este trabajo es mixta, por un lado considero que los países deberían centrarse en la reducción de sus propias emisiones y no comprar el derecho a contaminar. Y por otro, estoy convencido de que un mercado de carbono bien diseñado puede acelerar mucho la creación y divulgación de nuevas tecnologías más respetuosas con el medio ambiente.

El problema es que los mercados de carbono dependen de la creación y repartición de una nueva forma de derechos de propiedad por parte de los gobiernos soberanos. Y, ya que no hay un verdadero gobierno mundial con el poder de emprender tal creación y repartición, el trabajo necesariamente será realizado a un nivel nacional/regional. En algún momento estos mercados seguramente necesitarán encontrar formas de interactuar e intercambiar emisiones. Para que esto suceda, serán necesarias unas reglas de emisiones comunes a todos. El Protocolo de Kioto va por el camino de aportar estas reglas, pero eso limita artificialmente quien recibe los créditos y como pueden comerciarse estos créditos. Esto tendrá que cambiarse antes de que se desarrolle un verdadero mercado mundial de carbono.

En bastantes aspectos, los mercados de carbono son como los mercados de divisas. Su valor y operación depende primero de una unidad de valor creada por gobiernos y, segundo, de la percepción común global del valor relativo de la entidad emisora y su gobierno. De este modo, los mercados de carbono (así como cualquier otro mercado ambiental global) someterán a los mismos problemas de riesgo, liquidez y valor relativo nacionales que afectan ahora los mercados de divisas. Esto no significa que los mercados globales de carbono nunca se desarrollarán, solo significa que les tomará tiempo y surgirán orgánicamente de las interacciones entre mercados nacionales y regionales de carbono, más que de cualquiera de los “mecanismos para la flexibilidad” escritos en el Protocolo de Kioto.

3.8.5. El mercado europeo de carbono en la actualidad

En la actualidad el mercado de carbono se puede dividir en dos grandes grupos: por un lado el mercado regulado (*compliance market*) y el mercado voluntario (*voluntary market*).

El mercado regulado opera a través de los mecanismos nombrados anteriormente y es de obligado cumplimiento para algunos sectores en los países que han ratificado el Protocolo de Kioto. Hay tres formas para cumplir el Protocolo: una es reduciendo la emisión de GEI, otra es reduciendo la emisión de GEI en otro país, y por último la tercera forma es comerciando con los derechos de emisión.

El mercado fue diseñado para que el precio de la tonelada de CO₂ estuviera entre 20 y 30€. En la actualidad, por efecto de la crisis económica que sufrimos en Europa, el precio se ha desplomado a alrededor de 4€. El menor consumo de energía ha disminuido el nivel de emisiones, desplazando la demanda de créditos de carbono a la izquierda, que ha fijado el precio de equilibrio de la tonelada de CO₂ a precios en los que es más barato contaminar que invertir en tecnologías respetuosas con el medio ambiente.

Las posibles soluciones a esta caída de precios son las clásicas de la teoría económica, se podría establecer un precio mínimo, se podría reducir la oferta, lo que desplazaría la oferta hacia la izquierda y aumentaría el precio de equilibrio. Por último, se podría establecer un impuesto medioambiental que encareciera la emisión de gases a la atmósfera.

Estas propuestas han sido rechazadas por el momento en la UE por considerar que ralentizarían la salida de la crisis económica que atravesamos. Muchos expertos del sector, encabezados por la comisaria europea de CC, *Connie Hedegaard*, consideran este inmovilismo un error estratégico importante.

En cuanto al mercado voluntario, aún moviendo un volumen mucho menor que el mercado regulado, se está desarrollando y han aparecido numerosos mercados que están sirviendo para financiar proyectos relacionados con el CC y la SA. Los clientes de estos mercados son empresas no obligadas por el Protocolo de Kioto que desean ser más respetuosas con el medio ambiente y trasladar ese atributo al posicionamiento de su compañía. Estos mercados se apoyan en la calidad de los

proyectos de reducción de GEI y en la credibilidad de las empresas que certifican estos proyectos.

Se trata de mecanismos de compensación de carbono que no están sujetos a ninguna legislación o normativa, sino que surgen de la iniciativa de una organización pública o privada interesada en participar de forma activa y voluntaria en los esfuerzos por mitigar los efectos del CC.

Los créditos de carbono creados específicamente para este tipo de mercado son denominados a menudo como VERs (*Verified Emission Reduction*). Su adquisición permite a las organizaciones, empresas, gobiernos o individuos que no están dentro de los sectores regulados asumir su compromiso con el cuidado del clima, “compensando” sus emisiones en proyectos limpios en países en desarrollo.

Los VERs son adquiridos principalmente por organismos privados, a veces como parte de sus estrategias de Responsabilidad Social Corporativa (RSC), colaborando junto a otras organizaciones en la lucha contra el CC y demostrando así el compromiso voluntario de estas organizaciones por reducir las emisiones de efecto invernadero.

La compra de créditos de carbono se realiza de manera proporcional a las toneladas de CO₂ emitidas en un proyecto que:

- Capte una cantidad de toneladas de CO₂ equivalente a la generada en la actividad, mediante la puesta en práctica de un proyecto de sumidero de carbono por reforestación.
- Evite la emisión de una cantidad de toneladas de CO₂ equivalente a la generada en la actividad por medio de un proyecto de ahorro o eficiencia energética, de sustitución de combustibles fósiles por energías renovables, de tratamiento de residuos o de deforestación evitada (construcción de parques eólicos, plantas de biomasa, etc.).

La participación en los Mercados Voluntarios se caracteriza por ser opcional y no basada en regulaciones. Esto hace que hayan surgido distintos estándares que tratan de cuantificar la cantidad y calidad de las reducciones, así como el beneficio social que supone para las comunidades locales. La credibilidad es la clave del

mercado voluntario, ello explica la necesidad de un estándar conocido y con reputación mundial. Cada estándar le asigna un nombre específico a los VERs, que certifica para diferenciarlos de los generados por otros estándares. Dependiendo del sistema de verificación aplicado, la localización y el tipo de proyecto, el precio del crédito de carbono en el Mercado Voluntario oscila entre los 3 y los 30€ por tonelada de CO₂ emitida.

Figura 32: Los mercados de Carbono, Regulado y Voluntario



Fuente: Elaboración propia

Aunque el Mercado Voluntario no está regulado, resulta más ágil, innovador y flexible que el Mercado Regulado, que suele tener unos mecanismos y procedimientos bastante complejos.

3.8.6. Conclusiones

La discusión anterior sobre el mercado de carbono no pretende ser exhaustiva ni particularmente detallada. En cambio, está pensada para ser ilustrativa, para proporcionar una visión general de los mercados ambientales para así extraer algunas conclusiones sobre el uso y la creación de estos mercados.

A medida que los bienes y servicios ambientales se vuelven más escasos es lógico pensar que los mercados se usen para administrar y proteger estos recursos de modo más efectivo. Pero los mercados, como todas las herramientas, requieren de un buen diseño y un uso adecuado.

A continuación se enumeran las principales conclusiones extraídas del estudio de los mercados de carbono:

- La primera conclusión no es solo la más fácil, es también la más profunda: los mercados pueden desempeñar un papel importante para ayudar a proteger el ambiente y alcanzar las metas de las políticas ambientales. Es importante añadir que el diseño de los mercados es importante. La forma como está diseñado un mercado determinará en gran medida su efectividad.
- La segunda es que para que funcionen correctamente los mercados regulados de carbono, es crucial la participación del gobierno. Sin gobiernos soberanos y fuertes que estén dispuestos a fijar límites en el uso de los bienes y servicios ambientales (o de repartir responsabilidades para alcanzar la meta de una política), los mercados no se pueden desarrollar. Más allá de poner límites en el uso de un bien o servicio ambiental, el gobierno tiene que estar dispuesto y ser capaz de otorgar, proteger y sustentar los derechos de propiedad (o las responsabilidades ambientales, según sea el caso) para que el mercado funcione. Para que algo se comercie, primero se tiene que poseer, y la propiedad depende de las estructuras gubernamentales.
- Otra conclusión de los mercados ambientales es que, aunque requieren de la participación del gobierno para funcionar bien, pueden emprenderse sin el apoyo oficial del gobierno. El caso de EEUU es un ejemplo perfecto de esto. El gobierno estadounidense no ha ratificado el Protocolo de Kioto, pero las compañías están comerciando créditos de carbono de forma voluntaria por medio del Intercambio Climático de Chicago.

- La cuarta conclusión de los mercados existentes es que, si crear nuevas formas de derechos de propiedad ambiental es complicado, repartirlos lo es aún más. De hecho, decidir cómo van a ser repartidos estos derechos es quizá el aspecto más importante (y podría decirse que el más difícil) del diseño de un mercado ambiental.
- La quinta conclusión de los mercados ambientales es que pueden crearse en torno a una variedad de mecanismos: no solo al derecho a un bien o servicio, sino también a la responsabilidad de alcanzar un beneficio ambiental o, incluso a la responsabilidad por un riesgo ambiental. En resumen, cuando se define un mercado ambiental y el sistema de derechos de propiedad que se relaciona con él, se necesita preguntarse qué se está comerciando y sobre qué se tiene propiedad.

4. RESULTADOS Y PROPUESTAS DE ESTRATEGIAS

En este capítulo se muestran dos tipos de resultados de esta Tesis. En primer lugar, los resultados de los análisis mediante GIS, que se han denominado propiamente “resultados”. Se trata de un conjunto de resultados que permiten mostrar el contexto del país, y, además, sirven de punto de partida para las propuestas que se muestran también en este capítulo. En segundo lugar, pues, están esas propuestas, que consisten en estrategias de actuación para mejorar la SA del país, y parten, como se ha indicado, de los resultados indicados anteriormente, de la situación del país y de las “herramientas” proporcionadas por el enfoque de la CSA y los mercados de carbono. A este segundo tipo de resultados los hemos denominado “propuestas de estrategias”.

4.1. Resultados

Mediante el uso de ArcGis, se han podido realizar diversos mapas que muestran tanto la situación actual en Etiopía como diversos escenarios que han sido simulados en función de las previsiones sobre los efectos del CC. Los factores que se han analizado, han sido seleccionados bien porque definen el presente contexto etíope o bien porque se entiende que son indicadores potenciales de las consecuencias del cambio ambiental venidero. Lo que más se ha buscado es el estudio de las relaciones entre ellos y su grado de interacción, ya que es donde más se evidencia el CC.

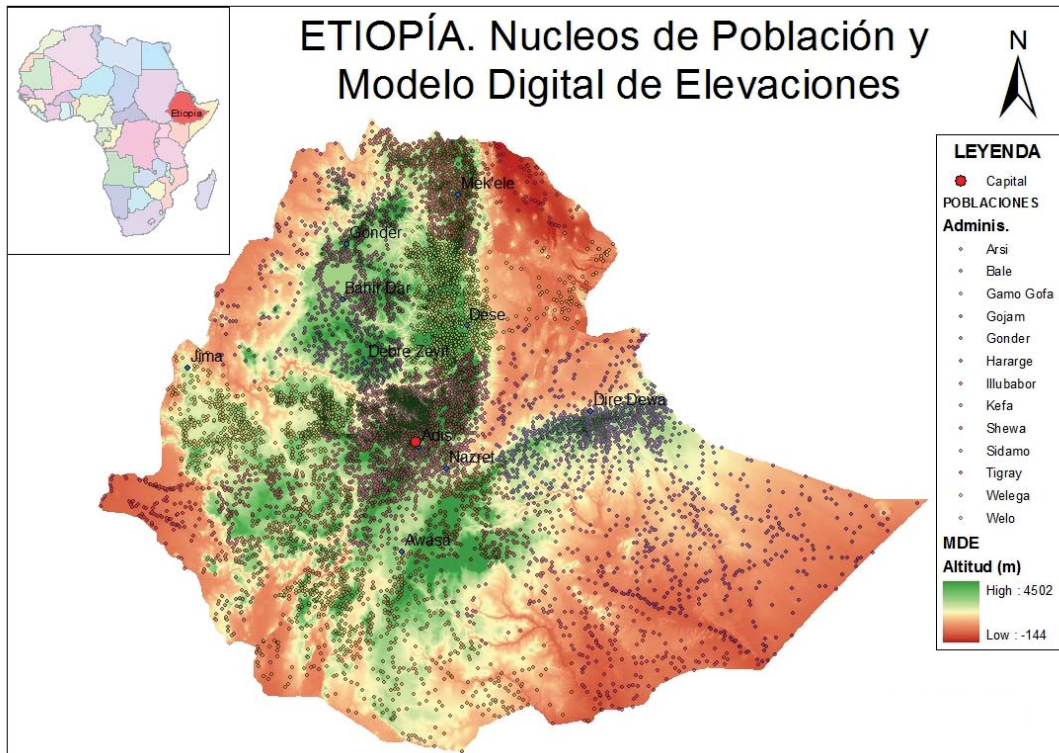
4.1.1. Distribución de la población según la altitud

Etiopía tiene un relieve montañoso dividido en cuatro regiones: el norte, dominado por el macizo etíope, que llega a los 4.620 metros de altitud en el monte Dashan.

El centro del país contiene la depresión del Valle del Rift, donde se encuentran los lagos Shamo, Abaya y Zwai, así como el río Awash. También se encuentra la planicie de Dancalia, que en su parte más baja llega a los 116 metros bajo el nivel del mar, y finalmente, la región del Ogadén, al sureste, formada por altiplanicies semidesérticas.

Se ha realizado un análisis entre la población y la altitud del terreno dando como resultado que las mayores concentraciones de población coinciden con las zonas más elevadas del terreno, tal como se muestra en la imagen siguiente:

Figura 33: Distribución de la población etíope caracterizada en el mapa de alturas



Fuente: Elaboración propia

En el apartado de Anexos, se dispone de los mapas a escala real.

Estos asentamientos en las zonas altas resultan llamativos porque normalmente los asentamientos suelen ser en zonas bajas, con mejores comunicaciones, agua y zonas de cultivo. Pueden deberse a las altas temperaturas o a la menor presencia de insectos que transmitan enfermedades.

También se debe tener en cuenta que en las zonas tropicales, a mayor altura se disminuye el exceso de humedad, por lo que las mayores concentraciones de población se localizan por encima de los 1000 m.

Los valles y llanuras con suelos fértiles, permiten el desarrollo de la agricultura, y por lo tanto el asentamiento de la población.

Por el contrario, la población suele evitar territorios con temperaturas excesivamente altas o bajas; zonas áridas o sin depósitos de agua; y áreas con una humedad elevada y constante. No obstante, el ser humano puede vencer estos negativos factores físicos mediante la tecnología, algo que escasea en Etiopía.

En cualquier caso, las tierras altas de Etiopía constituyen casi el 45% del territorio del país y en ellas vive más del 85% de su población de 64 millones de personas, la gran mayoría rural. Las tierras altas son el centro de la actividad económica del país y se caracterizan por una enorme diversidad ecológica, ambiental, agrícola y cultural. Las tierras altas etíopes además tienen una gran importancia ambiental mundial por ser fuente de algunos importantes ríos transfronterizos, sobre todo el Nilo Azul, y por acoger una gran variedad de flora y de fauna.

Este hecho pone de manifiesto la importancia del clima en Etiopía, y teniendo en cuenta los siguientes factores:

- La mayoría de la población se establece en zonas altas por motivos climáticos.
- La gran mayoría se dedican a la agricultura de secano.

Si el clima cambia, aumentando temperaturas o cambiando los patrones de lluvia, la mayoría de la población del país se vería obligada a cambios importantes en su estilo de vida.

4.1.2. Distribución de la población según las Vías de Comunicación

A pesar de que el transporte por carretera absorbe el 95% del transporte de pasajeros y mercancías, la relación de 30 km de carretera por cada 1.000 km² es una de las más bajas de África. Sólo el 12% de las carreteras estaban pavimentadas hasta que el año 2002. Con el primer Programa de Desarrollo de Carreteras (1997-2002) se consiguió incrementar la densidad de la red de carreteras en un 43% y el por-

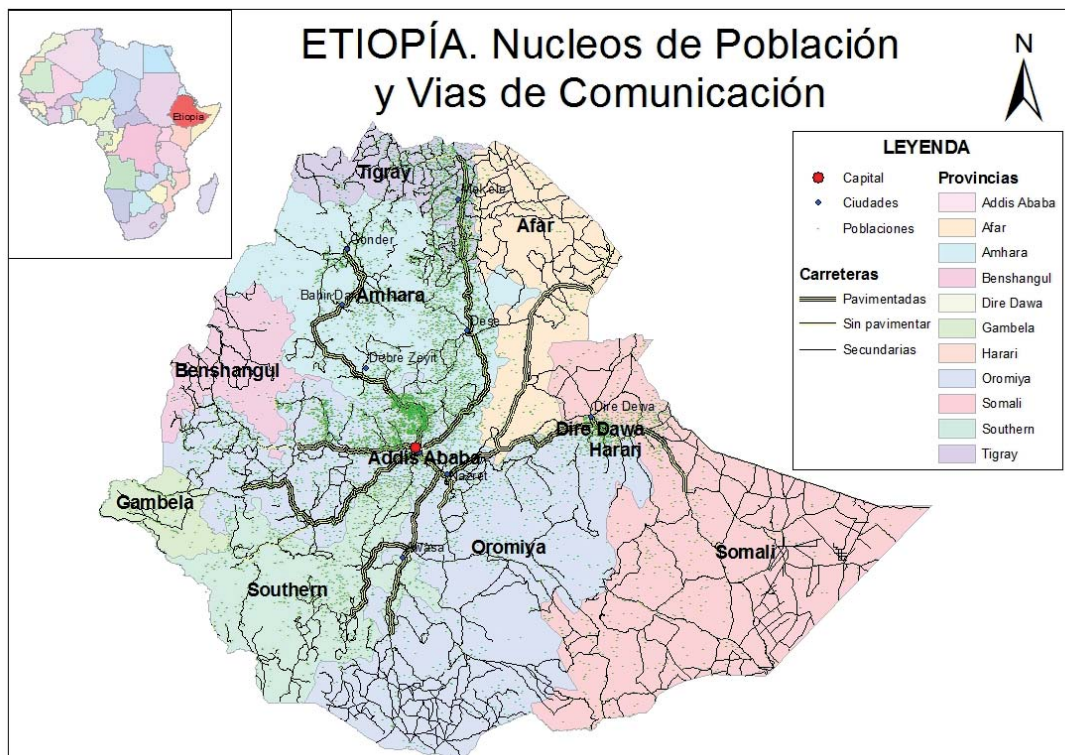
centaje de carreteras en buen estado alcanzó el 30%. El segundo programa, que se extiende hasta el presente año, pretende mejorar las carreteras federales con el fin de reducir los cuellos de botella (Ethiopian Roads Authority).

A pesar del reciente crecimiento de la red, las carreteras etíopes siguen siendo de las menos desarrolladas de África con una densidad de 38,6 km/1.000 km² y 0,55 km/1.000 habitantes comparándola con los 50 km/1.000 km² de media del continente. Esto provoca una deficiente cobertura de servicios sociales, así como una insuficiencia de apoyo a las pequeñas economías productoras entre otras muchas cosas.

En cuanto al transporte ferroviario, solo existe una única línea de 850 km. Esta línea transporta el 2,6% del total de pasajeros y el 3,8% de las mercancías del tráfico total del país.

Se ha realizado un análisis entre la población y las vías de comunicación, dando como resultado evidente que las mayores concentraciones de población coinciden con las zonas donde existen mejores y mayores vías de comunicación, tal como se muestra en la imagen siguiente:

Figura 34: Distribución de la Población según las Vías de Comunicación



Fuente: Elaboración propia

En el apartado de Anexos, se dispone de los mapas a escala real.

La población se asienta en lugares donde abunde el agua, ya que es necesaria para la actividad agraria y para el abastecimiento de la población y su urbanización. Por ello, las zonas costeras a los lagos y las áreas de alrededor de los grandes ríos, están muy pobladas, sobre todo en los yacimientos de éstos, en las partes altas de las montañas.

4.1.3. Distribución de la Población según Los Ríos y Lagos

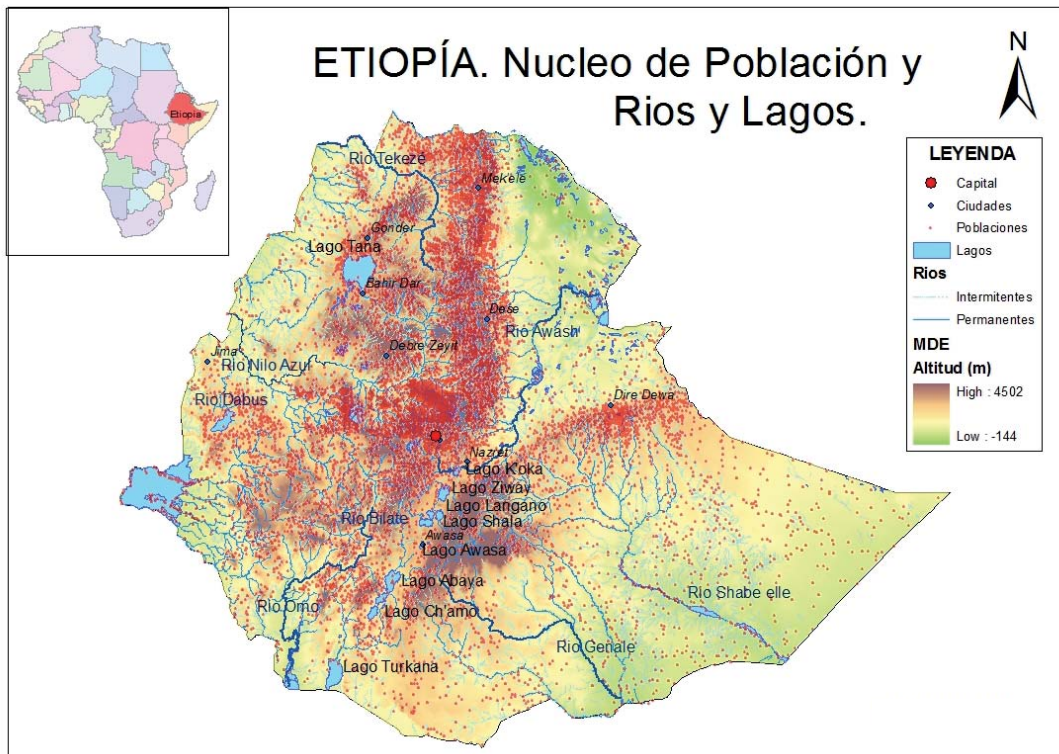
El flujo de los principales ríos de Etiopía alcanza los 111,1 billones de m³ siendo el 79% de este caudal de influencia internacional. Etiopía es conocida en el África subsahariana como *"The water tower of North East Asia"* debido a que alimenta los principales ríos de los países vecinos. Ejemplo y motivo de orgullo nacional es la importante contribución del Nilo azul al cauce del Nilo.

Los principales lagos se encuentran en el interior del Valle del Rift. Los lagos Zway, Langano, Abyata, Awasa, Shalla Abaia y Chamo, principales del país, cubren una superficie de 7.000 km². En el medio rural la falta de infraestructuras de transporte hídrico hace que la principal fuente de recursos hídricos sea el agua subterránea, especialmente en épocas de sequía y en las regiones más alejadas de los lagos. Se estima su potencialidad a nivel nacional en 2,9 billones de m³.

Los principales usos del agua son el doméstico, el regadío, la obtención de energía y la pesca artesanal. Los recursos hídricos disponibles están, en todos sus usos, muy por debajo de lo que se considera su nivel de explotación potencial. Por ejemplo en el caso de la irrigación se está utilizando el 4,6% de la superficie potencial de regadío de los principales ríos (FAO, 2006).

Se ha realizado un análisis entre la población y los ríos y lagos, dando como resultado que las mayores concentraciones de población coinciden con las zonas donde existen ríos de aguas permanentes, y alrededor de los lagos, para un mayor suministro de agua, tal como se muestra en la imagen siguiente:

Figura 35: Distribución de la Población según los Ríos y Lagos



Fuente: Elaboración propia

En el apartado de Anexos, se dispone de los mapas a escala real.

La población se asienta en lugares donde abunde el agua, ya que es necesaria para la actividad agraria y para el abastecimiento de la población y su urbanización. Por ello, las zonas costeras a los lagos y las áreas de alrededor de los grandes ríos, están muy pobladas, sobre todo en los yacimientos de éstos, en las partes altas de las montañas.

4.1.4. Distribución de la Población según las Temperaturas

El clima de Etiopía varía de acuerdo con la altitud.

La zona tropical, por debajo de los 1.800 m, tiene una temperatura media anual aproximada de 27 °C y recibe menos de 510 mm anuales de lluvia.

La zona subtropical, que incluye la mayor parte de la llanura elevada y se alza entre 1.830 y 2.440 m sobre el nivel del mar, tiene una temperatura media aproximada de 22 °C con unas precipitaciones anuales que van de 510 a 1.525 mm.

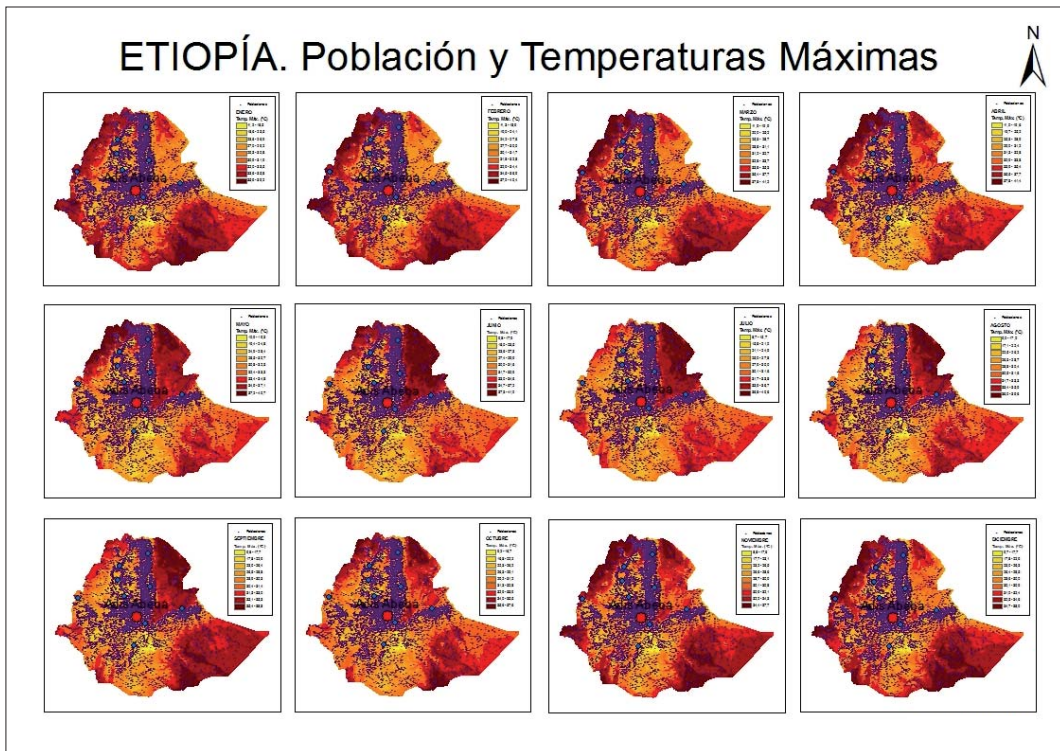
Por encima de 2.400 m se encuentra una zona templada con temperaturas medias de alrededor de 16 °C y unas precipitaciones anuales entre 1.270 y 1.780 mm.

La estación de las lluvias tiene lugar entre mediados de junio y septiembre, seguida por una estación seca que puede ser interrumpida en febrero o marzo por una corta estación de lluvias.

Relación entre la distribución de la población y las temperaturas máximas en Etiopía.

Se ha realizado un análisis entre la población y las temperaturas máximas, dando como resultado que las mayores concentraciones de población no se encuentran en las zonas donde existen temperaturas máximas muy elevadas, en torno a los 40 °C, tal como se muestra en la imagen siguiente:

Figura 36: Distribución de la población según las temperaturas máximas



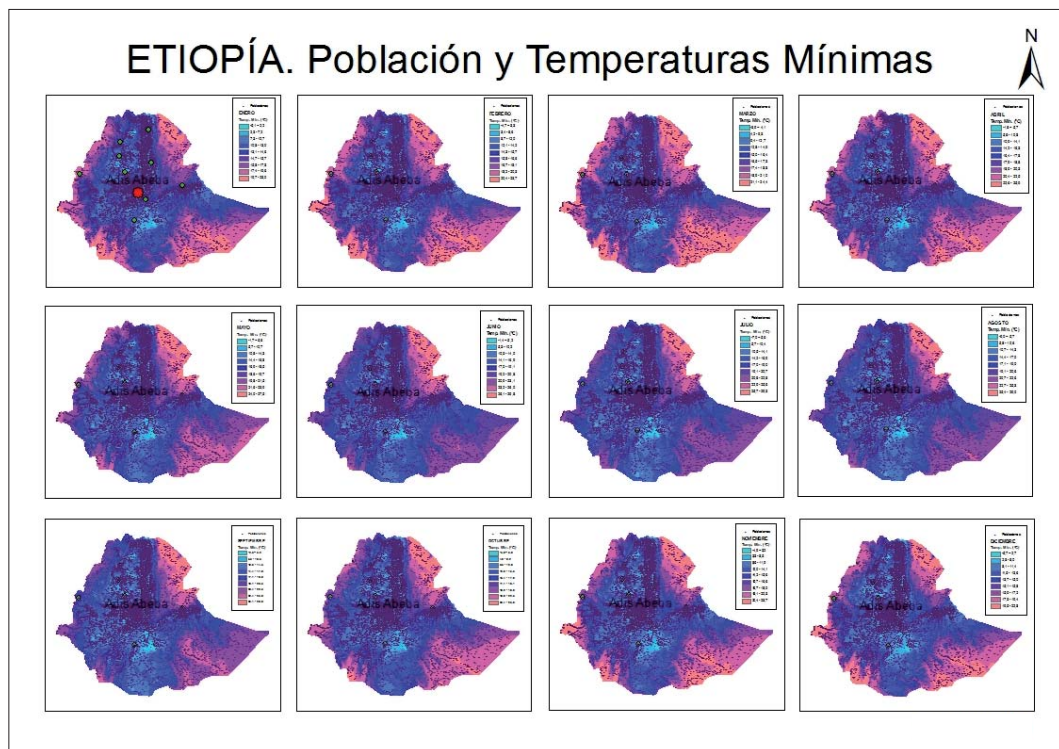
Fuente: Elaboración propia

En el apartado de Anexos, se dispone de los mapas a escala real.

Relación entre la distribución de la población y temperaturas mínimas en Etiopía.

Se ha realizado un análisis entre la población y las temperaturas mínimas, dando como resultado que las mayores concentraciones de población se encuentran en las zonas donde existen temperaturas mínimas muy gélidas, en torno a los 0°C y 10 °C, tal como se muestra en la imagen siguiente:

Figura 37: Distribución de la población según las temperaturas mínimas



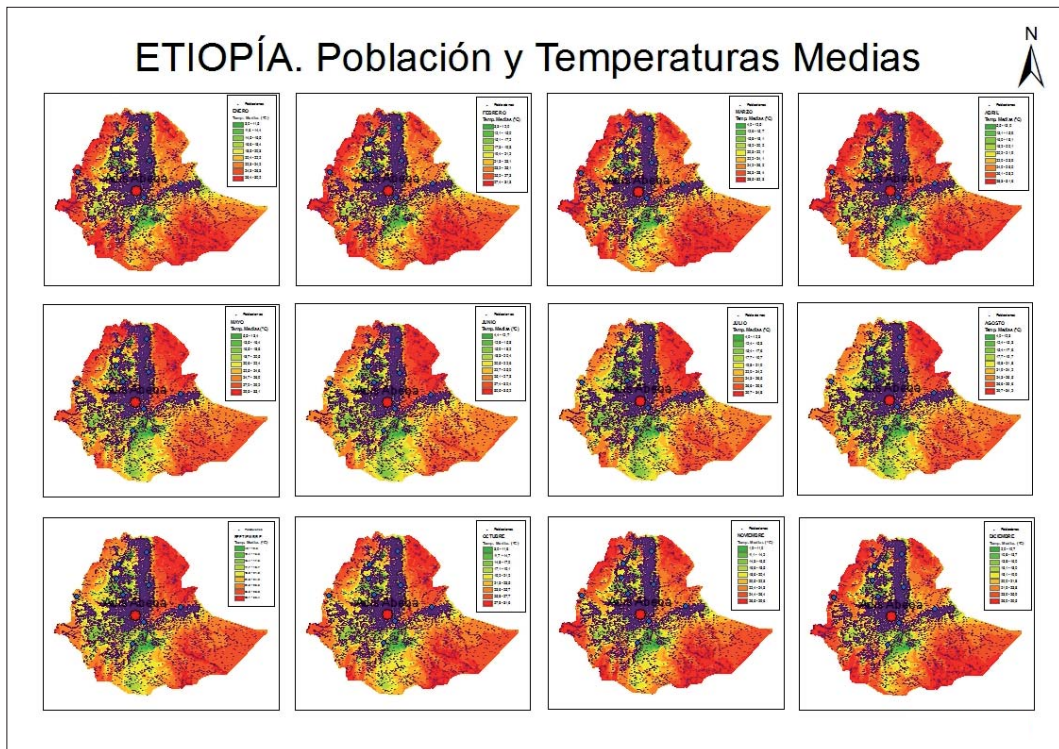
Fuente: Elaboración propia

En el apartado de Anexos, se dispone de los mapas a escala real.

Relación entre la distribución de la población y temperaturas medias en Etiopía.

Se ha realizado un análisis entre la población y las temperaturas medias, dando como resultado que las mayores concentraciones de población se encuentran en las zonas donde existen temperaturas medias suaves, tal como se muestra en la imagen siguiente:

Figura 38: Distribución de la población según las temperaturas medias



Fuente: Elaboración propia

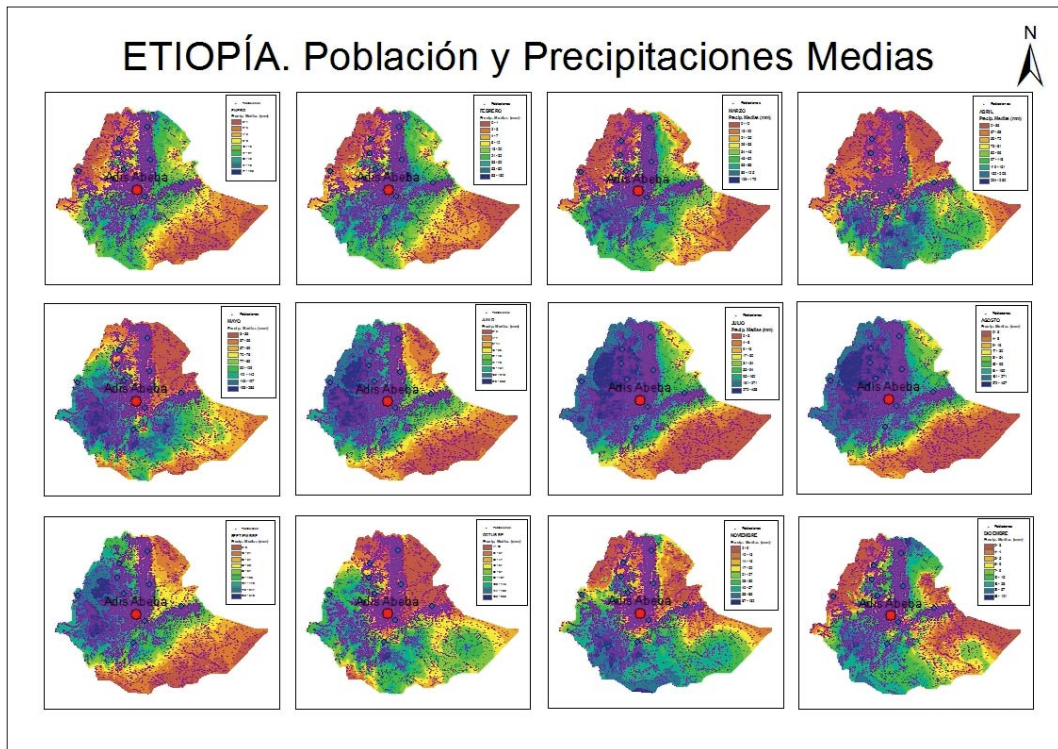
En el apartado de Anexos, se dispone de los mapas a escala real.

4.1.5. Distribución de la Población según las Precipitaciones Medias

Se ha realizado un análisis entre la población y las precipitaciones medias, dando como resultado que las mayores concentraciones de población se encuentran en las zonas donde existen abundantes precipitaciones.

Se aprecia una clara vinculación entre la distribución de la población y las precipitaciones medias, que además coinciden con temperaturas más suaves, tal como se muestra en la imagen siguiente:

Figura 39: Distribución de la población según las precipitaciones medias



Fuente: Elaboración propia

En el apartado de Anexos, se dispone de los mapas a escala real.

4.2 . Propuestas de estrategias

Con el objetivo de centrar la investigación, se incluye el presente apartado que explica el proceso seguido desde los resultados obtenidos en el apartado 4.1 de resultados mediante el análisis GIS de las variables elegidas, hasta las medidas propuestas en los apartados siguientes.

Dentro del análisis de la situación se han tratado dos grandes áreas.

- Por un lado se ha descrito las características del sector agrario etíope, la situación de inseguridad alimentaria que se vive en el país, y la contribución del país a los gases de efecto invernadero.
- Por otro lado, las características climáticas del país, empleando la metodología GIS para representar de una forma gráfica las principales variables climatológicas que afectan a la agricultura del país.

El objetivo, tal y como se explica al inicio del estudio, consiste en entender el impacto del CC en la SA y proponer medidas efectivas de adaptación.

Para evitar quedarse en el campo teórico, en el estudio se proponen medidas concretas aplicables al caso de Etiopía, y teniendo en cuenta que muchas de estas medidas se encuentran con problemas de financiación, se analizan los mercados de carbono como una posible vía de financiación (véase apartado 3.8) y se propone una de las modalidades existentes que se considera la más aplicable teniendo en cuenta la realidad etíope.

Siendo consciente que cada uno de los temas tratados podría ser suficiente para una tesis, se ha tratado de explicar cada uno de ellos por separado, para luego unirlos en una realidad compleja como es la de Etiopía. El resultado, aunque pueda parecer disperso, consigue “fundir” todos los aspectos analizados y reunirlos en una estrategia concreta.

Los cruces de variables que han aportado resultados más claros han sido la altitud, las vías de comunicación, ríos / lagos, temperaturas y precipitaciones, todos ellos cruzados con la variable asentamientos de población.

Como conclusión general, los asentamientos se producen donde hay suficiente agua, donde las temperaturas son suaves (de ahí que el 45% de la población viva por encima de 1000m), y donde las precipitaciones son más estables. Otras variables se derivan de estas decisiones como el desarrollo de vías de comunicación y la creación de ciudades.

Los efectos principales que se están produciendo con el CC son el aumento de la temperatura media y el cambio en los patrones de lluvia. Como ya se ha comentado anteriormente, la temperatura lleva una senda ascendente desde hace años y está previsto que continúe ascendiendo si no tomamos medidas. Las precipitaciones son cada vez más fuertes y localizadas, produciendo excedentes de agua durante periodos cortos y procesos de erosión, y largos periodos de sequía.

Esta situación pone de manifiesto la importancia del estudio del ciclo del agua para mejorar la gestión de los recursos existentes. Las mayores consecuencias de los cambios en el ciclo del agua serán:

- Las necesidades de agua aumentarán por el incremento de las temperaturas (incremento de la evapotranspiración, disminución de la humedad del suelo).
- Se esperan cambios en la distribución de las precipitaciones, con largos periodos entre tormentas y precipitaciones más intensas, lo que desencadenará eventos climáticos asociados al agua más extremos, como sequías e inundaciones.
- La reducción de las precipitaciones en las zonas áridas y semi-áridas se traducirá en una reducción mucho mayor en la escorrentía de los ríos, que a su vez mermará el agua que llega finalmente a los cultivos.

La *gestión del suelo* pasa a ser otro tema prioritario. El descenso de humedad afectará directamente al nivel de materia orgánica en las capas más superficiales, y hará más difícil la retención de agua y la fijación de nitrógeno.

La variabilidad climática y la frecuencia de fenómenos climáticos extremos, como las sequías e inundaciones, afectarán al nivel de las precipitaciones. Por otra parte, las temperaturas más altas pueden afectar a los rendimientos de una manera negativa y favorecer el crecimiento de las malas hierbas y la proliferación de las plagas de los cultivos. Los *sistemas de cultivo* son clave para la adaptación en estas condiciones.

Por último, el *ganado* se verá afectado con bajadas en los rendimientos por cambios en los cultivos forrajeros, y probablemente por el aumento de enfermedades.

Todos estos aspectos (gestión del agua, suelo, sistemas de cultivo y ganado) son tratados dentro del enfoque de la Climate Smart Agriculture.

Por consiguiente, el análisis de los resultados aportados en los mapas GIS nos lleva a introducir este nuevo paradigma de agricultura climáticamente inteligente, que aún a prácticas, políticas e instituciones que no son necesariamente nuevas, pero son empleadas en el contexto del CC, que es desconocido por agricultores y ganaderos. También es novedoso el hecho de que los múltiples retos que afrontan la agricultura y los sistemas alimentarios sean tratados simultáneamente y holísticamente, lo que ayuda a evitar políticas, leyes o financiaciones contraproducentes.

La necesidad de traducir estas estrategias en líneas de acción, en medidas concretas, nos traslada directamente al terreno. Para adoptar las medidas que se proponen a continuación hay que hacer un análisis que va más allá del aspecto técnico.

El país elegido presenta unas condiciones de adversidades técnicas muy elevadas, tanto desde el punto de vista de la capacitación de los agricultores como desde el punto de vista de las tecnologías disponibles. Sin embargo debe destacarse el principal obstáculo al que debe enfrentarse y para el resulta difícil encontrar una respuesta específica, la herencia cultural.

Un paso muy significativo para entender la problemática a enfrentar es el reconocimiento de que la cultura de un pueblo no siempre es una herencia deseable para determinados aspectos. Así en la propuesta de nuevas iniciativas debe tenerse presente en todo momento que el cambio cultural y el abandono de prácticas que aunque no beneficiosas llevan realizándose durante décadas requiere un ritmo de trabajo lento y una participación muy activa de la población para que entiendan y por sí mismos promuevan la adopción de nuevos patrones de conducta.

Por todo ello, las medidas técnicas que se plantean deben analizarse en el terreno y su implantación debe ser gradual para que el cambio aparezca desde el interior de las propias comunidades.

A pesar de que en determinados casos las acciones propuestas parezcan básicas debe recordarse que la situación actual de subdesarrollo del medio rural desaconseja la aplicación de avanzadas soluciones de carácter técnico o logístico ya que tendrían una sostenibilidad muy comprometida. Más aún debe entenderse que la situación es tan crítica que cambios que en apariencia no son importantes en este medio pueden suponer grandes avances.

4.2.1. Aplicación de la CSA a Etiopía

El camino tradicional hacia el desarrollo económico podría ofrecer el crecimiento requerido, pero a costa de significativa expansión de la tierra para la agricultura (inductor de la deforestación), la erosión del suelo, y el aumento de las emisiones.

La propuesta de “Climate Smart Agriculture” requerirá un aumento de la productividad de las tierras agrícolas y el ganado en lugar de aumentar la superficie de tierras cultivadas o número de cabezas de ganado. Con el fin de ofrecer una alternativa viable al desarrollo económico convencional se han identificado una serie de iniciativas que pueden proporcionar el necesario aumento de la productividad agrícola y la eficiencia de los recursos, limitando las emisiones.

A grandes rasgos son las siguientes:

- Intensificar la agricultura a través del uso de insumos mejorados y una mejor gestión de los residuos resultantes.
- Crear nuevas tierras agrícolas en las zonas degradadas a través de sistemas de riego. Esto reducirá la presión sobre los bosques si se hace necesaria la ampliación de la superficie cultivada.
- Introducir técnicas agrícolas de baja emisión, que van desde el uso de cultivos que fijen el nitrógeno y el carbono, hasta la promoción de los fertilizantes orgánicos. Estas medidas reducirían las emisiones procedentes de las áreas ya cultivadas.

Además, para aumentar la productividad y la eficiencia de los recursos del sector ganadero, las siguientes iniciativas han sido identificadas:

- Aumentar la producción por cabeza de ganado a través de una mejor gestión.
- Apoyo al consumo de fuentes de proteína de baja emisión, por ejemplo, las aves de corral. Un aumento de la proporción de consumo de carne de aves de corral a un 30% es realista (teniendo en cuenta datos de países similares) y ayudará a reducir las emisiones provenientes de la ganadería.
- Introducción de equipos mecánicos para la labranza que podría sustituir el 50% de la tracción animal, que (a pesar del combustible) se traduce en una reducción neta de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Gestión de pastizales para aumentar su contenido de carbono y mejorar la productividad de la tierra.

Estas iniciativas ofrecen la ventaja combinada de apoyar el crecimiento económico, el aumento de los ingresos de los agricultores / pastores y la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Propuestas de mejora

- Propuestas para reducir la degradación de los bosques con nuevas tecnologías para cocinar.

El consumo de leña es la principal fuente de emisiones de GEI en Etiopía. La madera se utiliza principalmente para cocinar. Como en la mayoría de hogares, sobre todo en las zonas rurales, el uso de la energía es muy ineficiente, por lo que el potencial de mejora en este sentido es enorme.

El uso de nuevas formas de cocinar más eficientes, o el uso de otros combustibles puede ser un camino para la reducción de emisiones. Esto se ha llevado a cabo ya en multitud de países en desarrollo.

Las opciones son las siguientes:

- a. Cocinas eficientes:
 - Estufas de cocción
 - Estufas de cocina

- b. Cocinas que usen otro combustible:
 - Cocinas de gas (principalmente para cocinar)
 - Estufas de biogás (principalmente para cocinar)
 - Hornillos eléctricos

- Propuesta de forestación, reforestación y acotamiento de zonas

Como medidas adicionales de secuestro de CO₂ se tiene la forestación, reforestación, y el acotamiento de zonas. El potencial de reducción total para el año 2030 se estima en 32,3 Mt CO₂e, con la forestación se contribuye 21,5 Mt CO₂e y reforestando 10,8 Mt CO₂e.

El cálculo de este potencial se basa en los siguientes datos y supuestos:

- a. Forestación / reforestación del área. En base a consultas con expertos, comparando con los proyectos de forestación / reforestación ya existentes, y discusiones en el STC²⁴, se estima que 2 millones de hectáreas de tierras de pastoreo podrían ser reforestadas hasta 2030. Al mismo tiempo, en Etiopía se podría reforestar 1 millón de hectáreas de áreas degradadas.
- b. La tasa de secuestro tanto para la forestación y reforestación se ha fijado en 10,75 t CO₂e/ha/año, un número directamente tomada del proyecto de forestación / reforestación en Humbo²⁵.

- Mejora en la gestión forestal

El manejo forestal cuenta con un potencial de reducción de casi 10 Mt CO₂e en 2030. El potencial de reducción se calculó de una manera muy similar al apartado anterior:

- a. Área de cobertura. En base a consultas con expertos, comparando con los proyectos de gestión forestal ya existentes, y discusiones en el STC, se estima que el área de la gestión de los bosques sería de 4 millones de hectáreas.
- b. Tasa de secuestro de CO₂. La gestión de los bosques tiene un potencial de secuestro de 10 t CO₂e/ha/año como estudios de referencia internacionales indican.

²⁴ Sub-technical Committee (STC) compuesto por expertos de diferentes ministerios y sectores del país.

²⁵ Humbo Ethiopia Assisted Natural Regeneration Project.

Subsector: Ganadería

La ganadería es un sector crucial en Etiopía y la principal fuente de ingresos para una parte importante de la sociedad. Al mismo tiempo, una gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero se origina en este sector, y por otra parte, se espera que el sector crezca en los próximos años.

Para evitar este incremento previsto de las emisiones relacionadas con la ganadería a 124 Mt CO₂e en 2030 (STC), se han identificado cuatro palancas principales que ofrecen un potencial de reducción de 45 Mt CO₂e. Estas palancas son: mejora e intensificación de la diversificación de animales (por ejemplo, aves de corral, ovejas, cabras, etc.), que mejora la eficiencia de la cadena de valor para el ganado, aumento del uso de la mecanización a través de técnicas adaptadas a cada tipo de terreno y gestión de praderas y pastizales. Se estima un potencial de reducción total de 48 Mt CO₂e en el sector.

El ganado contribuye al sustento de 70% de los etíopes, y el crecimiento de las cabezas de ganado, y por consiguiente de las emisiones que producen, está estrechamente vinculado al crecimiento demográfico.

Bajo el escenario tradicional, las emisiones del ganado aumentarían de 65 Mt CO₂e en 2010 a 124 Mt CO₂e en 2030.

- Principales impulsores de las emisiones de GEI

Los principales impulsores de las emisiones de GEI del sector ganadero, así como los principales supuestos sobre su impacto y desarrollo se detallan a continuación. En el estudio se separa la población bovina de otras poblaciones de ganado ya que el 84% de las emisiones de gases de efecto invernadero proviene del ganado bovino.

a. Aumento de la población bovina. En las últimas décadas, la población de ganado ha crecido a un ritmo aún más rápido que la expansión de la población humana. El CSA proyecta un crecimiento de la población a una tasa del 2,62% anual, que añadiría 54 millones de personas a la población para el año 2030. Esto podría provocar un incremento en la población bovina de más del doble en los próximos 20 años, 36 a 68 millones de unidades ganaderas, lo que lleva al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero.

b. Aumento de la población de otros animales. La población de otras especies de ganado está creciendo a un ritmo ligeramente más rápido que la población bovina. El STC incluye las siguientes especies en su análisis: ovejas, cabras, caballos, mulas, asnos, aves de corral y camellos. Se espera que la población combinada de estos animales crezca de 11 millones de unidades en 2010 a 24 millones de unidades en 2030.

- Proyección estimada de emisiones de GEI hasta 2030.

Se prevé que las emisiones del ganado aumenten de 65 Mt CO₂e en 2010 a 124 Mt CO₂e en 2030, impulsadas principalmente por un aumento de metano que se libera durante la digestión, denominada fermentación entérica y la descomposición del estiércol en el almacenamiento, que juntos representan el 90% de las emisiones del ganado.

El óxido nitroso liberado durante la descomposición del estiércol representa sólo el 10% de las emisiones totales del ganado.

- Propuestas de mejora

En total, el potencial de reducción de hasta 48 Mt CO₂e en 2030 se pueden agrupar en cuatro grandes grupos:

a. Mejora e intensificación de la diversificación de animales. Animales de baja emisión de gases de efecto invernadero son las aves de corral, ovejas, cabras y pesca, en comparación con los grandes rumiantes (vacas y camellos). Estos animales son proveedores de un alto nivel de proteínas, así como de ingresos para la población rural. Esta iniciativa apoya el aumento de la producción y el consumo de especies de baja emisión, actuando tanto en la oferta como en la demanda. Si se consiguiera incrementar el consumo de aves de corral en un 30%, sustituyéndolo por el de consumo de carne de vacuno, se conseguiría una reducción de 17,7 Mt CO₂e en 2030.

b. Mejoras en la eficiencia de la cadena de valor de pastores y agricultores. Actualmente, la ganadería de Etiopía sufre de bajos niveles de producción y rendimiento reproductivo. Ejemplo de ello es escasa eficiencia de conversión alimenticia, ganancia diaria de peso deficiente, baja producción de leche y carne, bajas tasas de extracción, bajo concepción y porcentajes de parición,

intervalos entre partos, y alta mortalidad. El aumento de la productividad se puede obtener mediante la introducción de razas más productivas, con mejor alimentación y mejor tecnología. Se estima que estos instrumentos tienen un potencial de reducción combinada de 16,1 Mt CO₂e en 2030.

- c. Mecanización (pequeña y gran escala). Esta medida pretende sustituir parcialmente el poder animal de tiro entre los agricultores en el altiplano. Las nuevas técnicas y herramientas mejoradas serían introducidas para aumentar la eficiencia del trabajo y por lo tanto reducir la demanda de bueyes. Estos instrumentos tienen un potencial de reducción de 11,2 Mt CO₂e en 2030.
- d. Gestión de praderas y pastizales. Esta medida está dirigida a la introducción y promoción de técnicas apropiadas para incrementar el carbono contenido en el suelo. Las principales actividades aquí incluyen eliminación de matorrales, resiembra, pastoreo rotativo, la mejora y adopción de las formas tradicionales de gestión de los pastizales, y el desarrollo de puntos de agua. Esta medida tiene un potencial de reducción de 3 Mt CO₂e.

Subsector: Suelo

El sector de suelo incluye tres fuentes de emisiones: la incorporación de cultivos al suelo, el uso de fertilizantes químicos (emisiones directas e indirectas), y el estiércol aplicado a las tierras de cultivo.

El suelo proyecta emisiones debido a cuatro factores principales, el crecimiento de la producción total de la cosecha, el crecimiento en los fertilizantes sintéticos utilizados por hectárea (58% del total de emisiones del suelo), el crecimiento de hectáreas cultivadas, y el crecimiento de la población de ganado (para estimar el estiércol aplicado a las tierras de cultivo). Si seguimos con el razonamiento anterior, la producción agrícola crecerá al 9,5% anual, y las emisiones del suelo basados aumentarán de 12 Mt CO₂e en 2010 a 61 Mt CO₂e en 2030.

En todos los estudios consultados se afirma que la producción agrícola tendrá que crecer a esos niveles para no incrementar la inseguridad alimentaria del país, tanto si se implementan medidas para un crecimiento con bajas emisiones de gases como si no se actúa.

El STC identificó en el suelo un potencial de reducción de 78 Mt CO₂e en 2030, y clasifica las medidas en tres grupos. Las dos primeras se llevarían a cabo de forma conjunta: la promoción de técnicas de cultivo de baja emisión de GEI y las técnicas de cultivo de mayor rendimiento.

Otras medidas serían las encaminadas a la reducción de la deforestación para la creación de nuevas tierras de cultivo. Esto se puede conseguir a través de sistemas de riego que hagan viable el uso de áreas no boscosas. Esta medida tiene un potencial de reducción de 38 Mt CO₂e, como se ha explicado anteriormente en el apartado de la silvicultura.

- Principales impulsores de las emisiones de GEI y proyección hasta 2030.

Los principales impulsores de las emisiones de GEI del sector del suelo, así como los principales supuestos sobre sus impactos y desarrollo se detallan a continuación:

- a. Se espera que la producción total de cultivos de cereales aumente desde las 19 millones de toneladas producidas en 2010 a 71 millones de toneladas en 2030. Los residuos de los cultivos de cereales son regularmente incorporados al suelo y por lo tanto la producción total es un buen indicador de la cantidad reintroducida de residuos al suelo, y del nivel de emisiones que esta práctica genera. El IPCC determina que se reincorpora al suelo alrededor del 75% del total.
- b. Uso de fertilizantes químicos por hectárea y hectáreas cultivadas nos dará el nivel de emisiones producidos por el uso de estos fertilizantes. Según las estimaciones del SCT, el uso de fertilizantes por hectárea crecerá de 65 kg / ha en 2010 a 247 kg / ha en 2030. El uso de fertilizantes sintéticos en 2010-2015 se proyectó en base a los objetivos de GTP²⁶, y el crecimiento del consumo hasta el año 2030 fue estimado a partir de un estudio del Banco Mundial sobre uso de fertilizantes²⁷.
- c. Se estima que las hectáreas cultivadas crecerán en un 4% en los próximos años, teniendo en cuenta el uso semillas mejoradas (los efectos perjudiciales de esta práctica para la biodiversidad no son objeto de este estudio) y fertilizantes. Esto aumentará la superficie cultivada de 13 millones de hectáreas en 2010 a 27 millones de hectáreas en 2030.

²⁶ Ethiopia's Growth and Transformation Plan (GTP).

²⁷ <http://data.worldbank.org/indicator/AG.CON.FERT.ZS>.

d. La población de ganado se relaciona directamente con las emisiones por el estiércol utilizado en tierra. Como se ha comentado anteriormente, la población de ganado crecerá de 47 millones de unidades en 2010 a 92 millones en 2030. Estas cifras se basan en las proyecciones de la CSA²⁸.

- Propuestas de mejora

En total, se ha identificado un potencial de reducción en 2030 de 40 millones de toneladas de CO₂e de emisiones relacionados con el suelo y 38 Mt de CO₂e a través de la agricultura, lo que alcanza un potencial de reducción combinada de 78 Mt CO₂e.

Las cuatro iniciativas de los sectores de suelo se pueden agrupar en tres categorías:

- a. Mejora de las técnicas de baja emisión para la agricultura: al acelerar la introducción de técnicas de baja emisión y prácticas de gestión sostenible de la tierra, las emisiones se reducirían, manteniendo los niveles de producción. Estas técnicas incluyen las mejores prácticas agronómicas del suelo para aumentar el almacenamiento de carbono, la gestión óptima de nutrientes para mejorar la eficiencia de uso, laboreo eficaz y prácticas de gestión de residuos (véase apartado de Climate Smart Agriculture). La adopción de técnicas de bajas emisiones tiene un potencial de reducción de 40 Mt CO₂e.
- b. Técnicas de mejora del rendimiento en la agricultura: introducción de mejores prácticas destinadas a aumentar el rendimiento de la agricultura. Los agricultores de Etiopía podría aumentar drásticamente el rendimiento de sus cultivos mediante mejores sistemas de riego, el mejor uso de fertilizantes y estiércol, y la adopción de mejores prácticas agronómicas (por ejemplo, la cosecha y post-cosecha gestión). La adopción de las técnicas de mejora de rendimiento tienen una reducción potencial estimada de 27,2 Mt CO₂e en 2030.
- c. Creación de nuevas tierras agrícolas en zonas áridas a través del riego: mediante el uso de pequeños sistemas de riego, nuevas tierras agrícolas podrían crearse a partir de las zonas no forestales sin cultivo. La creación de nuevas tierras agrícolas en zonas áridas mediante el riego tiene un potencial de reducción de 10,6 Mt CO₂e en 2030.

²⁸ Central Statistical Agency of Ethiopia.

4.2.2. Los mercados de carbono y su aplicación a Etiopía. Una propuesta novedosa

Si bien se quiere resaltar que cualquiera de las modalidades de mercado de carbono puede resultar muy útil a la hora de financiar proyectos de *Climate Smart Agriculture*, en nuestro caso de estudio se considera que el mercado voluntario presenta actualmente algunas características que le permiten contribuir de forma más eficaz al desarrollo sostenible en Etiopía, como por ejemplo:

- Mayor potencial para implementar proyectos pequeños con altos beneficios para la comunidad local.
- Procedimientos menos burocráticos, por lo tanto menores costes de transacción, certificación, etc.
- Mayor flexibilidad, lo que permite la inclusión de proyectos de diferente tipología.
- Tecnologías limpias para los más pobres y mejora de servicios energéticos.

Los mercados regulados, por contra, presentan mucha incertidumbre en estos momentos como para usarse en proyectos de desarrollo a largo plazo. Son un tema de actualidad por el desplome del precio de los derechos de emisión. La postura de la Unión Europea es cambiante, en julio 2013 se planteaba el dilema “¿sostenibilidad o competitividad?” que incluso llegó a plantear la eliminación de los mercados de carbono en Europa. Unos meses después (octubre 2013), los titulares de Medio Ambiente de Reino Unido, Alemania, Francia, Italia, España, Holanda, Bélgica, Portugal, Suecia, Dinamarca, Finlandia, Eslovenia y Estonia proclaman la importancia de estos mercados en la lucha contra el cambio climático.

El mercado voluntario facilita a las entidades y a las personas que no están dentro de los sectores regulados asumir su compromiso con el cuidado del clima “compensando” sus emisiones en proyectos limpios en países en desarrollo.

La participación en los Mercados Voluntarios se caracteriza por ser opcional y no basada en regulaciones. Esto hace que hayan surgido distintos estándares que tratan de cuantificar la cantidad y calidad de las reducciones, así como el beneficio social que supone para las comunidades locales. La credibilidad es la clave del mercado voluntario, ello explica la necesidad de un estándar conocido y con reputación mundial. Cada estándar le asigna un nombre específico a los VERs (Verified Emission Reduction), que certifica para diferenciarlos de los generados por otros estándares.

Dependiendo del sistema de verificación aplicado, la localización y el tipo de proyecto, el precio del crédito de carbono en el Mercado Voluntario oscila entre los 3 y los 30€ por tonelada de CO₂ emitida.

Aunque los mecanismos voluntarios no están regulados y, consecuentemente, generan controversias, se han revelado como innovadores, ágiles y flexibles. Estos mercados, a menudo difíciles de entender, representan la respuesta de compañías y los ciudadanos al CC y tienen el potencial de ser una herramienta inmediata para la acción.

Por lo tanto, los mercados voluntarios no solo contribuyen a la mitigación y la adaptación al CC, sino que además mejoran las condiciones de vida de las poblaciones locales permitiéndoles un desarrollo limpio. En conclusión, permiten lograr resultados en las tres esferas de la sostenibilidad: la ambiental, la económica y la social.

5. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En los capítulos precedentes se han descrito los aspectos y características más destacadas de los trabajos realizados en la presente Tesis. El principal logro de la misma, ha sido, de acuerdo con los resultados y propuestas formuladas, la necesidad de cambios en la agricultura y en los sistemas agroalimentarios de la zona estudiada.

El punto de partida del estudio ha sido analizar el papel del clima en el desarrollo económico y social de los países, en concreto los dos paradigmas que discrepan sobre cómo los factores geográficos pueden ser la causa de su pobreza. Por un lado, la geografía se considera como principal determinante de las diferencias de riqueza entre los países y por lo tanto, una causa directa de escaso desarrollo en algunos países, mientras que por otro, es un factor indirecto que se reproduce a través de la calidad institucional y la gobernabilidad de los Estados. Se entendió por tanto, que para abordar el impacto del CC se debe distinguir en primer lugar entre las causas naturales del cambio y las causas de origen antropogénico.

Un punto importante de la presente Tesis es la vinculación del CC con la SA, para ello se analiza en profundidad la SA y se compara con términos relacionados como el derecho a la alimentación y la soberanía alimentaria. Posteriormente se expone la relación entre estos dos conceptos, y como de esta relación aparecen los términos de adaptación y mitigación que son analizados en puntos posteriores.

La metodología para un estudio de estas características es crucial para los resultados del mismo. Se ha optado por una herramienta visual como es el sistema GIS, que permite una rápida comprensión de los análisis presentados. En el capítulo tres se presenta el software utilizado y las bases de datos de donde se han sacado los datos para generar los mapas.

Asimismo, se presenta el caso de estudio de Etiopía a nivel general para una mejor comprensión de las variables elegidas en el estudio. Posteriormente se estudia en profundidad el sector agrícola etíope.

El cruce de variables realizado en el capítulo cuatro demuestra que la dependencia de la SA con las condiciones climatológicas es muy importante en Etiopía. De este análisis se desprenden todas las propuestas que justifican el planteamiento de una estrategia global de agricultura climáticamente inteligente.

Por último, por considerarse de aplicación directa al caso de Etiopía, se consideró de importancia la inclusión de un último apartado que explicase las modalidades de financiación que presentan los mercados de carbono y se realiza una propuesta novedosa que permitiría financiar proyectos de desarrollo en este sentido. Conviene resaltar que muchas de las propuestas que se realizan no alcanzan a implementarse por problemas de financiación.

Las principales conclusiones a las que ha llegado la presente investigación son las siguientes:

1. Ligadas al sistema de información geográfica:

- Se trata de una herramienta muy útil para el estudio del CC, que evidencia de una forma visual cómo y dónde se manifiestan los efectos del CC.
- Los efectos principales que se están produciendo con el CC son el aumento de la temperatura media y el cambio en los patrones de lluvia.
- Las necesidades de agua aumentarán por el incremento de las temperaturas (incremento de la evapotranspiración, disminución de la humedad del suelo).
- Los asentamientos en Etiopía se producen donde hay suficiente agua, donde las temperaturas son suaves (de ahí que el 45% de la población viva por encima de 1000m), y donde las precipitaciones son más estables. Otras variables se derivan de estas decisiones como el desarrollo de vías de comunicación y la creación de ciudades.

2. Propuestas ligadas a cambios en el manejo agrario y ganadero:

- La implantación de medidas comprendidas dentro del concepto CSA presentado por la FAO. Teniendo en cuenta las particularidades de cada comunidad, puede contribuir significativamente a la adaptación del CC a corto/medio plazo, y a la mitigación en el largo plazo.
- Un reciente informe de la UNCTAD²⁹ (18 de septiembre 2013) avala estas medidas. Recomienda a países, tanto ricos como pobres, que su agricultura pase del monocultivo a una mayor diversificación de los productos, reduzca el uso de fertilizantes y otros insumos, dé un mayor apoyo a los pequeños agricultores y se focalice más en la producción y el consumo local de alimentos.
- En el informe mencionado en el punto anterior, se observa que casi 1.000 millones de personas actualmente padecen hambre y otros 1.000 millones están desnutridas, a pesar de que la producción agrícola mundial actual ya proporciona suficientes calorías para alimentar a una población de entre 12.000 y 14.000 millones (la población actual es de 7.000 millones). Alrededor del 70% de los hambrientos o desnutridos son pequeños agricultores, lo que indica que la pobreza y el acceso a los alimentos son los retos más apremiantes.
- En relación al país elegido, Etiopía presenta unas condiciones técnicas muy adversas, tanto desde el punto de vista de la capacitación de los agricultores como desde el punto de vista de las tecnologías disponibles. Por todo ello, las medidas que se plantean deben ser analizadas en el terreno y su implantación debe ser gradual para que el cambio aparezca desde el interior de las propias comunidades.

3. Propuestas ligadas a los mercados de carbono:

- Los mercados pueden desempeñar un papel importante para ayudar a proteger el ambiente y alcanzar las metas de las políticas ambientales.
- Se presentan como una forma alternativa de financiación de proyectos de adaptación y mitigación del CC.

²⁹ United Nations Conference on Trade and Development.

- En la actualidad el mercado de carbono se puede dividir en dos grandes grupos: por un lado el mercado regulado (*compliance market*) y el mercado voluntario (*voluntary market*). El mercado voluntario, aún moviendo un volumen mucho menor que el mercado regulado, se está desarrollando y han aparecido numerosos mercados que están sirviendo para financiar proyectos relacionados con el CC y la SA.
- Se propone la utilización del mercado voluntario por considerar que presenta actualmente algunas características que le permiten contribuir de forma más eficaz al desarrollo sostenible en Etiopía.

Para encuadrar correctamente el estudio, es necesario dar al problema una formulación lógica, precisar sus límites y su alcance. Para ello es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Un estudio del CC y la SA requiere la inclusión de un enorme número de factores: sociales, económicos, políticos, científicos, ambientales, etc. Un intento de investigar a fondo y comprender los aspectos del CC y la SA en África puede abrumar y desbordar el alcance de este estudio. Este trabajo tiene como objetivo explorar e integrar los datos disponibles en la zona de estudio, que son limitados. Aunque el estudio revela mucho sobre el mecanismo a través del cual el CC afecta la SA, dado su carácter pionero no llega a ser lo suficiente profundo como para establecer acciones concretas a llevar a cabo y se queda en el ámbito de las propuestas. Sin embargo, si ayuda a priorizar las áreas donde deberían centrarse futuros trabajos de investigación.
- Una limitación importante del estudio es la falta de datos y estudios, tanto cualitativos como cuantitativos, sobre el CC y la SA en Etiopía.
- Limitaciones del GIS en cuanto a la falta de bases de datos fiables para su introducción en el programa.
- Las conclusiones y recomendaciones emanadas de este estudio no son generalizables a otras zonas, si bien parte del diagnóstico y propuestas podrían servir de punto de partida para zonas similares, teniendo siempre en cuenta las diferencias existentes.

Sobre la adecuación del marco teórico y la estrategia de investigación:

- Se ha optado por un marco teórico híbrido, que aunque ha enriquecido el trabajo ha complicado en exceso la toma de datos. Es oportuno destacar que la toma de datos ha sido un reto importante en Etiopía.
- La escasa información que existe sobre el CC en Etiopía ha dificultado la revisión de trabajos similares que sirvieran de guía.
- El enfoque elegido, junto con esta carencia de trabajos previos, ha fomentado la creatividad y ha servido para construir una investigación multidisciplinar.
- La dificultad de elaborar un estudio en un contexto nuevo, y a la vez la importancia de hacerlo para facilitar su comprensión, ha constituido un acierto del enfoque de investigación escogido. Por tanto conviene destacar la importancia del proceso de aprendizaje derivado del desarrollo de una investigación individual en un contexto ajeno. El propio diseño de la investigación ha constituido una aportación valiosa en la investigación.

En último lugar, se recogen las recomendaciones para futuras investigaciones. El carácter novedoso de la presente investigación ha dejado multitud de interrogantes abiertos que pueden constituir nuevas vías de investigación. Algunas de estas vías son:

- Profundizar el conocimiento sobre los determinantes e implicaciones del “círculo vicioso” entre producción agraria, generación de gases de efecto invernadero, y su impacto negativo sobre la producción, que permita proponer alternativas para superar esa tensión.
- Dado el escaso éxito que están teniendo los mercados de carbono regulados durante la crisis que se está atravesando, un trabajo interesante sería el estudio de alternativas a este esquema de financiación, o formas de estabilizarlos como la fijación de precios mínimos o el *blackloading*.
- La replicación del enfoque multidisciplinar de la presente Tesis en otras áreas geográficas puede ser posible.

Como consideración final se subraya que a pesar de las limitaciones referidas, el presente estudio pretende ser punto de partida para la elaboración de una investigación más amplia en esta materia. Sería deseable que este trabajo contribuyera a esclarecer cuál es el papel más apropiado que debe asumir el mercado y la legislación en un contexto como el africano, y por añadidura provocara una reflexión en el lector sobre cuál es el papel que asume en nuestro contexto.

BIBLIOGRAFÍA

Abrol, I.P. (2009). “*Conservation Agriculture as an adaptive and mitigation strategy to combat Climate Change*”. Conservation Agriculture. Getting agriculture to work people and the Environment, Issue 8. 1-3

Albrecht A, Kandji, S.T., (2003). “*Carbon sequestration in tropical agroforestry systems*”. Agriculture, Ecosystem & Environment, 99. 15–27

Altieri, M.A., Rosset, P., Thrupp, L.A., (1998). “El Potencial de la Agroecología para Combatir el Hambre en el Mundo en Desarrollo”. Una Visión de la Alimentación, La Agricultura y el Medio Ambiente en el Año 2020. Disponible en: <http://www.edualter.org/material/sobirania/potencial%20agroecologia.pdf>

FAO (1996) Declaración de la Cumbre Mundial sobre Alimentación. Roma

FAO (2000). “*Directrices relativas a los SICIAV nacionales. Antecedentes y principios*” <http://www.fao.org/DOCREP/003/X8346S/X8346S00.HTM>

FAO (2004). “*Carbon sequestration in dryland soils*”. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/images/resources/pdf_documents/wsrr102.pdf

FAO (2008a). “*Climate change adaptation and mitigation in the food and agriculture sector*”. High-level conference on food security – the challenges of climate change and bioenergy. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/013/ai782e.pdf>

FAO (2009b). “*Climate change and biodiversity for food and agriculture: taking systemic and second order effects into account*”, by M. Flitner & J. Herbeck. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/017/ak223e.pdf>

FAO (2009b). *“State of food and agriculture – livestock in the balance”*. Rome.

FAO (2012a). *“Economics of plant genetic resource management for adaptation to climate change. A review of selected literature”*. S. Asfaw & L. Lipper. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/015/an649e/an649e00.pdf>

FAO (2012c). *“Soil organic carbon accumulation and greenhouse gas emission reductions from conservation agriculture: a literature review”*. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agp/icm16.pdf

FAO-PAR (Platform for Agrobiodiversity) (2011). *“Biodiversity for food and agriculture: contributing to food security and sustainability in a changing world”*. Rome. Disponible en: http://agrobiodiversityplatform.org/files/2011/04/PAR-FAO-book_lr.pdf

FAO-PMA-CEPAL, (2007). *“Hambre y cohesión social.”* Santiago de Chile.

IUCN & Ecoagriculture Partners. Forest Conservation Programme (2008). *Arborvita especial*. Disponible en: http://www.ecoagriculture.org/documents/files/doc_126.pdf

Geerlings, H., & Stead, D. (2003). *“The integration of land use planning, transport and environment in European policy and research”*. *Transport Policy*, 10(3): 187–196.

Holt-Gimenez, E., Altieri, M. y Rosset, P. (2006). *“Posición Política de FoodFirst No. 12: Diez razones por qué una nueva Revolución Verde promovida por la Alianza de Rockefeller y la Fundación de Bill y Melinda Gates NO resolverá los problemas de Pobreza y Hambre en África Sub-Sahariana”*. PolicyBrief. FoodFirstInstituteForFood and DevelopmentPolicy. Disponible en: <http://www.foodfirst.org/sites/www.foodfirst.org/files/pdf/PB12%2010%20Reasons%20Gates%20Rockefeller%20-%20English.pdf> Disponible en español en: <http://lahaine.org/b2-img/foodfirst.pdf>

Iglesias, A.; Avis, K.; Benzie, M.; Fisher, P.; Harley, M.; Hodgson, N.; Horrocks, L.; Moneo, M. y Webb, J. (2007). *"Adaptation to Climate Change in the Agricultural Sector"*. AGRI-2006-G4-05. Report to European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development. ED05334. Issue Number 1. December 2007. AGRI/2006-G4-05

Instituto de Desarrollo Sostenible y Relaciones Internacionales (2002). *Cambio Ambiental y Escenarios de Migración Forzada*". Informe presentado en la Cumbre de Cambio climático de Poznan-Polonia

Lal, R. (1999). *"Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect"*. *Progress in Environmental Science*, 1:44, 307-326

Lal, R. (2004). *"Soil Carbon sequestration impacts on global climate change and food security"*. *Science*, 304. 1623-1627

Lal, R. (2010). *"A dual response of Conservation Agriculture to Climate Change: Reducing CO2 emissions and improving the soil carbon sink"*. En Gil Ribes, J.; González Sánchez, E.; OrdóñezFernández, R.; Veroz González, O. *Proceedings of the European Congress on Conservation Agriculture: Towards agro-environmental climate and energetic sustainability*. Madrid, 2010. ISBN: 978-84-491-1038-2

Organización de Naciones Unidas (ONU) (2007). *"Objetivos de Desarrollo del Milenio. Informe de 2007"*. Disponible en: http://www.onu.org.pe/upload/documentos/MDG_Report_2007-r2.pdf

Paustian, K.; Andren, O.; Janzen, H.H. Lal, R.; Smith, P.; Tian, G.; Tiessen, H.; Vannoordwijk, M. and Woome, P.L. (1997). *"Agricultural soils as a sink to mitigate CO2 emissions"*. *Soil Use Manage*, 13. 230-244

Pelletier, D.L., Olson, C.M., Frongillo, E.A. (2003) *"Inseguridad Alimentaria, hambre y desnutrición"*. En: Bowman BA, Russel RM, editores. *Conocimientos actuales sobre nutrición*. Washington, DC, Octava edición. 2003:762-775.

PNUD. Proyecto Milenio (2005) *"Halving Hunger: It Can Be Done"*. Informe Final del Task Force on Hunger. The Earth Institute at Columbia University, New York. Disponible en: http://www.unmillenniumproject.org/reports/tf_hunger.htm

Pretty, J. (1995). *“Regenerating agriculture: Policies and practices for sustainability and self-reliance”*. Earthscan Publications Ltd., London.

Reicosky, D.C. and Archer, D.W. (2007). *“Moldboard plow tillage depth and short-term carbon dioxide release”*. Soil and Tillage Research, 94. 109-121

Rosset, P. (2004) *“Food Sovereignty: Global Rallying Cry of Farmer Movements”* Soberanía Alimentaria: Reclamo Mundial del Movimiento Campesino Institute for Food and Development Policy Backgrounder vol. 9, no. 4, 2003.

Sangha Group (2008). *“The ‘Sangha guidelines’ for landscape approaches”*. Learning from Landscapes: The IUCN

Scherr, S.J., Shames, S. & Friedman, R. (2012). *“From climate-smart agriculture to climate-smart landscapes”*. Agriculture & Food Security, 1: 1–12. Disponible en: <http://www.agricultureandfoodsecurity.com/content/1/1/12>

Simon, D. (2002). The principles of sustainability. Earthscan Publications Ltd., London.

Smit, B., Pilifosova, O., (2001). *“Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity”*. Chapter 18 in Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability— Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Smith, P.; Martino, D.; Cai, Z.; Gwary, D.; Janzen, H.; Kumar, P.; McCarl, B.; Ogle, S.; O’Mara, F.; Rice, C.; Scholes, B.; Sirotenko, O.; Howden, M.; McAllister, T.; Pan, G.; Romanenkov, V.; Schneider, U.; Towprayoon, S.; Wattenbach, M. y Smith, J. (2008). *“Greenhouse gas mitigation in agriculture”*. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 363. 789–813.

Sunderland, T. (2012). *“Landscape guidelines and principles”*. Presentation at conference. Bogor, Indonesia, CIFOR

Turrall, H., Burke, J. & Faurès, J.M. (2011). *“Climate change, water and food security”*. FAO Water Report No. 36.

UN-Water (2010). "Policy Brief: *Climate change adaptation: The pivotal role of water*". Disponible en: http://www.unwater.org/downloads/unw_ccpol_web.pdf

Uphoff, N. and Altieri, M.A. (1999) "*Alternatives to conventional modern agriculture for meeting world food needs in the next century*". Report of a Bellagio Conference. Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development. Ithaca, NY.

Windfuhr, M. y Jonson, J. (2005). "Soberanía Alimentaria: Hacia la democracia en los sistemas alimentarios locales" FIAN Internacional. <http://www.nodo50.org/plataformarural/soberaniaalimentaria.pdf>

World Bank (2008). "*Climate change response strategies for agriculture: challenges and opportunities for the 21st century*". The International Bank for Reconstruction and Development and the World Bank.

Ziegler, J. (2003), Informe del Relator Especial de la Comisión de Derechos Humanos de NNUU para el derecho a la alimentación, agosto 2003. Disponible en: http://www.elizagipuzkoa.org/caritas/derechoAl/artikuluak/Informe_relator_febrero_2004.pdf

Ziegler, J. (2004). "*Informe del Relator Especial de la Comisión de Derechos Humanos de NNUU para el derecho a la alimentación*". Marzo 2004. Disponible en: <http://www.derechoalimentacion.org/gestioncontenidosKWDERECHO/imgsvr/publicaciones/doc/Informe%20septiembre%202004.pdf>

ALGUNAS DE LAS REFERENCIAS WEB CONSULTADAS

Páginas de Naciones Unidas y organismos internacionales

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)

http://www.fao.org/index_es.htm

La FAO lidera las actividades internacionales encaminadas a erradicar el hambre. Ayuda a los países en desarrollo y a los países en transición a modernizar y mejorar sus actividades agrícolas, forestales y pesqueras, con el fin de asegurar una buena nutrición para todos. Sus principales áreas de intervención son: a) ofrecer información, b) compartir conocimientos especializados en materia de políticas, c) ofrecer un lugar de encuentro para los países, y d) llevar el conocimiento al campo. Su web proporciona información muy completa sobre todas las áreas relacionadas con la seguridad alimentaria y la nutrición.

Áreas temáticas de FAO

FAO-Semillas, Diversidad y Desarrollo

<http://www.fao.org/economic/esa/seed2d/sedidehome/es/>

Página temática sobre los temas de Semillas, Diversidad y Desarrollo desarrollada por la FAO y varias contrapartes internacionales que presenta resultados de proyectos e investigación de diversos países así como documentación relacionada con esos temas.

FAO-Recursos Genéticos y Biodiversidad

<http://www.fao.org/nr/biodiv/biodiv-home/es/>

Página temática sobre Recursos Genéticos y Biodiversidad desarrollada por la FAO y por el Ministerio de Agricultura de Italia que presenta resultados y información relacionada con esos temas.

FAO-Tenencia de la Tierra

<http://www.fao.org/nr/tenure/lt-home/es/>

Página temática sobre Tenencia de la Tierra desarrollada por la FAO que presenta resultados, información y documentación relacionada con ese tema.

FAO-Recursos de la Tierra

<http://www.fao.org/nr/land/land-resources-home/es/>

Página temática sobre Recursos de la Tierra desarrollada por la FAO que presenta resultados y documentación relevante relacionada con esos temas.

FAO-Nutrición y Protección del Consumidor

http://www.fao.org/ag/agn/index_es.stm

Página temática desarrollada por la FAO que presenta información importante relacionada con la nutrición y protección del consumidor.

FAO-Departamento de Pescas y Acuicultura

<http://www.fao.org/fishery/es>

Página temática desarrollada por la FAO que presenta información, documentación, estadísticas, glosario y hojas técnicas relacionadas con el tema de la pesca y acuicultura.

Documentos de referencia de actualización permanente FAO

El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo (SOFI)

http://www.fao.org/publications/sofi/index_es.htm

El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo informa sobre los esfuerzos realizados en el mundo y en los países para alcanzar el objetivo establecido por la Cumbre Mundial sobre la Alimentación en 1996: reducir a la mitad el número de personas subnutridas en el mundo para el año 2015.

El estado mundial de la agricultura y la alimentación (SOFA)

http://www.fao.org/publications/sofa/index_es.html

El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación (SOFA) es una publicación anual de FAO que presenta los resultados y las perspectivas sobre la situación de la agricultura y la alimentación a nivel mundial. informes disponibles desde 1993.

El estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA)

<http://www.fao.org/fishery/sofia/es>

El estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA) es un informe que se publica cada dos años para proporcionar a los responsables de las políticas, a la sociedad civil y a aquellos cuyos medios de subsistencia dependen de este sector un panorama general, objetivo y completo de la pesca de captura y la acuicultura, así como de las correspondientes cuestiones normativas. Informes disponibles desde 1995.

Derechos Humanos (Naciones Unidas)

Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los derechos humanos

<http://www.ohchr.org>

Sitio web que contiene numerosa información desde los tratados internacionales centrales de derechos humanos, hasta materiales educativos sobre DDHH. Tiene un buscador para encontrar el contenido de Acuerdos y Tratados internacionales sobre DDHH, en varios idiomas. Se pueden encontrar los informes por país del relator de NU para el Derecho a la Alimentación.

Relator Especial de las Naciones Unidas sobre el Derecho a la Alimentación

<http://www.righttofood.org>

Página web de la “Unidad de Investigación sobre el Derecho a la Alimentación”. Esta Unidad fue creada en 2001 para apoyar al Relator Especial de las NNUU sobre el Derecho a la Alimentación (actualmente el Sr. Olivie de Schutter) en colaboración con del Alto Comisionado de las NNUU para los Derechos Humanos. En esta web, se pueden encontrar los informes del Relator Especial a la Comisión de NNUU sobre los Derechos Humanos, a la Asamblea General de las NNUU, e informes de misiones para examinar el derecho a la alimentación en el mundo.

Unidad de Derecho a la Alimentación de la FAO

http://www.fao.org/righttofood/index_es.htm

Este Portal tiene por objetivo mejorar el acceso a la información, el conocimiento y el material de capacitación relativos a la aplicación del derecho a la alimentación con el fin de fomentar la adopción de las Directrices Voluntarias, contribuyendo de este modo a la seguridad alimentaria y la reducción de la pobreza. Tiene recursos educativos, un curso de aprendizaje electrónico sobre el derecho a la alimentación, y una biblioteca virtual muy completa sobre el tema.

Otros Naciones Unidas

Proyecto Milenio de Naciones Unidas

<http://www.unmillenniumproject.org>

Portal del Proyecto del Milenio en el que se accede al informe final completo “Invirtiendo en desarrollo” presentado en el año 2005 con recomendaciones para cumplir con los ODM, en varios idiomas . Cuenta además con la acceso a los informes específicos de los grupos de trabajo de los ODM, entre ellos el Grupo de Trabajo del Hambre. Se relacionan los ODM y los indicadores para su seguimiento.

Redes de Investigación y Conocimiento

Food Security Information for Action Network (EC/FAO)

<http://www.foodsec.org/index.htm>

La Red de Seguridad Alimentaria e Información para la Acción es un programa de la Comisión Europea y FAO dirigido a reforzar las capacidades nacionales para producir, gestionar y utilizar la información sobre seguridad alimentaria de diferentes sectores para lograr políticas y programas más efectivas.

LandTenure.Info - Elementos Básicos sobre Sistemas de Tenencia de la Tierra

<http://www.landtenure.info/sito.html>

Landtenure.Info es una base de conocimiento que presenta la evolución de la situación de las estructuras agrarias y de la tierra de países seleccionados. El proyecto viene siendo desarrollado por la FAO en contraparte con varias organizaciones internacionales, y pretende recopilar y diseminar información pública que se encuentra dispersa sobre sistemas de tenencia de la tierra en un formato integrado y accesible.

Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR)

www.cgiar.org

Página con enlaces a los 15 Centros Internacionales de Investigación Agrícola y con una librería virtual <http://vlibrary.cgiar.org> con un motor de búsqueda que accede a los documentos de dichos centros.

Instituto Internacional de Investigación de Políticas Alimentarias (IFPRI)

www.ifpri.org

Es uno de los centros del CGIAR con amplia información de estudios e investigaciones por tema y por país, relacionados con las políticas de seguridad alimentaria y nutricional. Contiene información sobre temas emergentes que inciden en la alimentación a nivel mundial y cuenta con un activo “blog del hambre en el mundo” con diversas categorías para incorporar comentarios.

Fundación Development Gateway

www.developmentgateway.org

Development Gateway es un portal de recursos en línea para compartir información y conocimientos sobre temas de desarrollo a nivel mundial. Posee un directorio online que nos permite saber quien hace que, donde y con que fondos en la cooperación internacional, además de foros temáticos específicos (existe un foro sobre seguridad alimentaria).

Eldis

<http://www.eldis.org/>

Eldis es un recurso en línea del Instituto de Estudios de Desarrollo (IDS Sussex) que tiene el objetivo de compartir las mejores políticas, prácticas e investigaciones relacionadas con temas de desarrollo. Eldis ofrece más de 22.000 documentos resumidos de más de 4.500 organizaciones ligadas al desarrollo – todos disponibles para poder descargarlos gratuitamente. A través de esta web, también se pueden compartir experiencias con más de 80.000 personas que trabajan en temas de desarrollo.

Foro de Seguridad Alimentaria y Nutrición (FSN Forum)

http://km.fao.org/fsn/fsn_home.html

El Foro de SAN es una comunidad en línea, creada en octubre de 2007 por la FAO, cuyos miembros comparten experiencias, identifican recursos, se ayudan mutuamente y encuentran soluciones a cuestiones relacionadas con la seguridad alimentaria y nutricional (SAN), concentrándose en políticas y estrategias de SAN.

Instituto de Estudios del Hambre-IEH

<http://www.ieham.org>

El Instituto de Estudios del Hambre es una organización dirigida a investigar y formar capacidades en los países en desarrollo para la lucha contra el hambre. Cuenta con una biblioteca on line totalmente accesible y un foro de discusión sobre temas de actualidad relacionado con la alimentación en los países en desarrollo. Cuenta con una biblioteca y un Foro de discusión de la sociedad civil sobre Tecnologías Sociales .que ha desarrollado junto a la Red Internacional de Seguridad Alimentaria IFSN de ActionAid.

Red de Investigación Acción sobre la Tierra

<http://www.acciontierra.org/>

La Red de Investigación Acción Sobre la Tierra (LRAN) es una red de investigadores y colectivos comprometida en la defensa de la soberanía alimentaria. Esta coordinado por los siguientes organismos: FoodFirst/The Institute for Food and Development Policy (Estados Unidos), Focus on the Global South (Tailandia), la Rede Social de Justica e Direitos Humanos (Brasil) y el National Land Committee (África del Sur). Su Página Web dispone de artículos de noticias actualizados, llamados a acción urgentes, comunicados de prensa, y temas especiales (Banco Mundial, Violencia y Represión, Reforma de la Tierra, Sudamérica, Mujeres y Género, Movimientos Populares, Agricultura Campesina, Agroindustria y Biotecnología).

ANEXOS

A. BASES DE DATOS

A.1. Bases de datos

A.1.1. VasClim0: la base después de un kriging

Presentación de la base

La construcción de la red está basada en la interpolación de datos de precipitación de diversas estaciones meteorológicas distribuidas por todo el mundo. El método de interpolación utilizado es el kriging ordinario.

Principio de Construcción

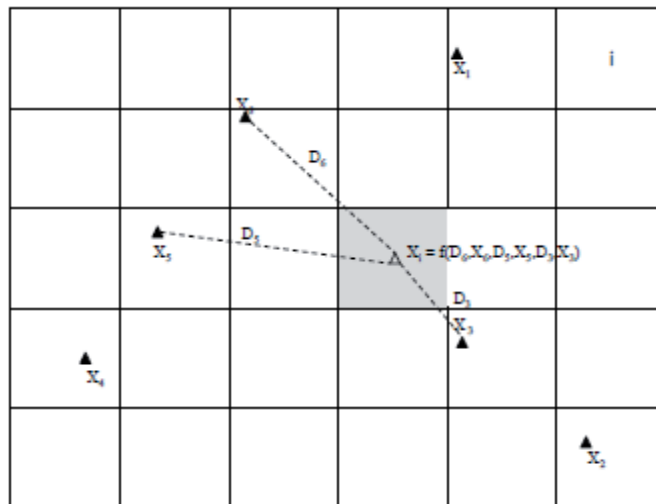
Kriging es un método de interpolación espacial, utilizando los datos de autocorrelación espacial como cálculo de apoyo. Este principio proporciona para una superficie dada una estimación del valor de la serie estudiada en cada punto en el área de referencia. El método kriging se basa en una estimación lineal de la esperanza y varianza de los datos espaciales. Más específicamente, se trata de una explotación del variograma³⁰ de la serie. Este método de interpolación proporciona una estimación lineal no sesgada de la varianza mínima y los datos estimados. Para los datos meteorológicos, kriging interpola entre varias estaciones y pondera las estaciones de acuerdo con la distancia desde el mismo punto a cada estación periférica y se utiliza de acuerdo a esta distancia. Así, para la misma interpolación, dos estaciones cercanas entre sí tienen un peso respectivo menos importante que dos estaciones remotas. El método kriging ajusta el problema de la heterogeneidad en la distribución geográfica de las estaciones.

³⁰ El variograma define la varianza de la serie en función de la distancia entre los puntos dados.

Así, como muestra la Figura 7, para un área dada A, que contiene 6 estaciones que están asociadas a los datos meteorológicos X, kriging debe determinar para cada centro (o centroide) de la cuadrícula³¹ de aire el valor de los datos de precipitación, considerando una correlación entre los valores de los datos en las estaciones vecinas y la distancia de la estimación puntual a estas estaciones. El número de estaciones seleccionadas para la interpolación puede variar.

El principio de estimación kriging está muy cerca de los algoritmos de estimación espacial tradicional. Los resultados obtenidos con este método son similares a los obtenidos con el algoritmo de Shepard (1968) o los métodos de triangulación de ponderación de distancia inversa. La particularidad de kriging es utilizar la función de distribución espacial revelada por la serie y una función de distribución no exógena. La ventaja del método es que proporciona la varianza de error para todos los puntos estudiados. Para esta base, los autores señalan que el método de Shepard y kriging dan resultados similares. El algoritmo de Shepard se prefiere a kriging en las bases de datos descritas a continuación.

Figura 7: Principio de Kriging



³¹ La precisión de la cuadrícula es en función de la interpolación.

Hay varios tipos de kriging: simple, ordinario o a la deriva / tendencia. Según Goovaerts (1997), u es una estimación puntual y el u_α el punto vecino. $n(u)$ es el conjunto de puntos vecinos utilizados en la estimación de la serie. A continuación, la estimación de $Z^*(u)$ de la media de la serie u es:

$$Z^*(\mathbf{u}) - m(\mathbf{u}) = \sum_{\alpha=1}^{n(\mathbf{u})} \lambda_\alpha [Z(\mathbf{u}_\alpha) - m(\mathbf{u}_\alpha)]$$

Con $m(u)$ promedio esperado de $Z(u)$ y el peso kriging λ_α asignado a $Z(u_\alpha)$ para la estimación de $Z(u)$. Nótese que el peso kriging asignado al mismo u_α puede ser diferente dependiendo de la estimación puntual. Además, el peso se define como el peso kriging para la minimización de los estimadores de la varianza:

$$\sigma_E^2(\mathbf{u}) = Var\{Z^*(\mathbf{u}) - Z(\mathbf{u})\}$$

Bajo la restricción de una estimación no sesgada:

$$E\{Z^*(\mathbf{u}) - Z(\mathbf{u})\} = 0$$

La estimación de $Z(u)$ se descompone entonces en un valor residual $r(u)$ y una tendencia, $m(u)$.

Distinguir los diferentes tipos de kriging se hace sobre la estimación de la tendencia $m(u)$. El kriging sencillo considera la tendencia como una constante igual a m . En su lugar, Kriging ordinario considera el valor de tendencia igual al valor de la tendencia del punto vecino: $m(u) = m(u_\alpha)$. Finalmente, kriging con tendencia o a la deriva, también llamado método universal considera la tendencia $m(u)$ como una combinación lineal de los valores medios de los puntos vecinos mediante la integración de sus coordenadas geográficas:

$$m(\mathbf{u}) = m(x, y) = a_0 + a_1x + a_2y$$

El método Kriging se basa en numerosos supuestos que limitan el uso de los resultados de dicha interpolación. En primer lugar, la técnica se basa en la suposición

de la distribución lineal de los datos. Este supuesto es importante porque plantea el problema de nivelación de datos. Los choques puntuales son suavizados por Kriging, de hecho, el método de interpolación utilizado no tiene en cuenta los microclimas ni tampoco los fenómenos puntuales, así como la distancia del punto al mar. El trabajo requiere de más limpieza de los datos preliminares que pueden resolver los problemas de valores atípicos debido a errores de medición y estandarización de la base. Este paso también suaviza eventos extremos localizados. Además, por construcción, este método crea una correlación entre los puntos. En teoría, esto debería reproducir la correlación relacionada con la geografía y el clima. La covarianza entre los puntos, ilustra el efecto del variograma de la zona. Pese a que se trata de una construcción estadística, la base de datos VasClim0 debe utilizarse con precaución en economía y econometría. La base puede ser usada para estudiar fenómenos a largo plazo como el cambio climático (Grieser y Beck 2006).

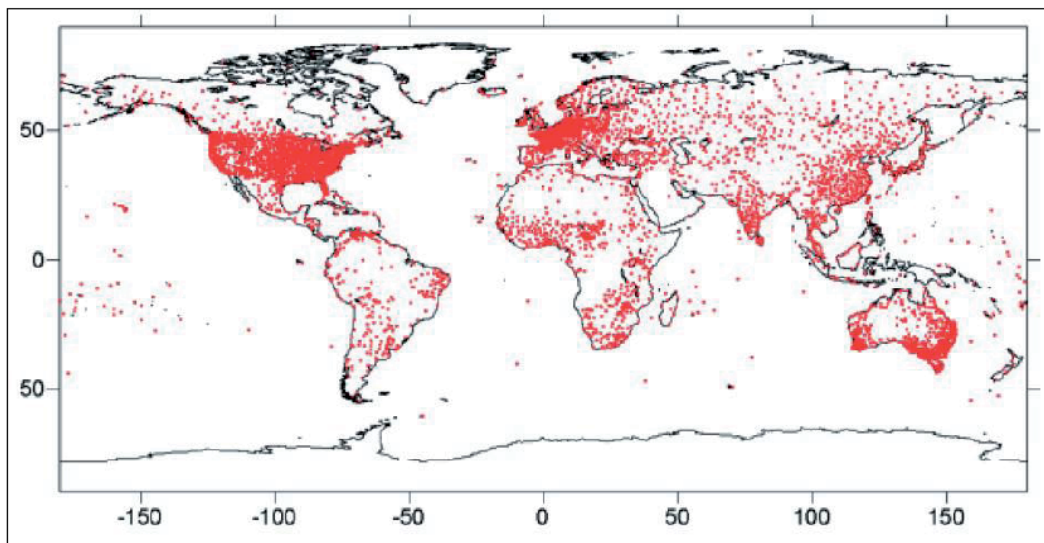
Las características de la base

Los datos de VasClim0 se derivan del formato de kriging ordinario. La interpolación aplicada tendrá en cuenta 9.343 estaciones (Figura 8). Los autores utilizan tres fuentes principales de datos: las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) con 13.500 estaciones, la Unidad de Investigación sobre el Clima (CRU corresponde a Climatic Research Unit) con 9.500 estaciones y la red de climatología histórica mundial (GHCN: Global Historical Climatology Network), con 22.600 estaciones. Las estaciones se identifican por su posición geográfica, la altitud, el nombre y el código de la Organización Meteorológica Mundial (código OMM). Están, por tanto, armonizadas. Por ejemplo, algunas estaciones son idénticas en diferentes bases de datos, pero no tienen los mismos valores. En este caso, los autores deben hacer una elección del valor más creíble entre los datos. Para evitar los problemas de heterogeneidad, los autores optaron por aplicar las menos fuentes posibles. Por ello, los datos nacionales son raramente utilizados (excepto para la prueba), ya que su sistema de medición no está armonizado a nivel mundial³². Estas etapas de validación son comunes a todas las bases de datos (VasClim0, CRU y Udel).

VasClim0 sólo está disponible en el período 1950-2000.

³² Se espera que pronto sea supervisado por OMM.

Figura 8: Distribución de las Estaciones



Fuente: Beck et al. (2005)

A.1.2. La base de la Unidad de Investigación Climática (CRU Climatic Research Unit-TS3)³³

Presentación

La base es una de las fuentes de datos climáticos del CRU utilizadas con más frecuencia. El CRU es una unidad de investigación adscrita a la Universidad de East Anglia, en Inglaterra. La unidad dispone de tablas de datos para numerosos años con una cobertura espacial y temporal en evolución. En la década de 1990, se introdujo una numeración de las versiones. Los últimos datos disponibles en la actualidad son los de la tercera versión de la base de datos: CRUTS3. Esta base reagrupa las series de variables climáticas desde 1901 a 2004: precipitación terrestre, temperatura, nubosidad, rango de temperatura diaria, la frecuencia de días con heladas, la temperatura mínima y máxima diaria y mensual, la presión atmosférica y frecuencia de los días de lluvia. Todas estas series no están disponibles actualmente. CRUTEMP3 es una subcategoría de CRUTS3 que contiene los datos de temperatura del aire así como las anomalías de temperatura superficial del suelo mensuales de 1850 a 2006. Se asocia con la base HadCRUT3 que incluye tanto la serie de la superficie marítima

³³ Esta parte fue escrita antes de la publicación en enero de 2012 del artículo de Jones et al., basado en la nueva CRUTEMP4 con difusión de datos en abril de 2012 en el CRU. En esta última versión, sólo los datos de la temperatura están disponibles hasta diciembre de 2010 (5x5 cuadrícula °).

como terrestre. La descripción de la construcción de esta versión se hace en Brohan et al. (2006). Los datos de temperatura de la base CRUTEMP3 son expresados como la diferencia en la media de una serie de valores, y se denomina anomalía.

Principio de Construcción

Los autores hacen su trabajo a partir de la interpolación de los datos calculados en términos de anomalías. Esto presenta varias ventajas: a medida que utilizan diferentes fuentes de información y para evitar problemas de agregación que puedan surgir de la heterogeneidad de las fuentes, los autores expresan sus datos como desviaciones de la media calculada para el período en que mayor número de datos disponen: 1961-1990. Además, las anomalías son espacialmente más conservadoras que los datos (Jones y Hulme 1996) y responden mejor si falta algún dato, especialmente cuando se trata de valores extremos de la zona. Trabajar sobre la anomalía de la serie en lugar de los valores absolutos de temperatura también permite paliar el problema de la agregación de datos a nivel mensual (que puede variar dependiendo del país) y no toma en cuenta los problemas de las diferentes altitudes de las estaciones base (se incluye en el error sistemático).

Además, los autores muestran que el valor real puede ser encontrado a través de un simple cálculo a partir de las anomalías interpoladas que están presentes en la base de datos. En efecto, si definimos el punto estimado T_R como un promedio ponderado (con los pesos W_i de la estación) los valores de las diferentes estaciones i de la región R para el año k (T_{ik}), tenemos:

$$T_R = \sum_{i=1}^N w_i T_{ik}$$

Por lo tanto, puede hacer la misma interpolación estándar (la anomalía de la serie), calculado a partir del promedio para el período i

$$\Delta T_{ik} = T_{ik} - T_i$$

Así, encontramos T_R asociado con esta interpolación

$$T_R = \sum_{i=1}^N w_i T_{ik} + \sum_{i=1}^N w_i \bar{T}_i$$

Además, este método tiene en cuenta una diferencia en la variabilidad entre estaciones que incorporan la desviación estándar de una serie de estaciones en el cálculo.

Después de seleccionar las estaciones de acuerdo con la disponibilidad del período de interés y calcular las anomalías para la fuente de datos, los autores realizaron un promedio de los datos de estaciones disponibles en cada cuadrícula. La baja resolución del análisis les permite tener en la mayoría de las cuadrículas de 5 ° al menos una estación. Así, cada centroide está asociado con el valor del punto de la estación en la cuadrícula (o un promedio de los puntos de las estaciones en la red). En versiones anteriores a CRUTEMP3, cuando la cuadrícula no contenía valores de datos se calculaban a partir de los valores de las cuadrículas vecinas (Jones et al. 2001). La versión de CRUTEMP3 descrita por Brohan et al. (2006) ya no permite esta corrección, por lo que algunas de las celdas están vacías. Los valores estimados de los datos climáticos dependen en gran medida el número de estaciones disponibles en la red, la correlación entre los sitios y la variabilidad temporal de la serie estimada (Jones et al. 1997).

Nótese que para determinadas zonas geográficas, se precisan cuadrículas más precisas por la alta densidad de estaciones de datos disponibles (sobre todo en el hemisferio norte).

El método de interpolación propuesto es muy simple y los datos apenas son modificados. Sin embargo, se enfrenta a un intento sistemático de aumentar la bases “fuente” para mejorar la precisión de la cuadrícula.

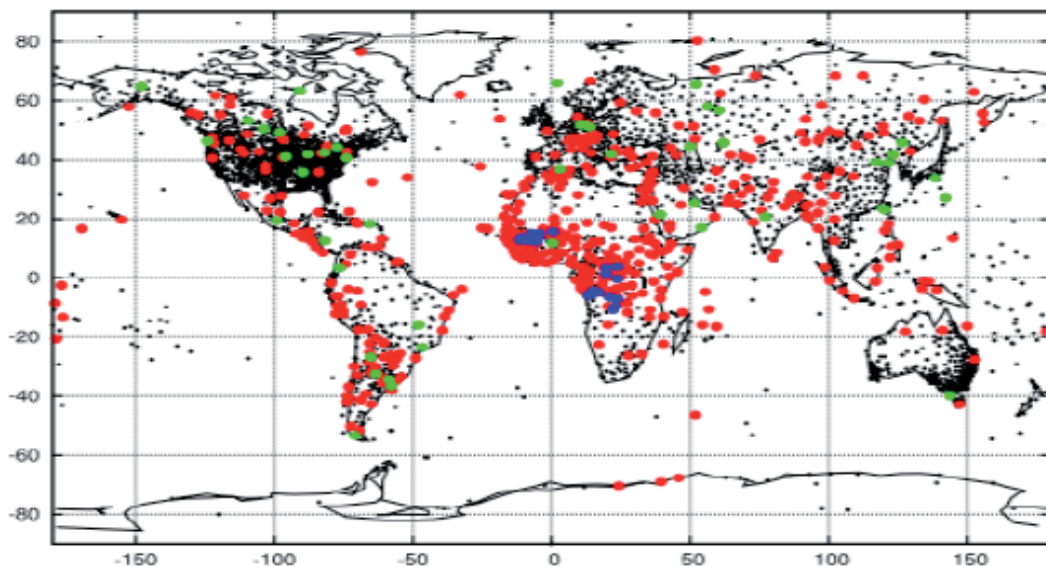
Por último, la red de cuadrículas no está formada por cuadrículas del mismo tamaño, los autores corrigen sus datos de la superficie de la cuadrícula (Jones, 1994), tales como:

$$\Delta T_k = \frac{\sum_{i=1}^N \cos(\text{lat } i) \Delta T_{ik}}{\sum_{i=1}^N \cos(\text{lat } i)}$$

Las características de la base

Los autores desarrollan los registros de la base CRUTEMP3 de las estaciones meteorológicas disponibles en el mundo. La base de datos en bruto de referencia es la misma que ya se utilizó para la construcción de CRUTEMP2 (Jones y Moberg 2003). Esta última se completó con la inclusión de estaciones particulares de Malí, República Democrática del Congo, Suiza, Austria y la Antártida. Todos los datos procesados se derivan principalmente de los servicios meteorológicos nacionales (datos recogidos directamente por la CRU), GHCN (Global Historical Climatology Network), datos del Clima Mundial (publicados en 1980) y de datos nacionales publicado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Estos datos se describen y clasifican en cinco categorías en función de su origen, el período y área geográfica de cobertura dentro del artículo de Jones y Moberg (2003). Por último, los autores utilizaron 4.349 estaciones, que tras la eliminación de duplicados y la normalización de los datos, se quedaron en 4.138 estaciones (Figura 9). De hecho, los autores proporcionan numerosas homogeneizaciones a las series: medidas mensuales, armonización de medidas y la detección de series aberrantes. Antes de la interpolación, la serie de valores superiores a cinco desviaciones estándar de la media T_i se excluyeron de las fuentes (Brohan et al. 2006).

Figura 9: Distribución de las estaciones meteorológicas usadas por CRUTEMP3



Nota: En el mapa se muestran las estaciones utilizadas en la base de datos de CRU. Los puntos negros marcan todas las estaciones, los círculos verdes indican las estaciones eliminadas entre CRUTEMP3 y CRUTEMP2, los puntos azules son las estaciones añadidas y los rojos, las modificadas. La mayoría de las estaciones cambiadas sufrieron solamente cambios menores (corrección de un valor atípico por ejemplo).

Fuente : Brohan et al. (2006)

La base CRU se basa por tanto en un número de estaciones menor que las que presenta la base VasClim0 y la resolución geográfica es menor. Sin embargo, se usa más en la literatura.

A.1.3. La base de la Universidad de Delaware: Udel (2,01)

Presentación

La base de la Universidad de Delaware ofrece una cuadrícula de datos climático globales desde 1900 hasta 2008. Los principales autores son los profesores Willmott y Matsuura. La base se fabrica en el Centro de Investigación sobre el Clima en el Departamento de Geografía de la Universidad de Delaware, Estados Unidos. Combina los datos de precipitación y temperaturas mensuales disponibles para toda la superficie terrestre del planeta.

La técnica de interpolación de la base de datos es triple y se define en tres diferentes artículos (Willmott et al., 1985, Willmott y Matsuura 1995, Willmott y Robeson 1995).

Principio de Interpolación

Los autores utilizan una combinación de diferentes métodos de interpolación espacial demostrados en artículos anteriores. Usan una combinación del modelo de elevación numérico (DEM), la interpolación asistida presentada por Willmott y Matsuura en 1995, la interpolación tradicional presentada en el artículo de Willmott et al. (1985) y la interpolación de climatología asistida por ordenador (CAI) descrito por Willmott y Robeson en 1995.

En su trabajo, incluyendo el artículo de 1995, Willmott y Matsuura muestran que tomando en cuenta la elevación (altitud del punto) se puede aumentar la precisión de la interpolación. Este argumento justifica, según los autores, el uso de la interpolación del DEM que utiliza una cuadrícula de elevación terrestre. En una forma simplificada, cada estación se baja al nivel del mar, de acuerdo a una regla que vincula la elevación con la temperatura. Los autores estiman una relación entre la altitud y temperatura de alrededor de $6,5^{\circ}\text{C}$ por cada 103 metros de bajada de altitud (Willmott y Matsuura 1995).

Entonces, se realiza una interpolación simple de los datos utilizando un algoritmo de Shepard. Finalmente, cada punto de la cuadrícula se eleva a su altura y la temperatura se incrementa con la misma regla que para bajar (Willmott y Matsuura 1995).

La interpolación se realiza con una versión esférica del algoritmo de Shepard, que emplea un método mejorado de ponderación por el inverso de la distancia teniendo en cuenta la esfericidad de la tierra (Shepard 1968, Willmott et al. 1985). El algoritmo de Shepard (1968) es una interpolación lineal simple, utilizando la inversa de la distancia de un punto para estimar su valor. Y el valor estimado de la temperatura en el punto i se define como sigue:

$$\hat{T}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} w_{ij} T_j}{\sum_{j=1}^{n_i} w_{ij}}$$

La fórmula es similar a la utilizada para kriging. En este caso, w_{ij} es la inversa de la distancia entre la estimación del punto i y la estación j , T_j es el valor de temperatura³⁴ de la estación más cercana a la estimación del punto i y n es el número de estaciones que influyen en la estimación. En el artículo de 1985, los autores muestran que teniendo en cuenta la esfericidad de la tierra para una interpolación global se mejoran los resultados de estimación del algoritmo. Esto distancia esférica mejora doblemente la precisión: en primer lugar en el algoritmo para la interpolación de los valores de la cuadrícula, y en segundo lugar para determinar la estación más cercana del punto a estimar. En total, el número de estaciones que afectan la estimación de un punto aumentan (20 estaciones en promedio, 7 en las versiones anteriores).

Los autores también utilizan la interpolación de la climatología asistida: CAI (Climatología asistida por interpolación). El método se presenta en el artículo Willmott y Robeson (1995) y se basa en el trabajo de Legates y Willmott (1990a y 1990b)³⁵.

Los autores realizan un resultado de validación cruzada. Los errores de interpolación se calculan como la diferencia entre el valor verdadero de una estación y el valor estimado de esta estación si se elimina de la muestra (Willmott y Matsuura 1995). Los errores se enfrentan por tanto usando el mismo proceso de interpolación. Cada punto de estimación está asociado con un error estimado.

³⁴ Se realiza de manera análoga para la pluviometría.

³⁵ Los resultados de la interpolación se enfrentan a "climatologías", incluyendo los de legados y Willmott (1990a y 1990b).

Las características de la base

Los autores utilizan varias fuentes de datos, incluidos los datos climatológicos de la red global de investigaciones climáticas (Global Historical Climatology Network, en su última versión GHCN2³⁶). El GHCN2 es actualmente la mayor base de datos de estaciones de acceso libre (Peterson and Vose 1997). Las otras fuentes proceden de la Consejería de Medio Ambiente de Canadá (Servicio del Medio Ambiente Atmosférico / Environment Canada), el Instituto Hidrometeorológico Estatal de St. Petersburg, de la búsqueda de climatología sinóptica GC Net (the Global Synoptic Climatology Network), del proyecto de la estación meteorológica automática (Universidad de Wisconsin-Madison), y del proyecto global de la superficie terrestre, resumen del día (Global Summary of the Day GSOD)³⁷.

La base de referencia de la base Udel es GHCN2. La serie ha sido completada con varias estaciones a partir de datos procedentes de otras fuentes y los valores son mensuales o a veces se calculan a partir de datos diarios o por hora. Cuando una estación tiene dos valores en conflicto, dependiendo de la fuente, los autores definen el valor como la media de los dos valores en conflicto. Si las coordenadas de las estaciones no son exactamente las mismas, los autores consideran que estas dos estaciones están muy cerca, pero son diferentes. Esta opción conduce a un número de estaciones disponibles durante este período que varía de 1.600 a alrededor de 12.200 estaciones por año. Como se muestra en la Figura 10, el número de estaciones disponibles aumenta con los años. Las estaciones están distribuidas sobre toda la superficie. La temperatura media mensual y la precipitación son interpoladas con una precisión de 0,5° de latitud / longitud.

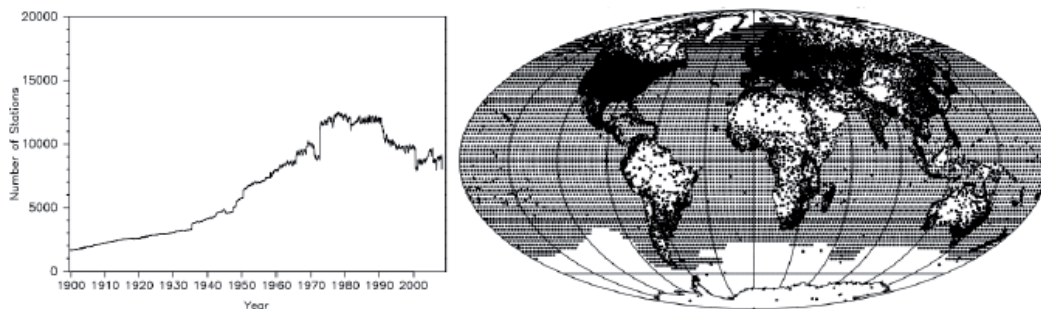


Figura 10: Localización y número de estaciones utilizadas para el período 1900-2008
Fuente: <http://climate.geog.udel.edu/~climate/>

³⁶ Descripción de la base disponible en: <http://www.ncdc.noaa.gov/ghcnm/v2.php>.

³⁷ El Proyecto Global, Resumen del día (GSOD) es un proyecto del National Climatic Data Center (NCDC) y de la "National Oceanic and Atmospheric Administration" (NOAA) americana, en particular, The National Service Environmental Satellite, Data, and Information Service (NESDIS). Website: <http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdoselect.cmd?datasetabbv=GSOD&countryabbv=&georegionabbv=>.

La Tabla 8 resume las principales características de estas tres bases de datos. En la tabla se ve que VasClim0 está disponible para un período de tiempo más corto y que CRUTEMP3 está disponible en casi el mismo período que la base Udel, pero su cuadrícula es menos precisa que la de Udel.

Tabla 8: Presentación de las bases meteorológicas.

Base de Datos	VASclim 0	CRUHad 3	Udel	Climate Change Profile*
Autores	C.Beck et J.Grieser	P.Brohan, J.J.Kennedy, I.Harris, S.F.B.Tett et P.D.Jones	C.J. Willmott et K.Matsuura	M. New, G. Lizzano et C.McSweeney
Laboratorios	Global Precipitation Climatology Center (GPCC) and Institute for Atmosphere and Environment- J.W.Goethe University of Frankfort	Climate Research Unit - University of East Anglia	Center for Climatic Research- University of Delaware	Oxford UNDP Climate Change Country Profiles, School of Geography and the Environment
Series Disponibles	Precipitación	Anomalías de temperatura aérea sobre las superficies terrestres y marítimas	Temperatura aérea, precipitación	Temperatura/ Precipitación/4 índices de precipitación y temperaturas diarias extremas
Cuadrícula	0.5º lat./lon.	5º lat./lon.	0.5º lat./lon.	2.5ºlat./lon.
Disponibilidad Temporal	1951-2.000	1850-2006	1900-2008	Por país
Frecuencia	Mensual	Mensual	Mensual	Mensual
Disponibilidad Geográfica	Mundial	Mundial	Mundial	Nacional (55 países)
Principales bases de datos utilizadas	FAO,CRU, GHCN	CLIMAT, GHCN, World Weather Records	GHCN2, GC-Net, Service environnement Canada, Institut hydrométéorologique d'Etat St-Petersburg	CRU, Udel, GPCC ERA40, NCEP, HadEX
Número de las estaciones	9.343	4.138	1.600 a 12.200	Por país
Sitios de Internet de Referencia	http://www.dwd.de/	http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/	http://climate.geog.udel.edu/~climate/	http://country-profiles.geog.ox.ac.uk/
Disponibilidad de las bases	Libre acceso	Libre acceso	Libre acceso	Libre Acceso
Artículo de referencia de la base	Beck et al. (2005)	Brohan et al. (2006)	Willmott et Matsuura (1995)	McSweeney <i>et al.</i> (2010)

A.2. Mapas de las variables y resultados del análisis

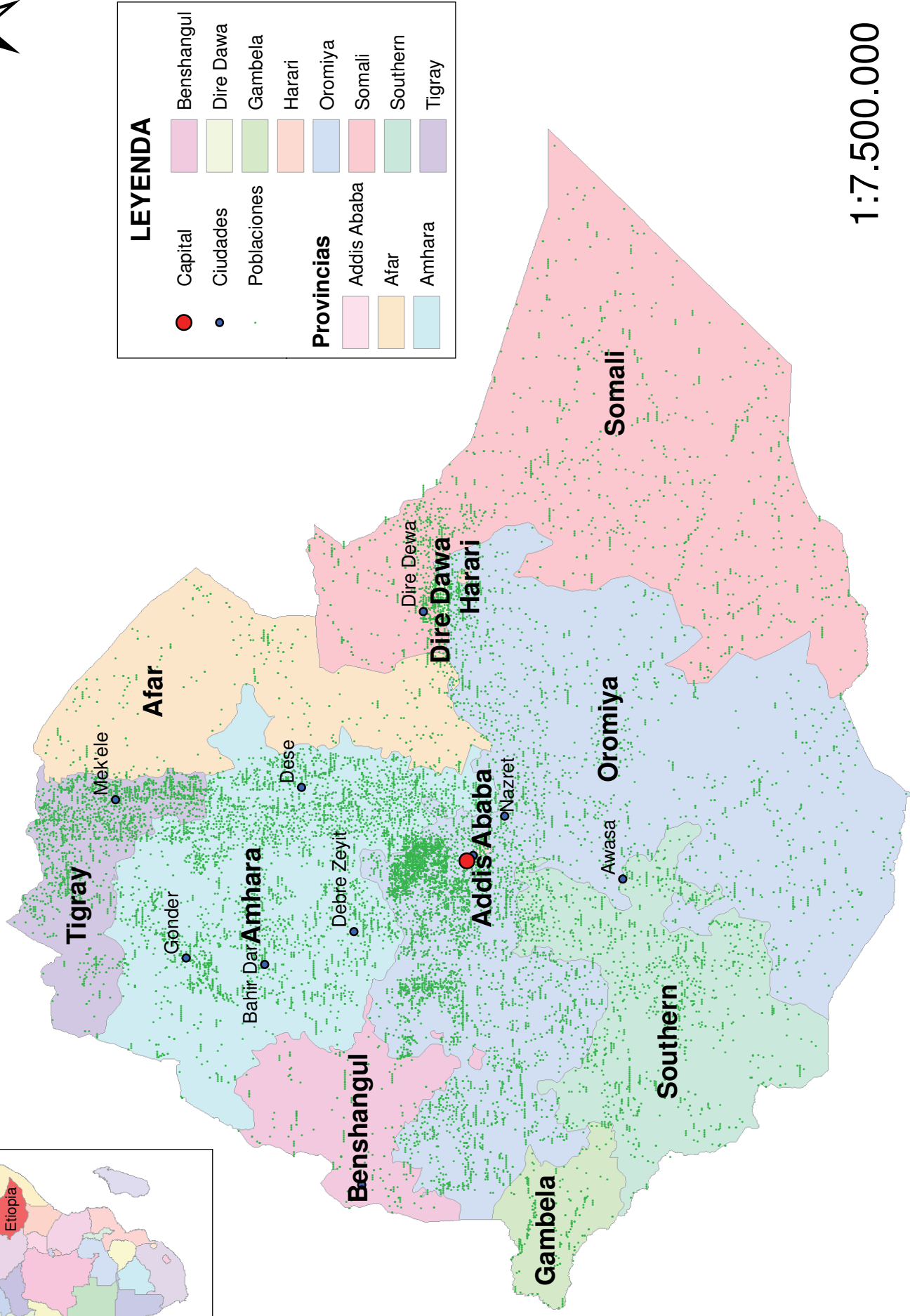
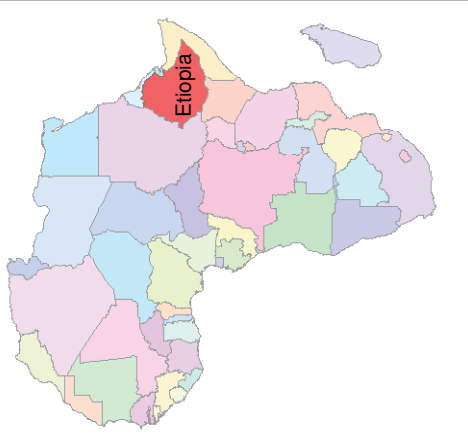
A continuación se adjuntan cada uno de los mapas realizados, de las respectivas variables utilizadas y analizadas a lo largo del proyecto, y los resultados obtenidos.

A.2.1. Mapas de las variables utilizadas

Los mapas de las variables utilizadas, son los que se muestra a continuación:

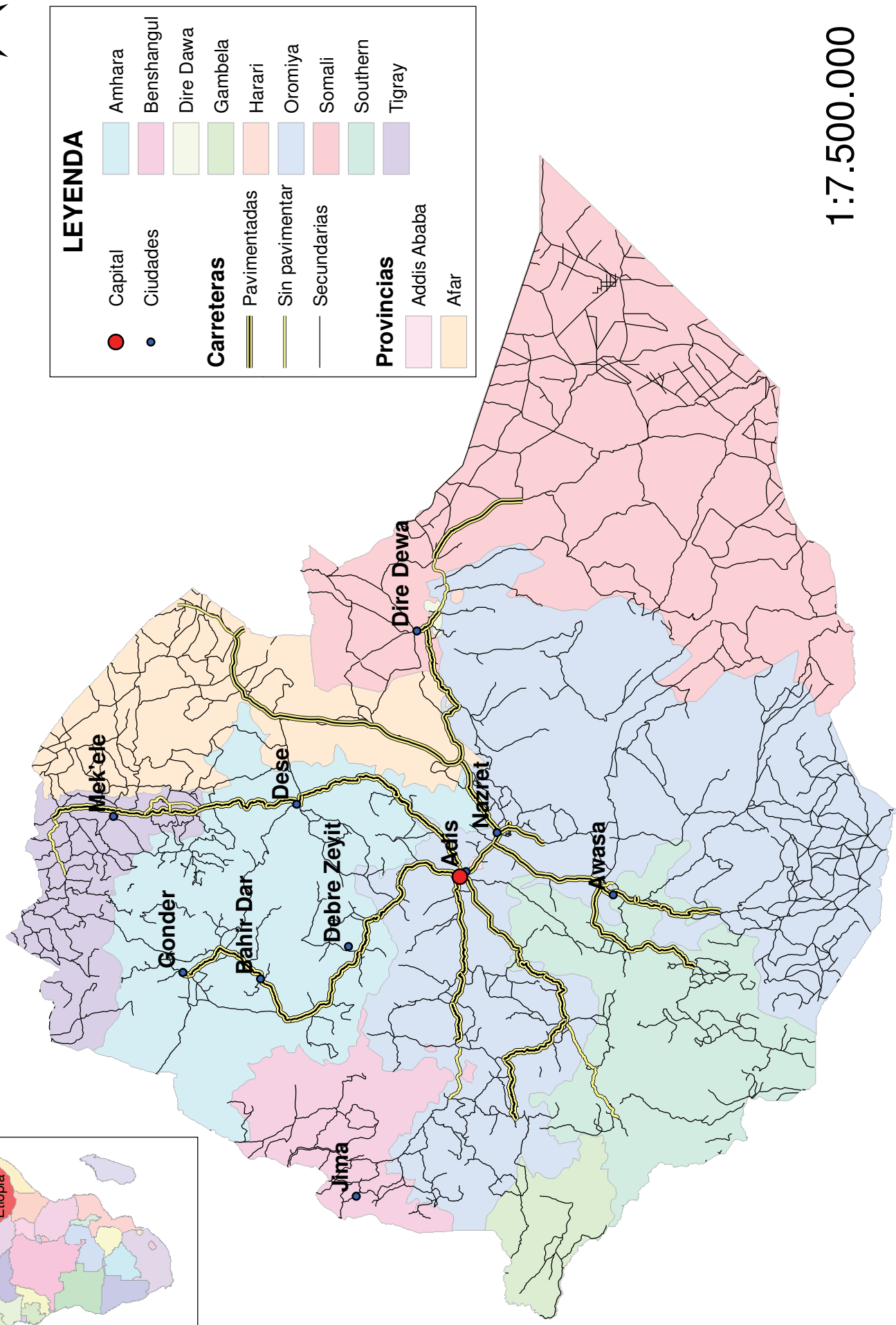
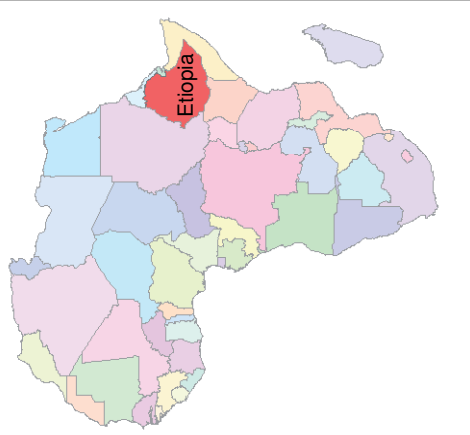
01. ETIOPÍA. Núcleos de Población.
02. ETIOPÍA. Vías de Comunicación.
03. ETIOPÍA. Modelo Digital de Elevaciones.
04. ETIOPÍA. Ríos y Lagos.
05. ETIOPÍA. Temperaturas Máximas.
06. ETIOPÍA. Temperaturas Mínimas.
07. ETIOPÍA. Temperaturas Medias.
08. ETIOPÍA. Precipitaciones Medias.
09. ETIOPÍA. Parques Nacionales.
10. ETIOPÍA. Animales.

ETIOPÍA. Nucleos de Población



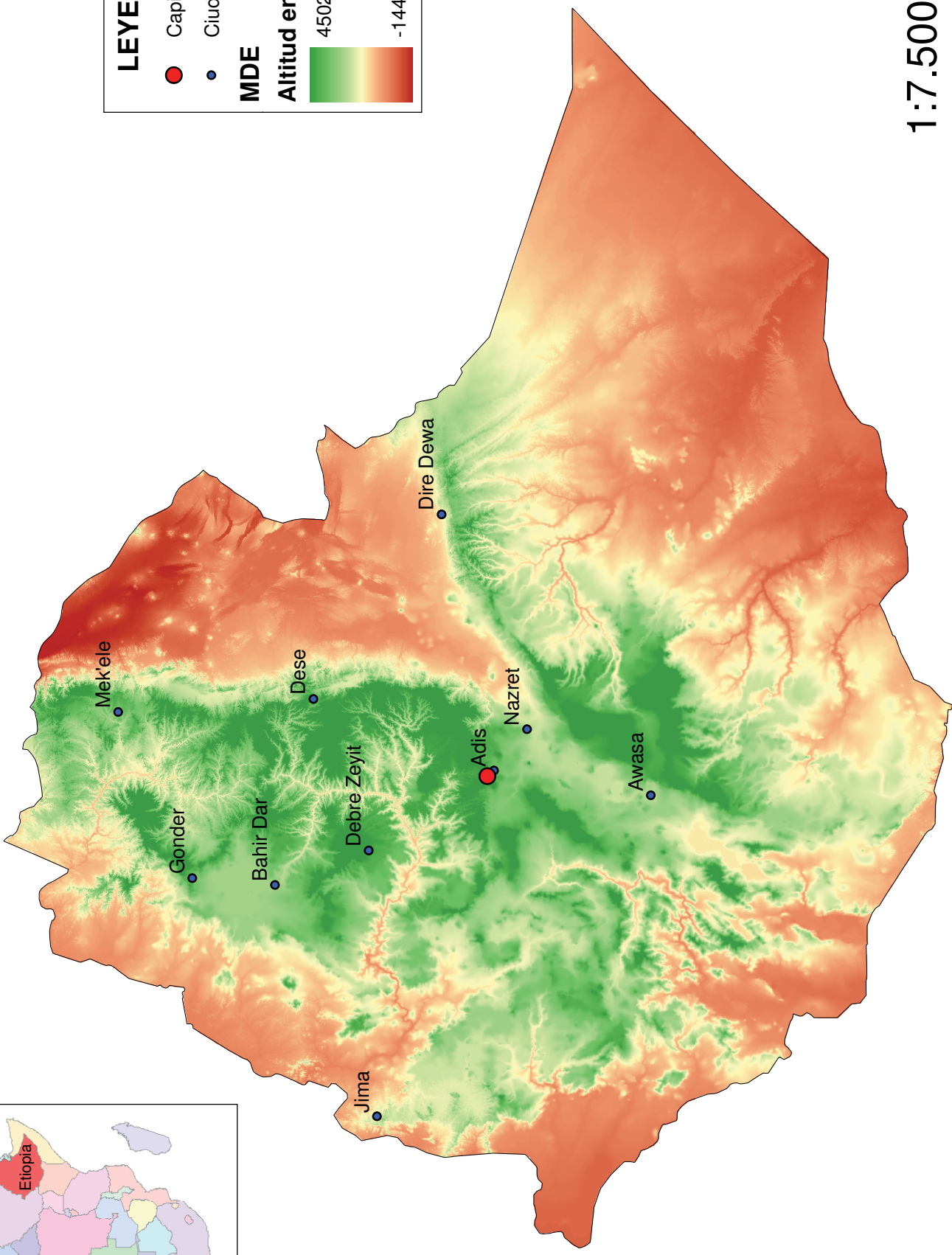
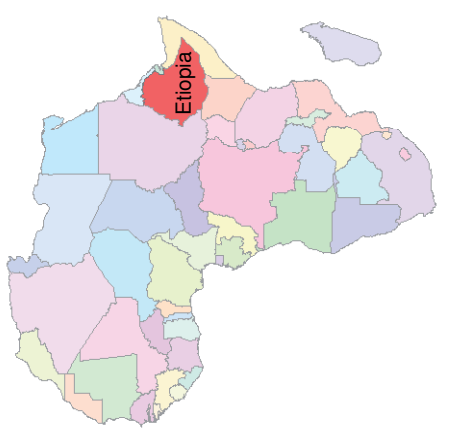
1:7.500.000

ETIOPÍA. Vías de Comunicación



1:7.500.000

ETIOPÍA. Modelo Digital de Elevaciones



LEYENDA

- Capital
- Ciudades

MDE

Altitud en Metros

4502 m

-144 m

1:7.500.000

ETIOPÍA. Rios y Lagos.



LEYENDA

- Capital
- Lagos

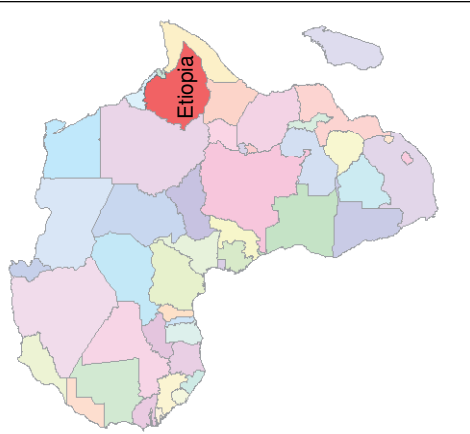
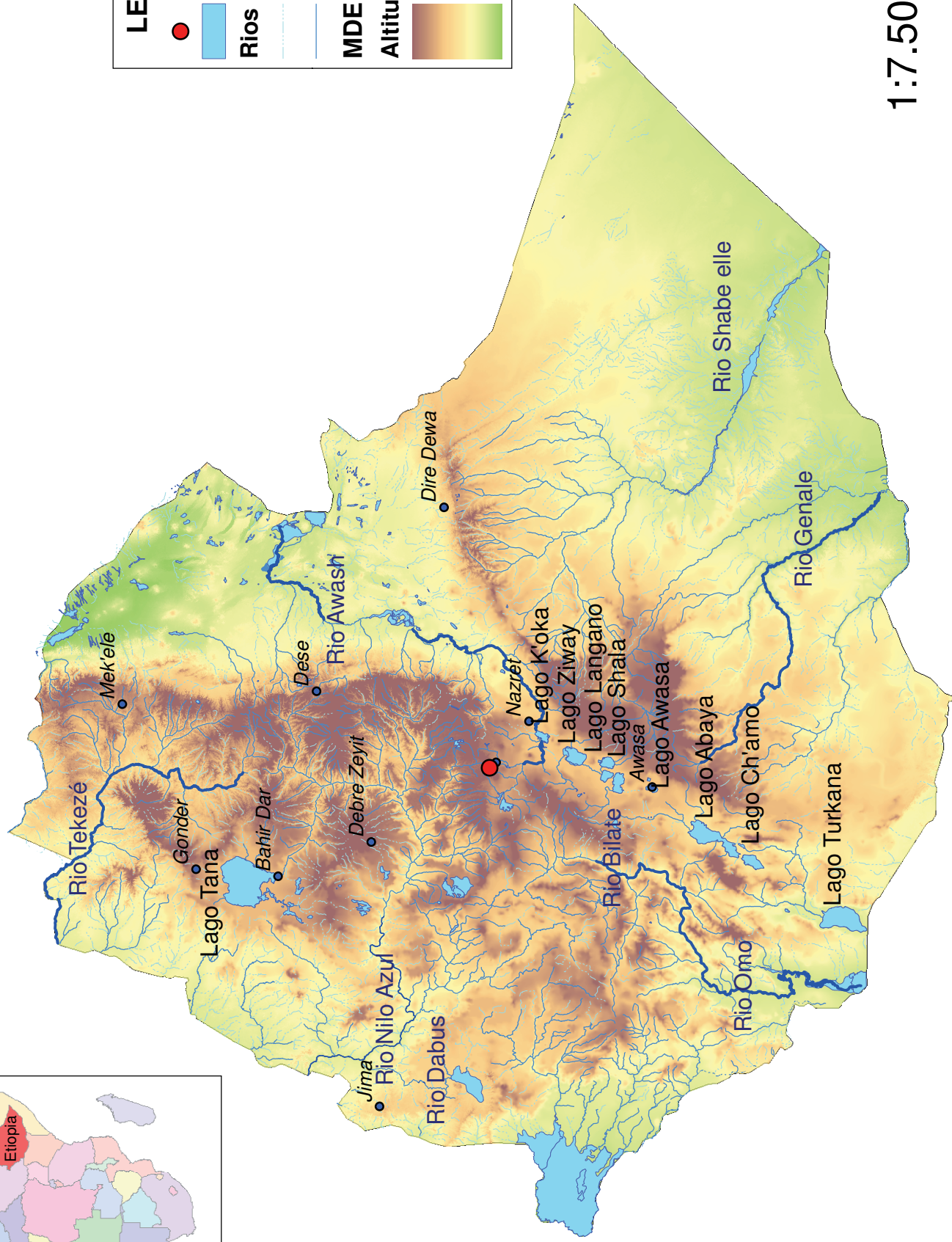
Rios

- Intermitentes
- Permanentes

MDE

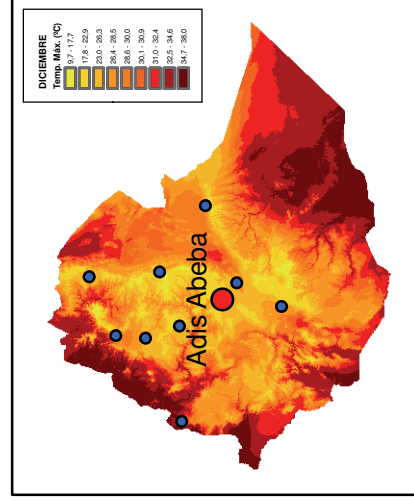
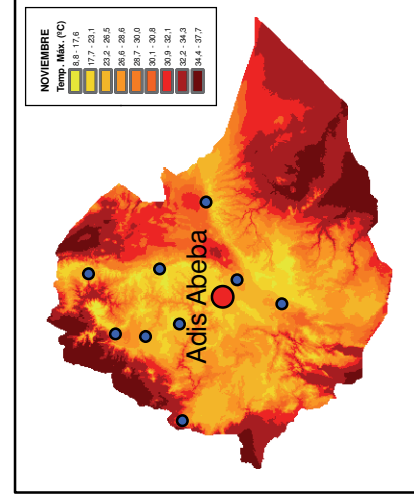
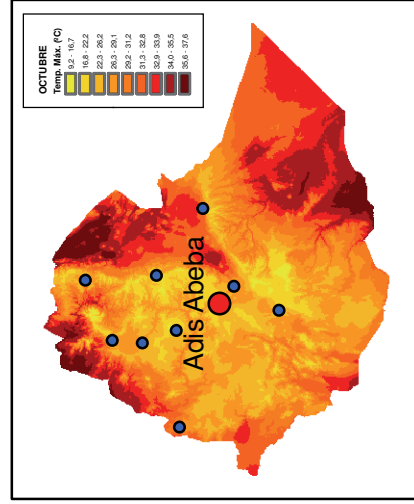
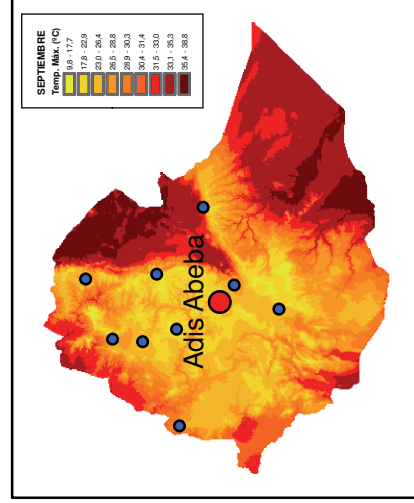
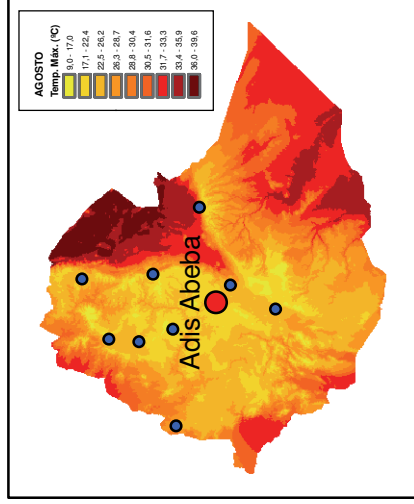
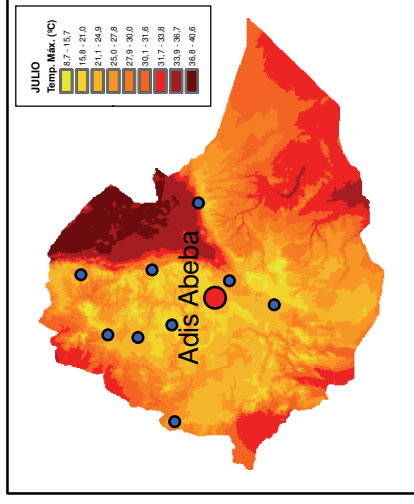
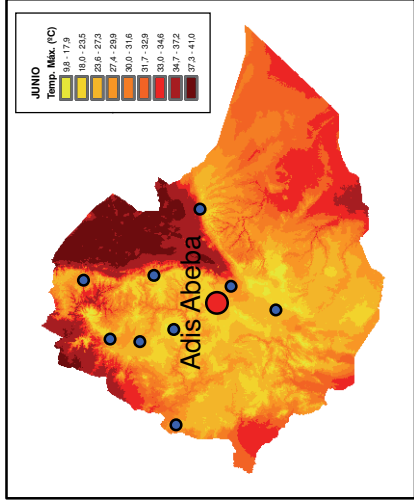
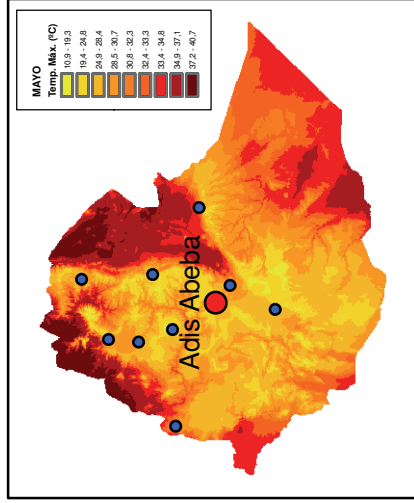
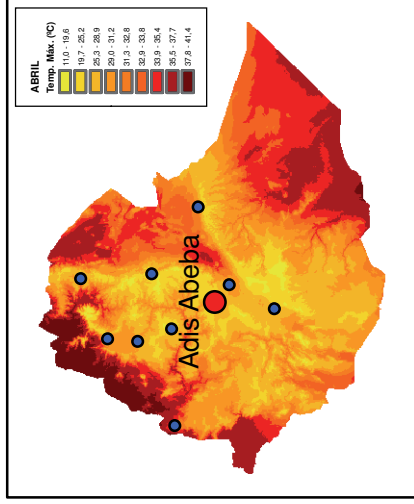
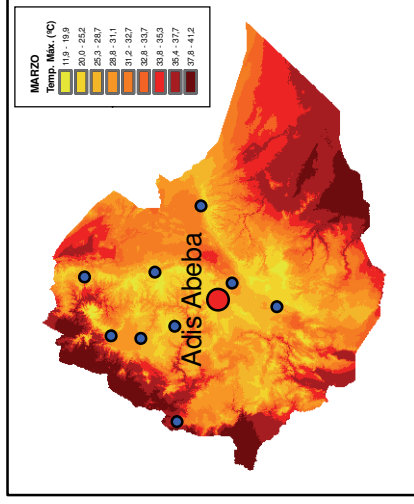
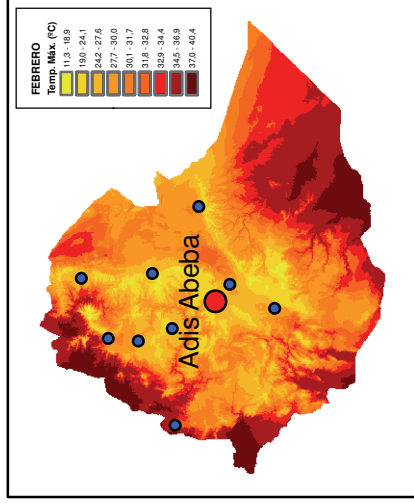
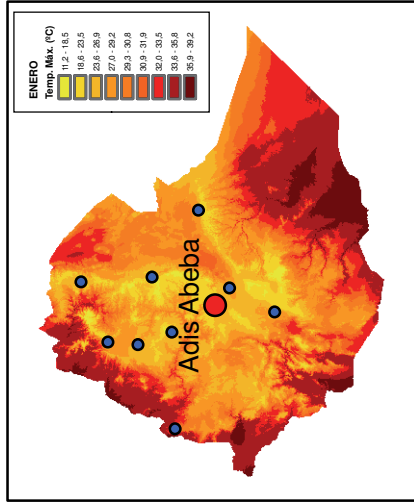
Altitud (m)

- High : 4502
- Low : -144

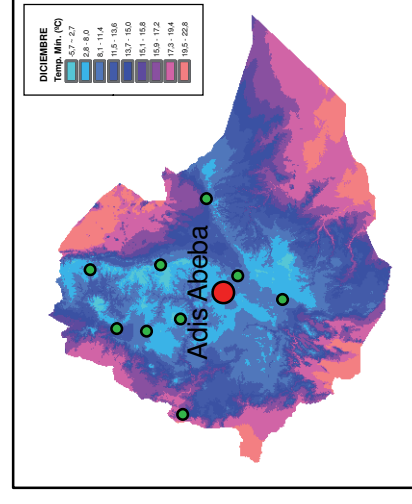
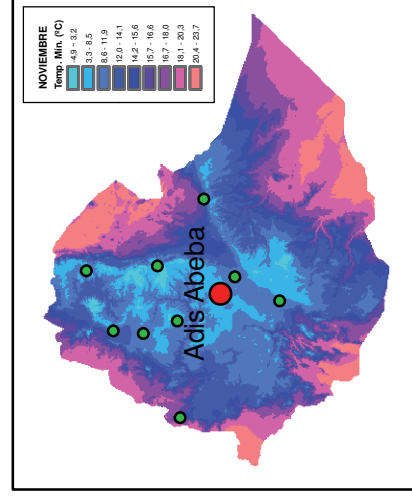
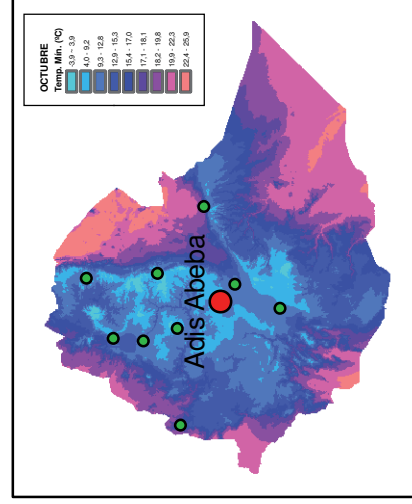
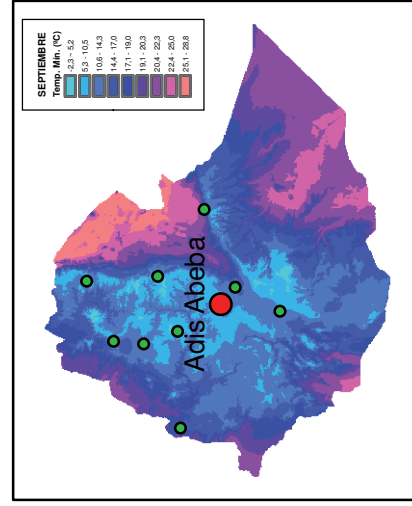
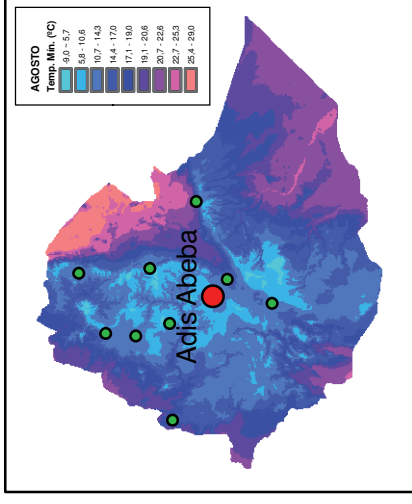
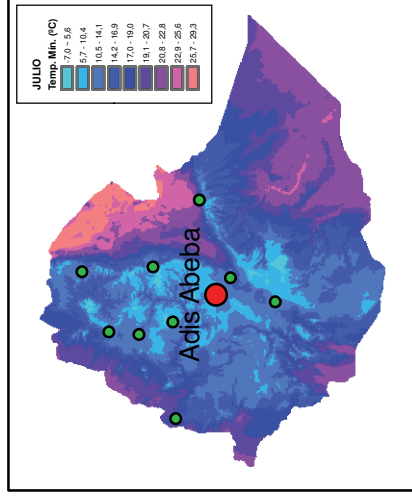
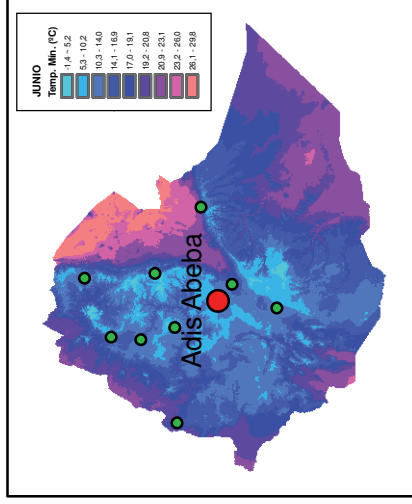
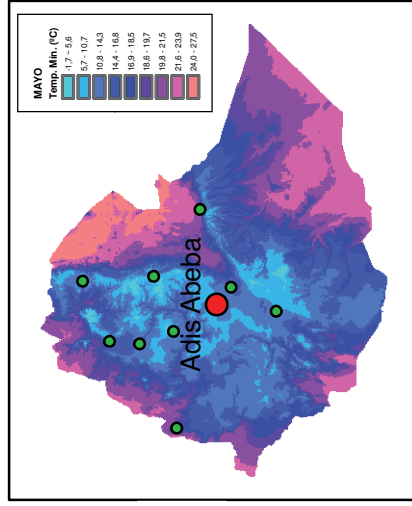
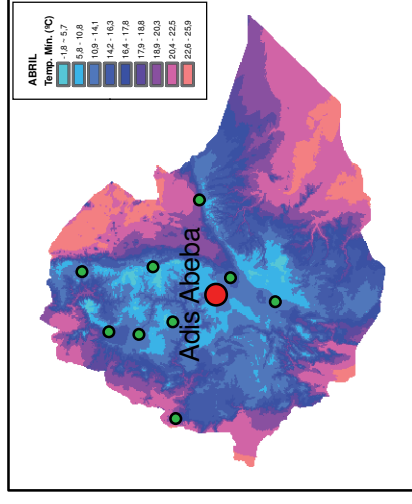
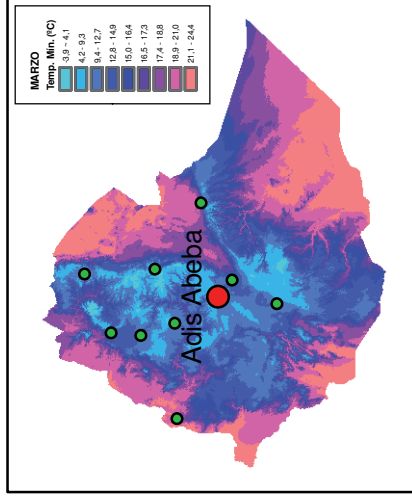
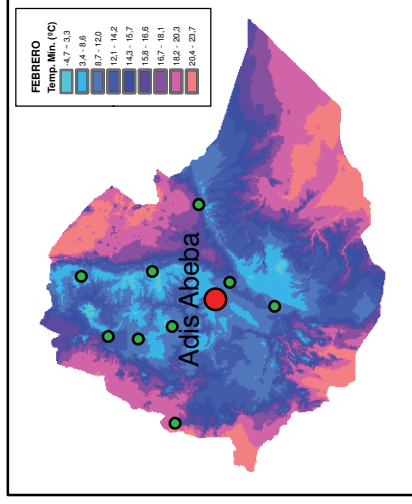
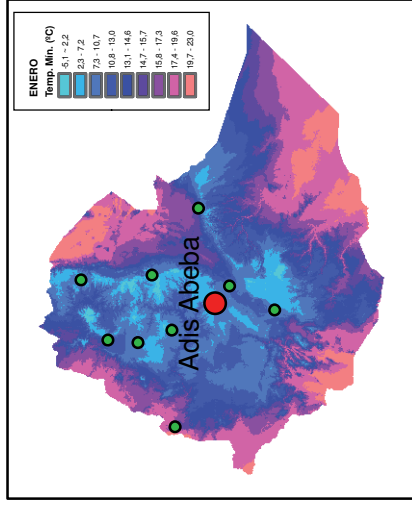


1:7.500.000

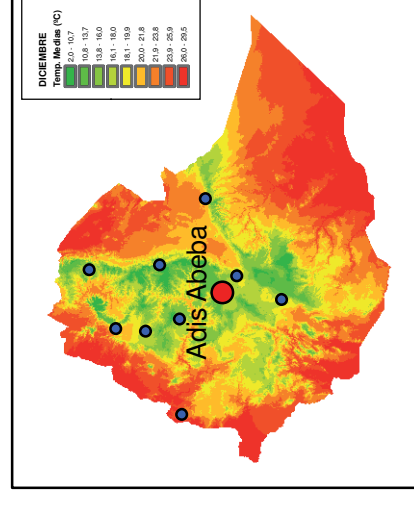
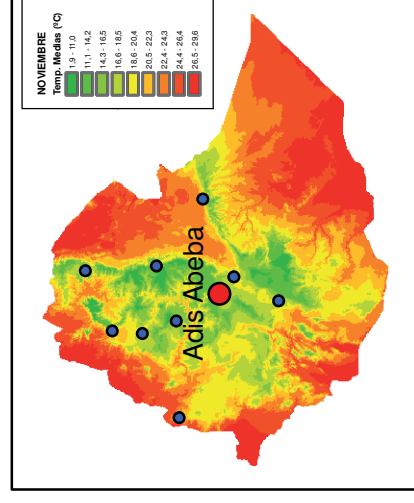
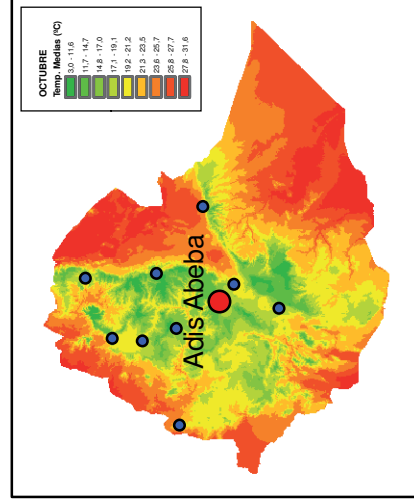
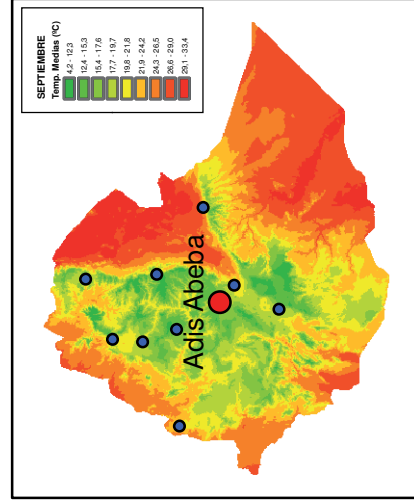
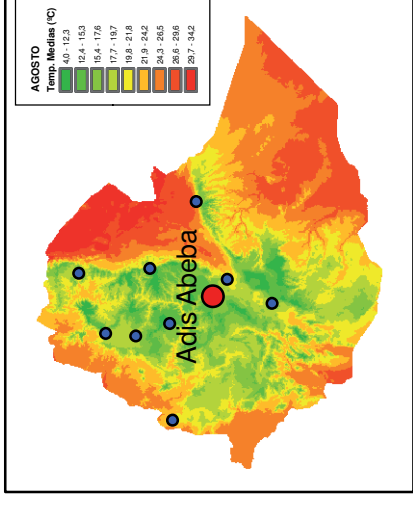
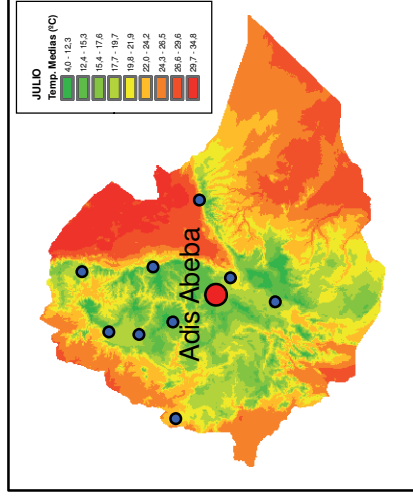
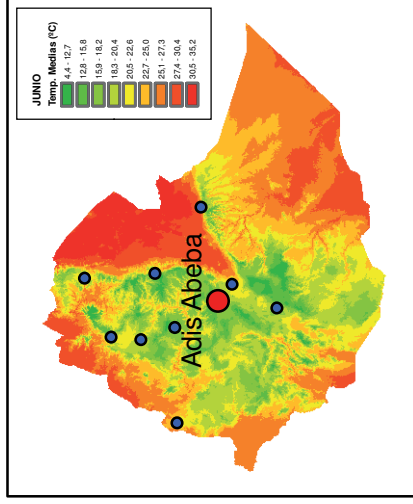
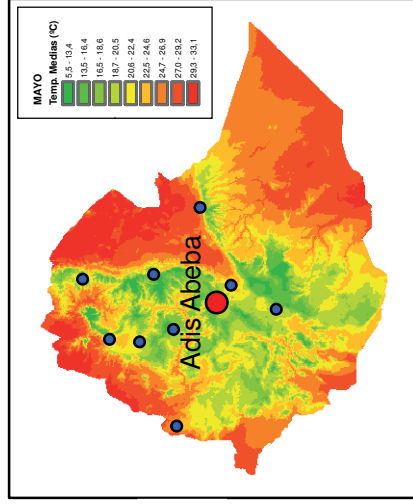
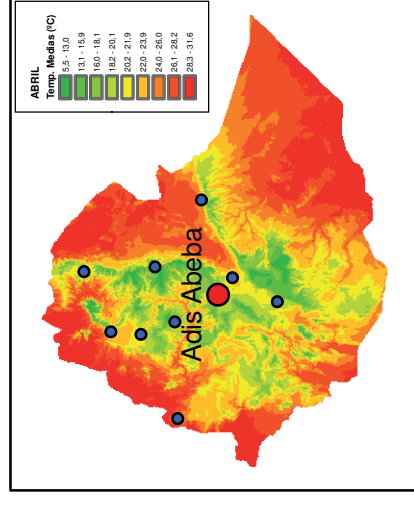
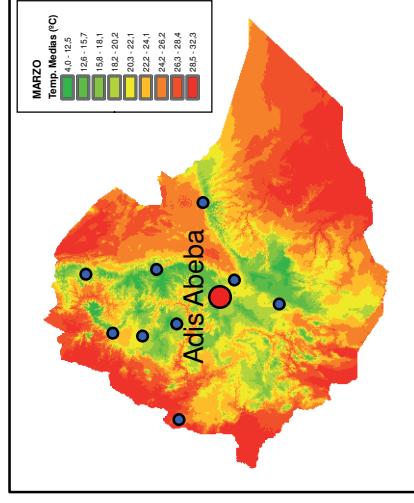
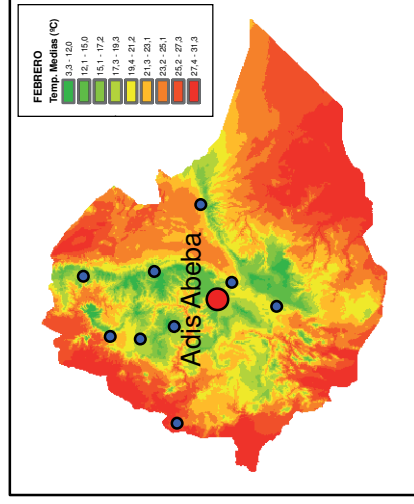
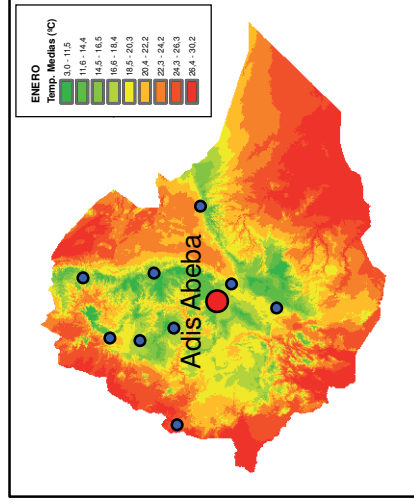
ETIOPÍA. Temperaturas Máximas



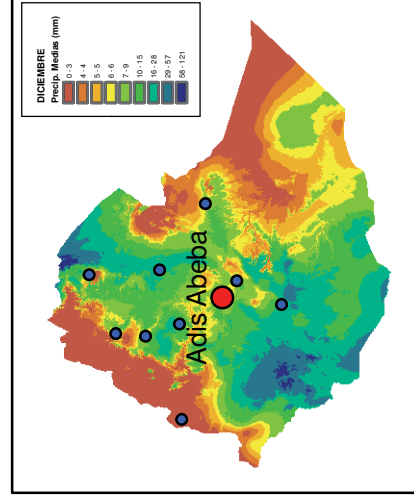
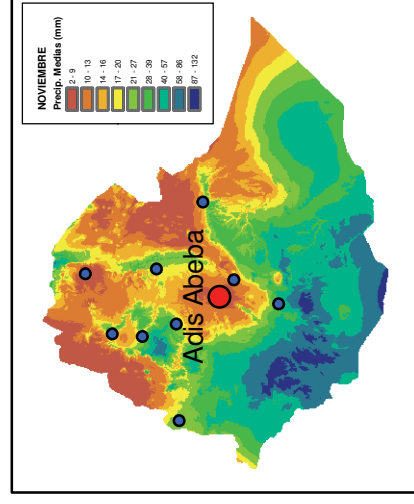
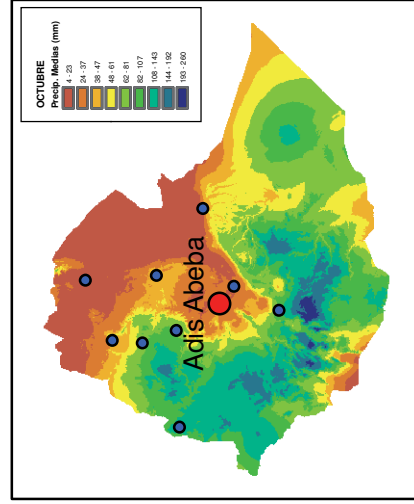
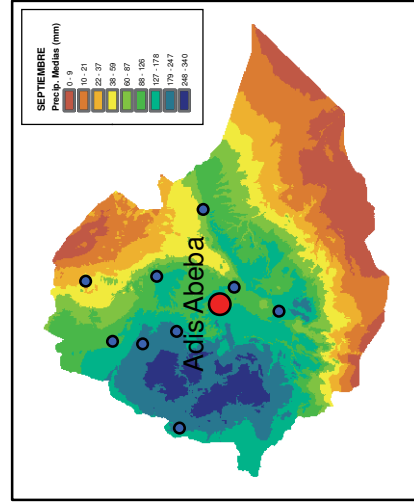
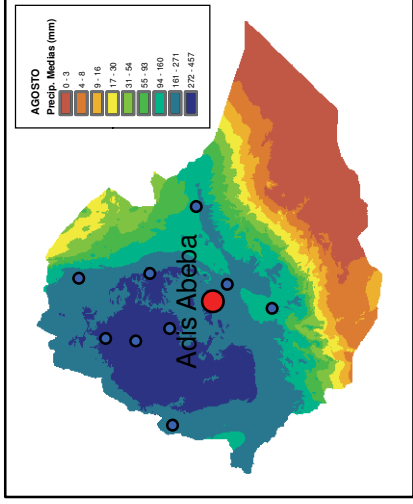
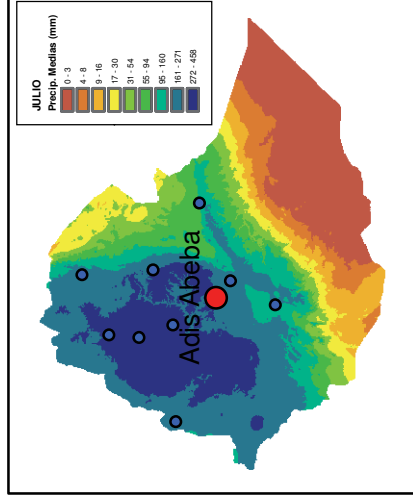
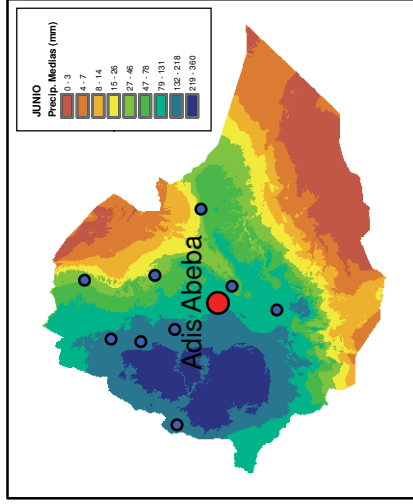
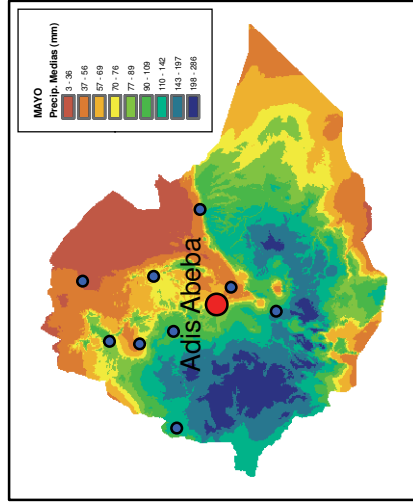
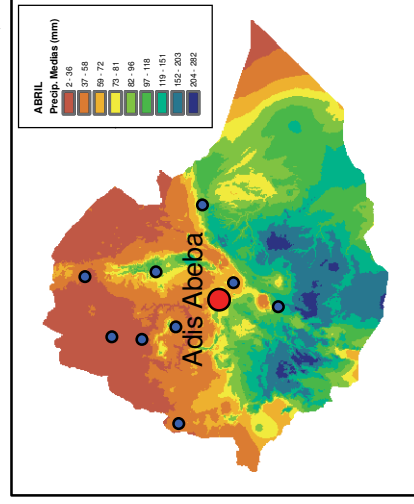
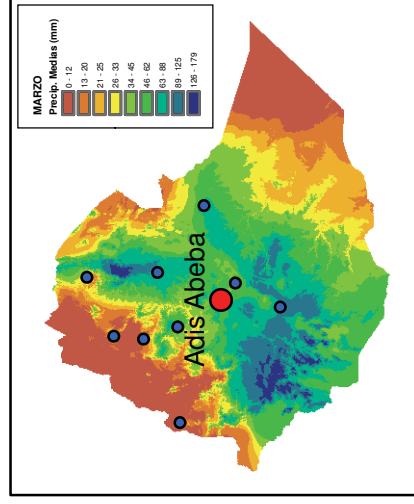
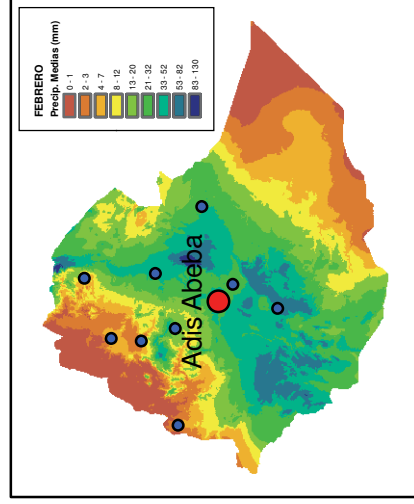
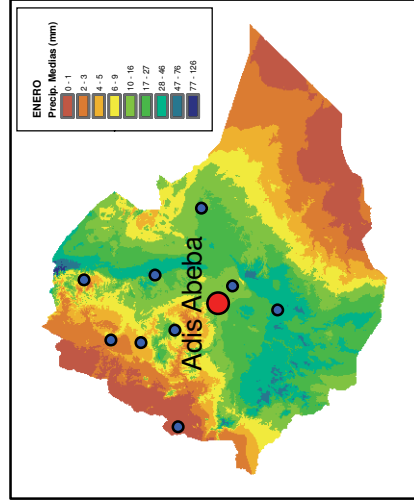
ETIOPÍA. Temperaturas Mínimas



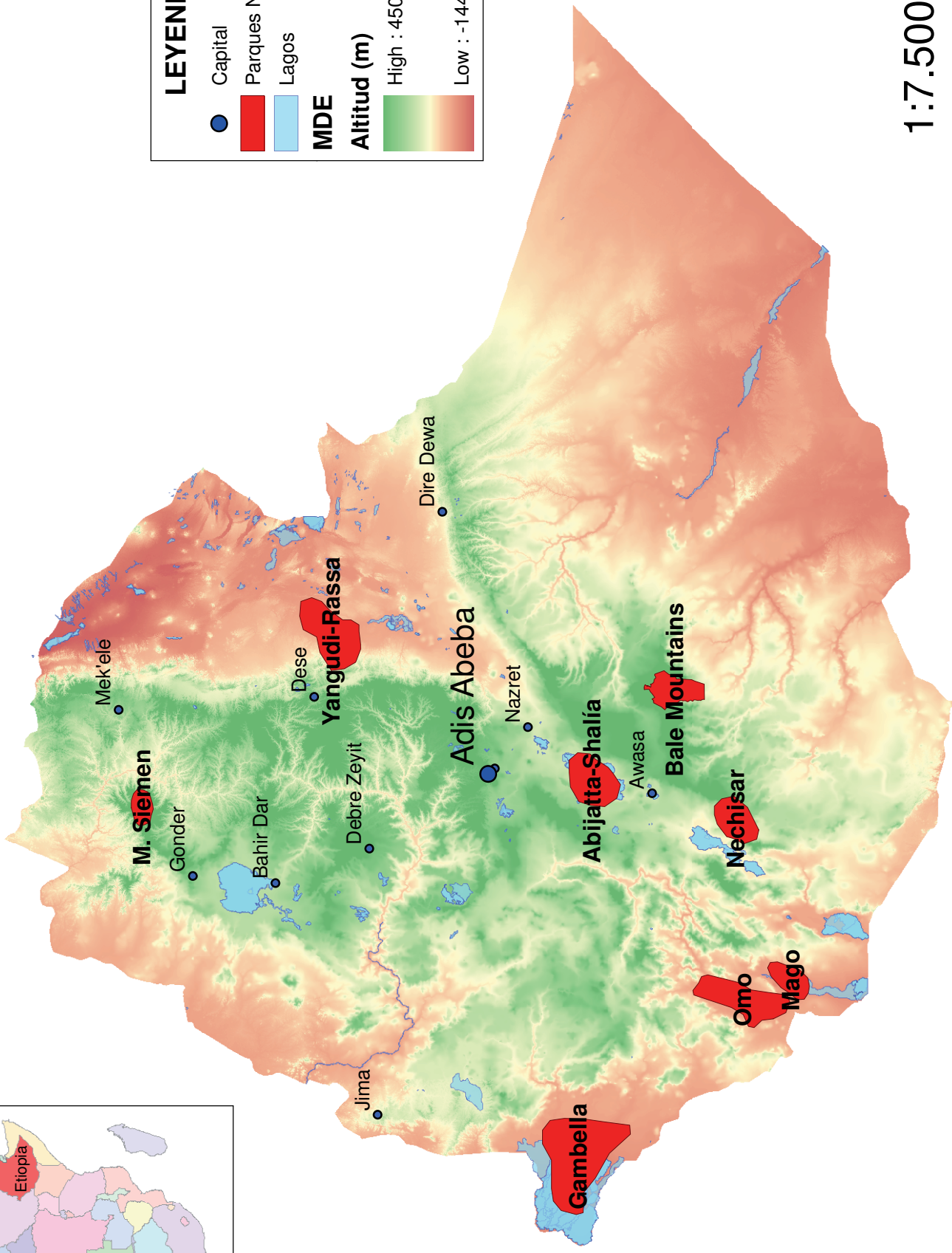
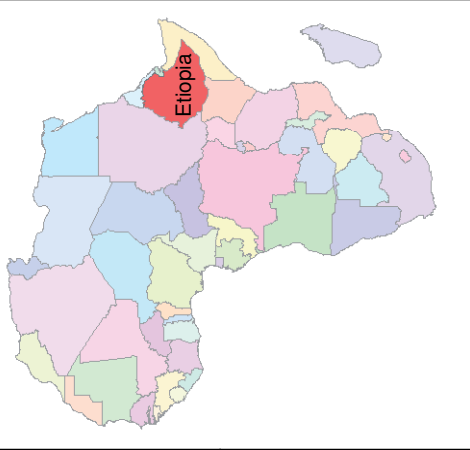
ETIOPÍA. Temperaturas Medias



ETIOPÍA. Precipitaciones Medias



ETIOPÍA. Parques Nacionales



1:7.500.000

ETIOPÍA. Animales.



LEYENDA

- Capital
- Ciudades

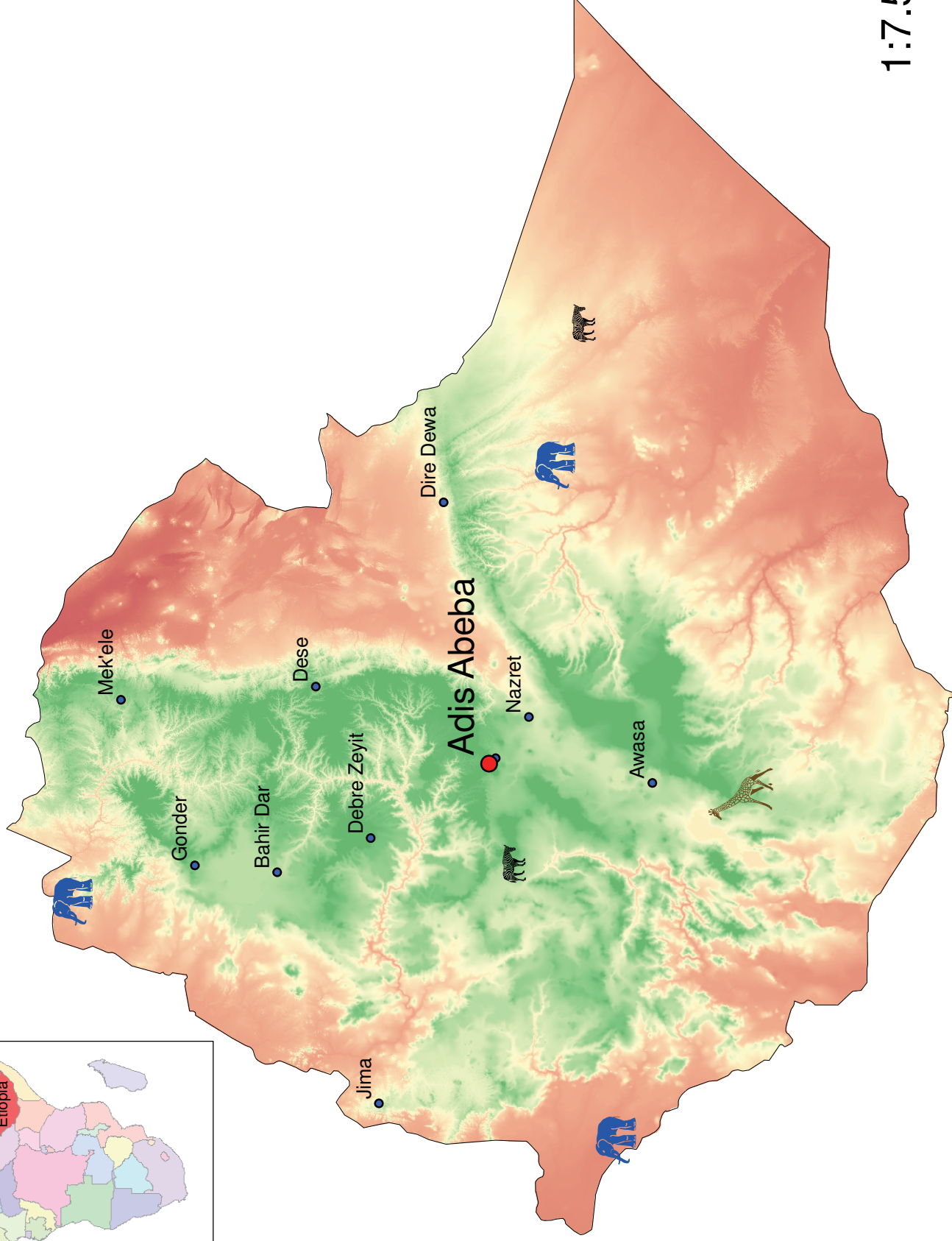
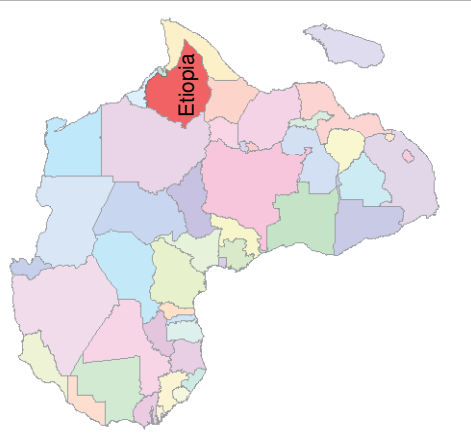
Animales

- Elefantes
- Jirafas
- Cebras

MDE

Altitud (m)

High : 4502
Low : -144



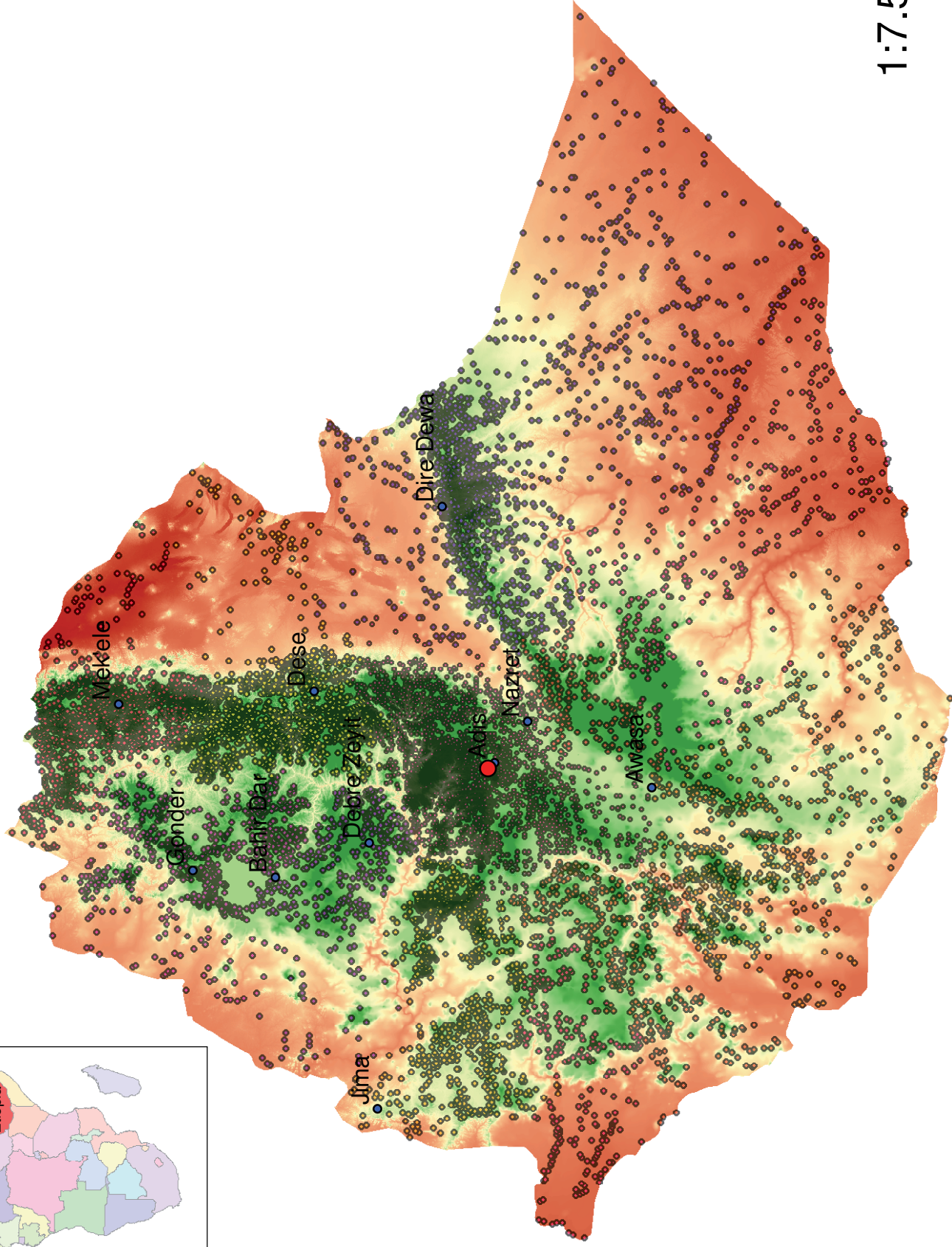
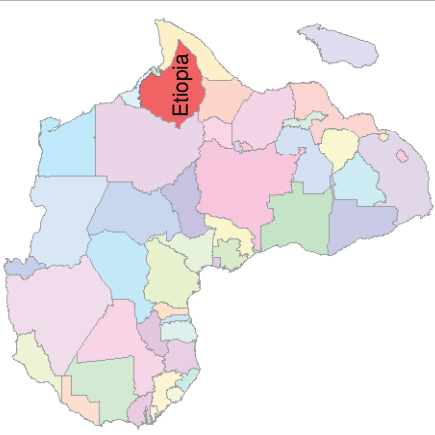
1:7.500.000

A.2.2. Mapas de los resultados obtenidos

Los mapas de los resultados obtenidos, tras realizar el análisis, son los que se muestra a continuación:

11. Núcleos de Población y Modelo Digital de Elevaciones.
12. Núcleos de Población y Vías de Comunicación.
13. Núcleos de Población y Ríos y Lagos.
14. Núcleos de Población y Temperaturas. Máximas.
15. Núcleos de Población y Temperaturas. Mínimas.
16. Núcleos de Población y Temperaturas. Medias.
17. Núcleos de Población y Precipitaciones Medias.

ETIOPÍA. Nucleos de Población y Modelo Digital de Elevaciones



LEYENDA



Capital

POBLACIONES Adminis.



Arsi

Bale

Gamo Gofa

Gojam

Gonder

Hararge

Illubabor

Kefa

Shewa

Sidamo

Tigray

Welega

Welo

MDE

Altitud (m)

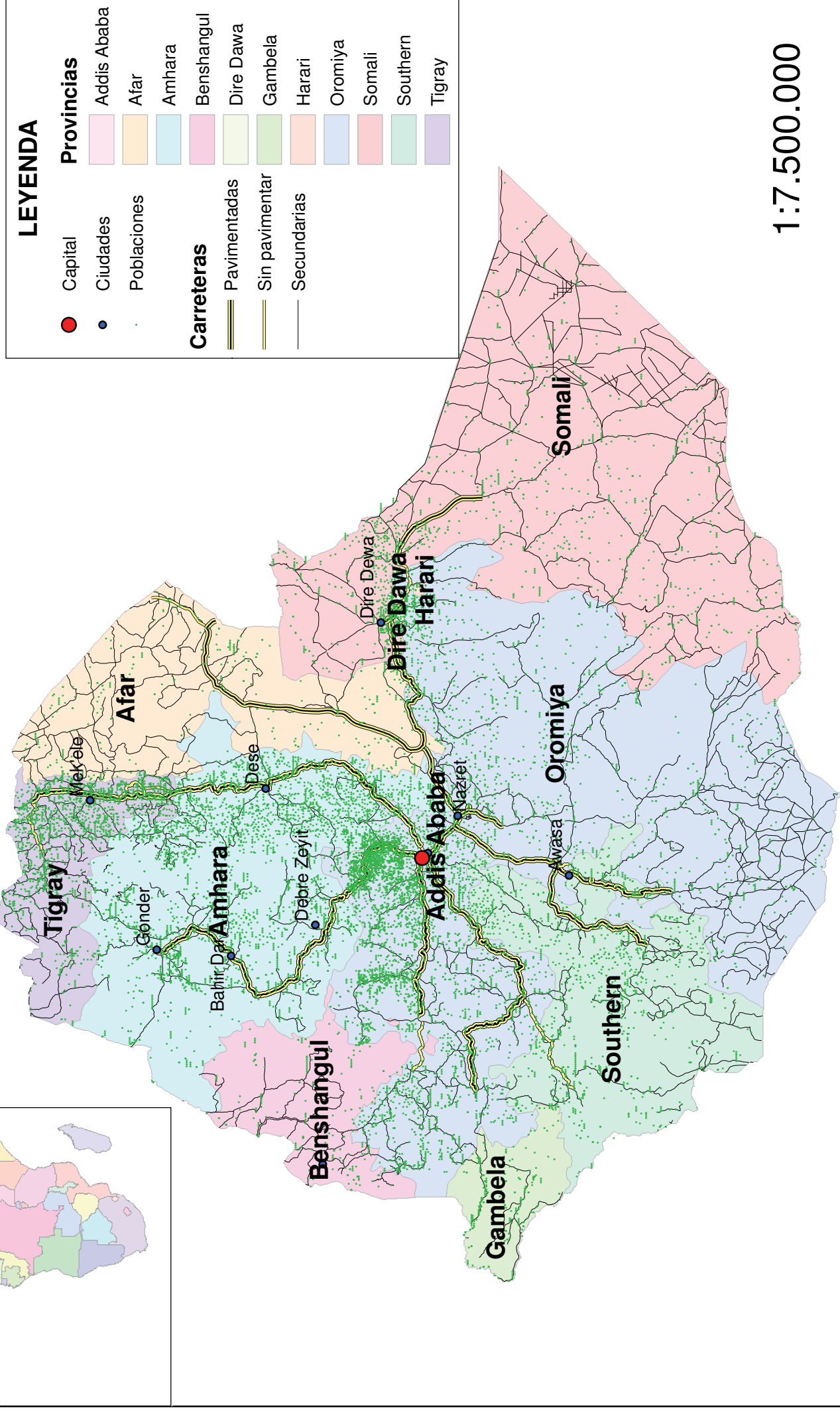
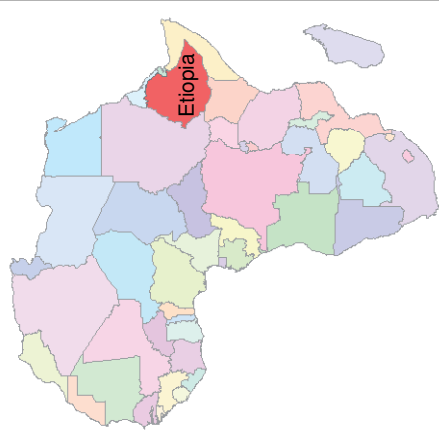


High : 4502

Low : -144

1:7.500.000

ETIOPÍA. Nucleos de Población y Vías de Comunicación



LEYENDA

Provincias	
● Capital	Addis Ababa
● Ciudades	Afar
● Poblaciones	Amhara
	Benshangul
	Dire Dawa
	Gambela
	Harari
	Oromiya
	Somali
	Southern
	Tigray

Carreteras	
— Pavimentadas	
— Sin pavimentar	
— Secundarias	

1:7.500.000

ETIOPÍA. Nucleo de Población y Rios y Lagos.



LEYENDA

- Capital
- Ciudades
- Poblaciones
- Lagos

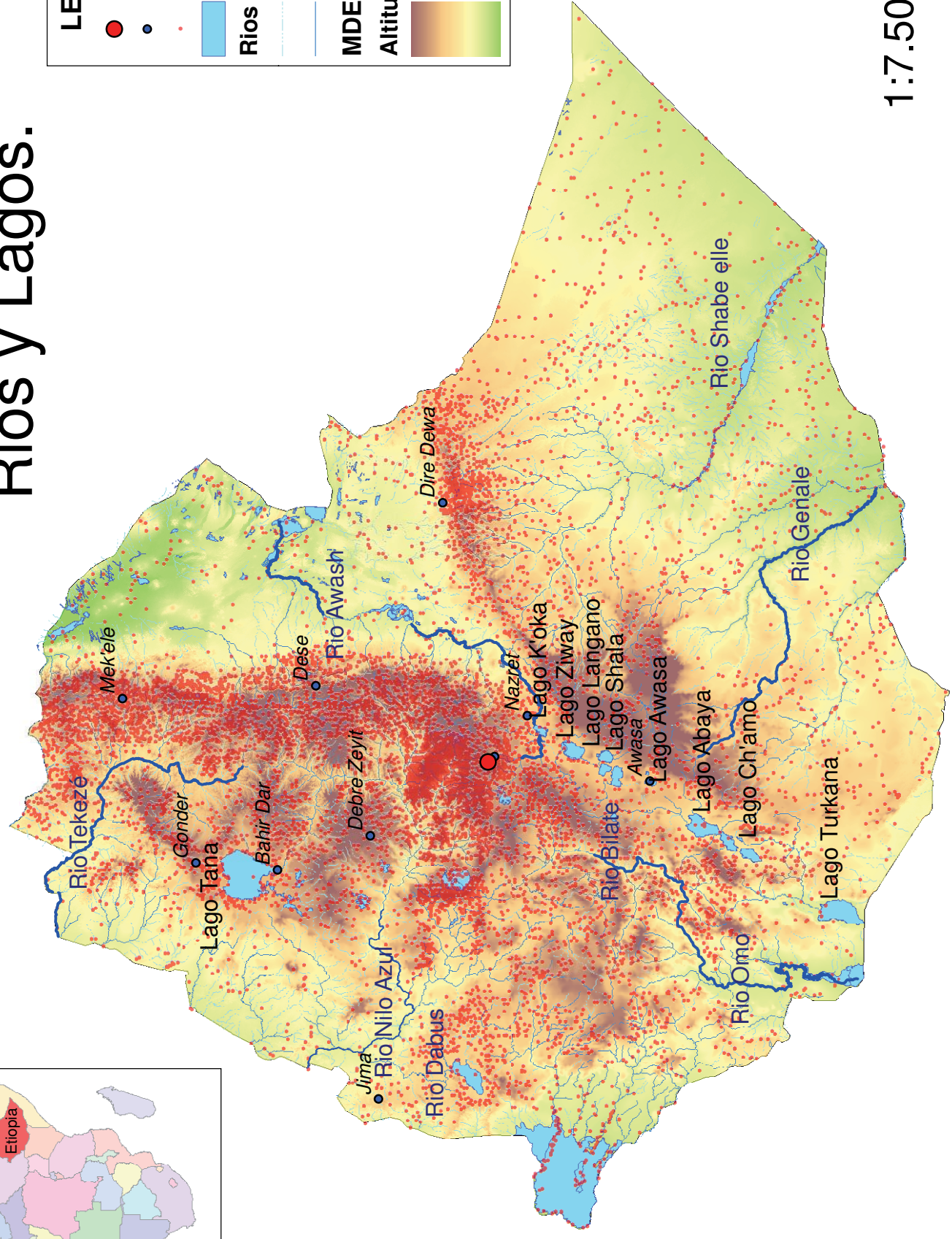
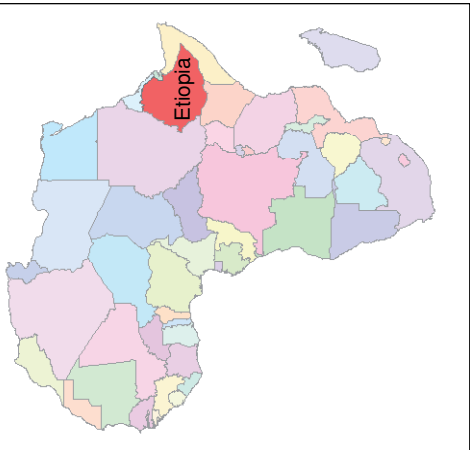
Rios

- Intermitentes
- Permanentes

MDE

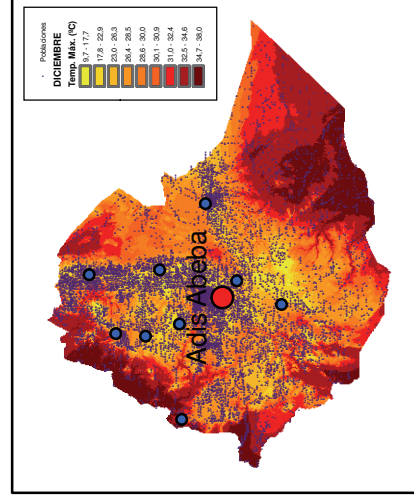
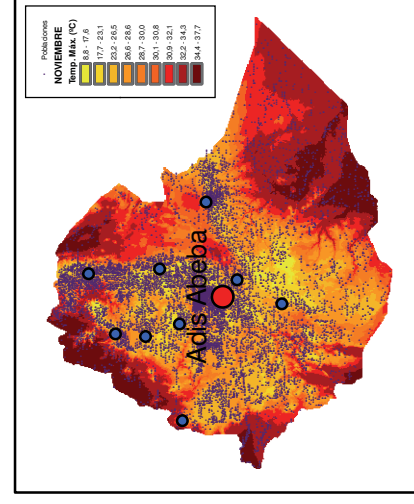
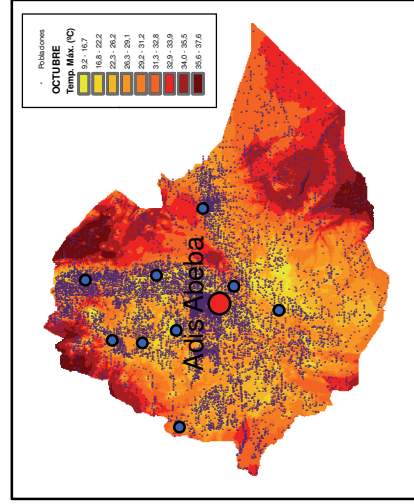
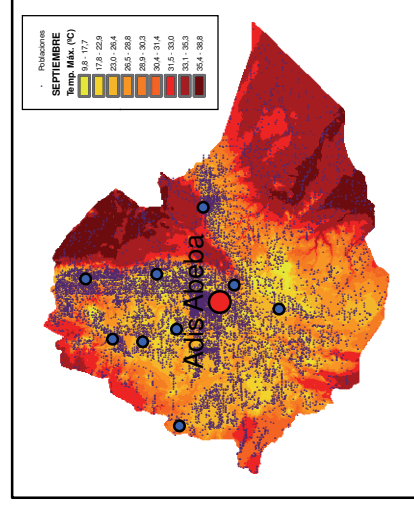
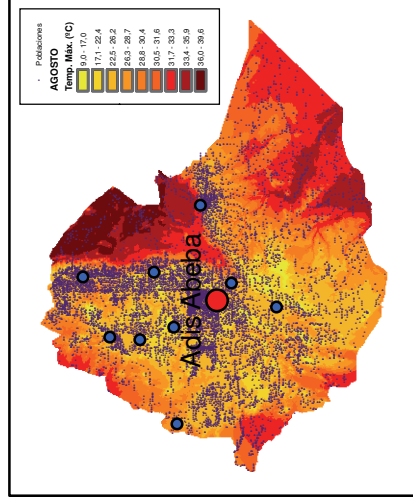
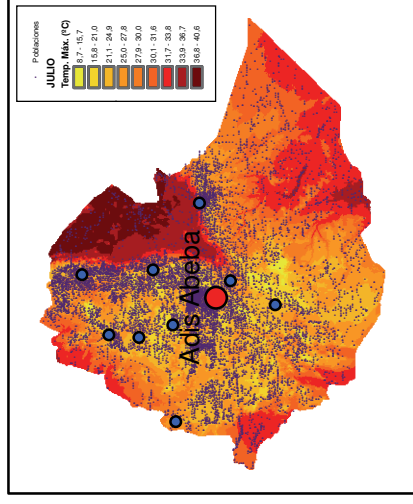
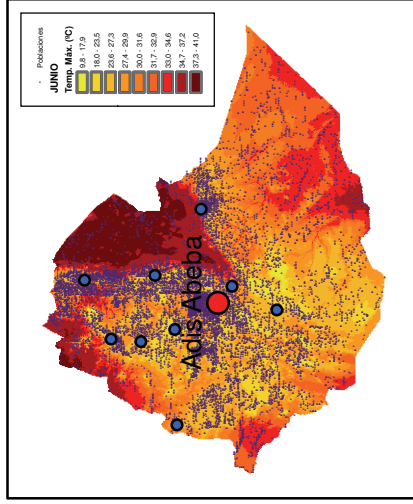
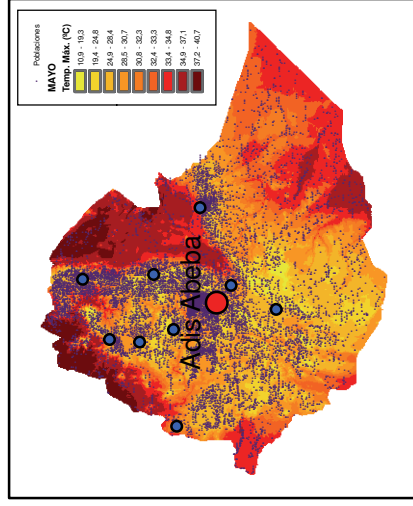
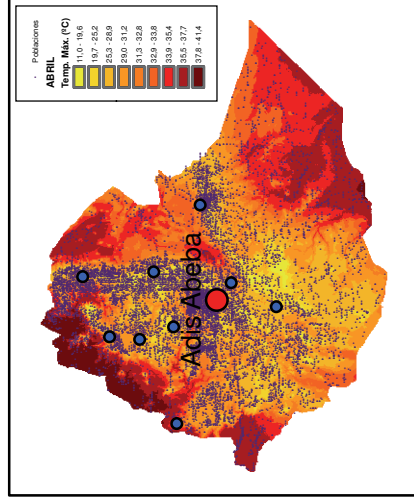
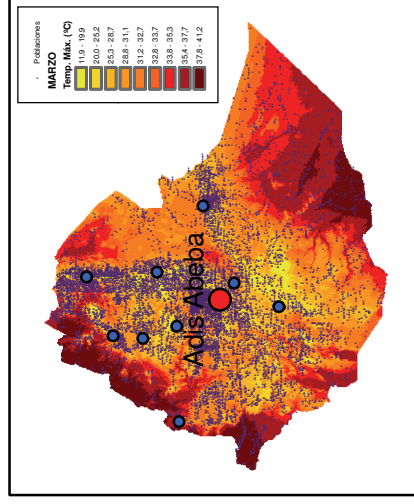
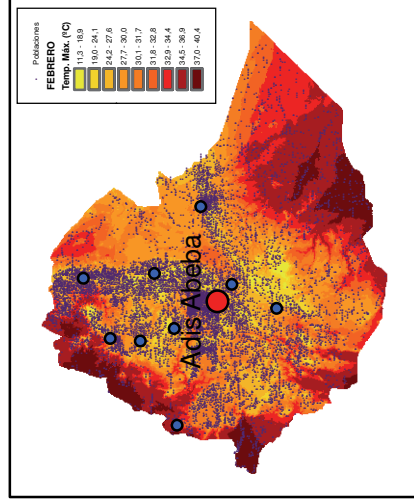
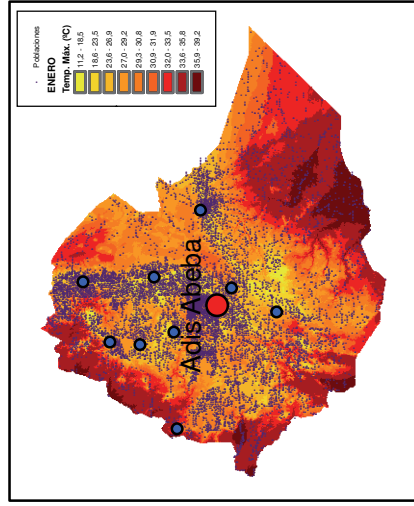
Altitud (m)

- High : 4502
- Low : -144

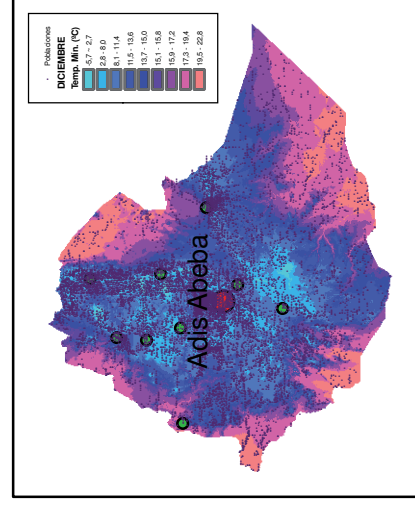
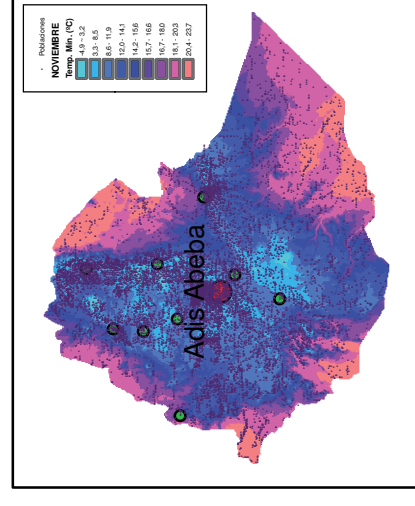
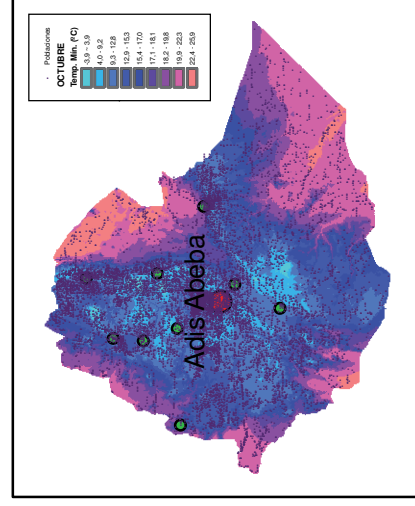
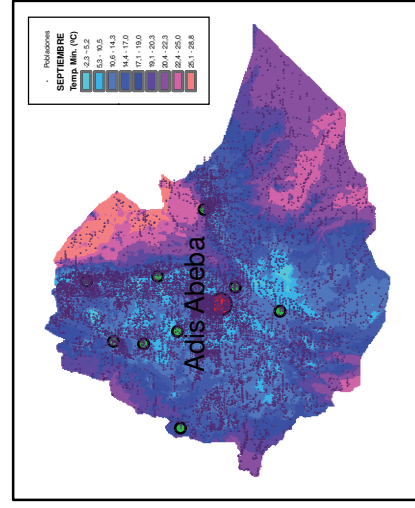
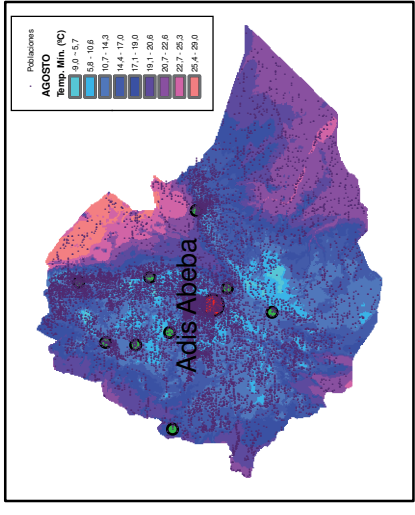
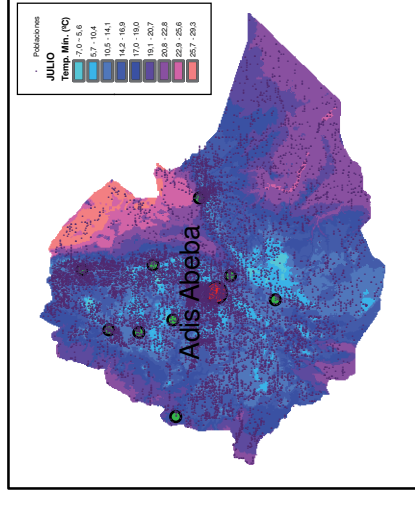
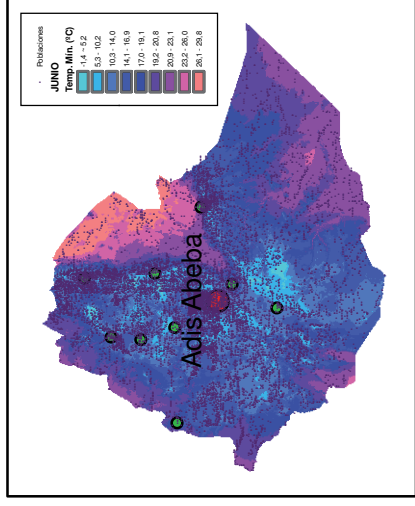
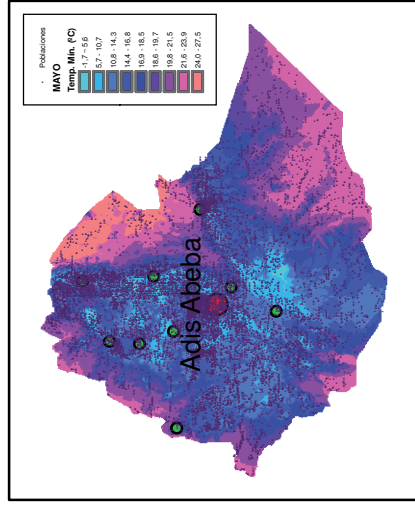
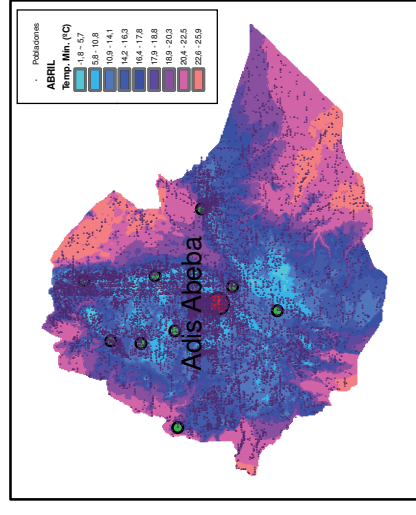
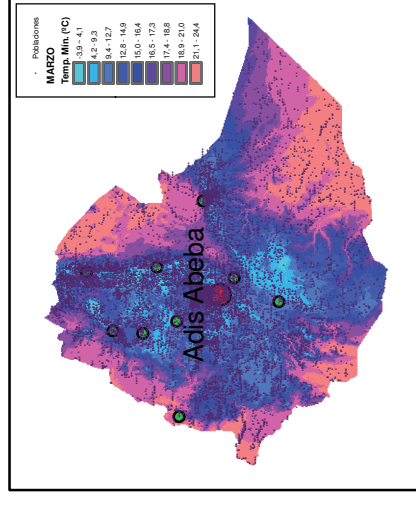
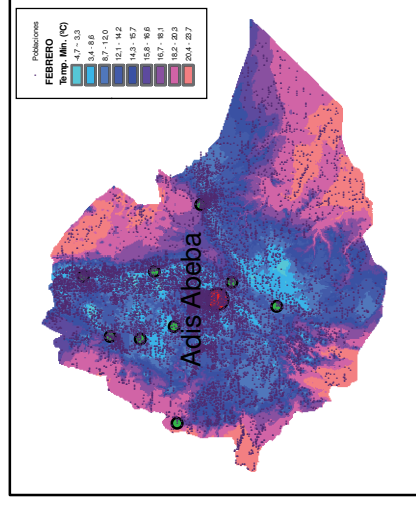
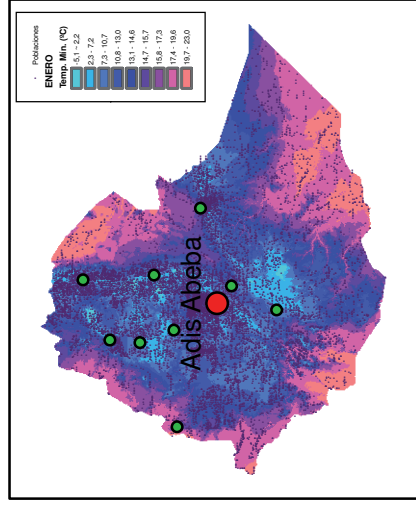


1:7.500.000

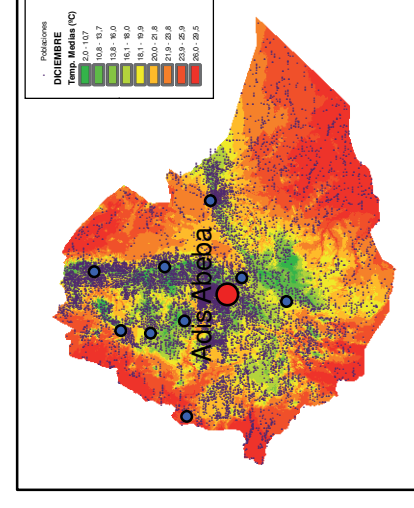
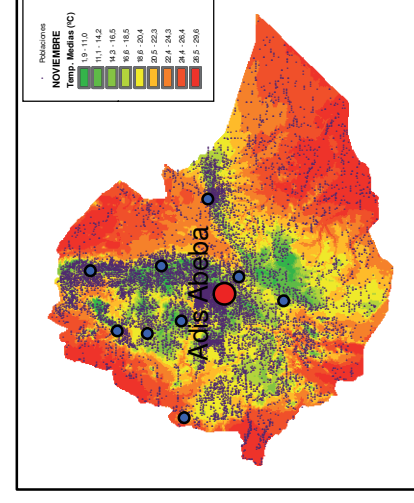
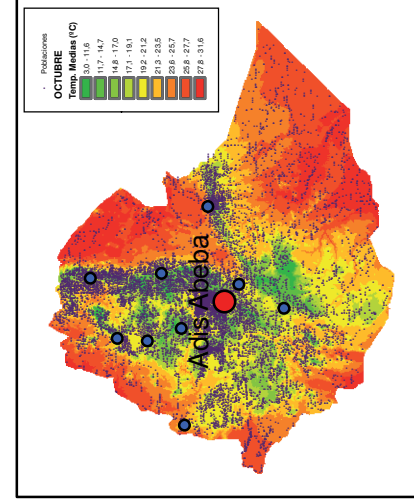
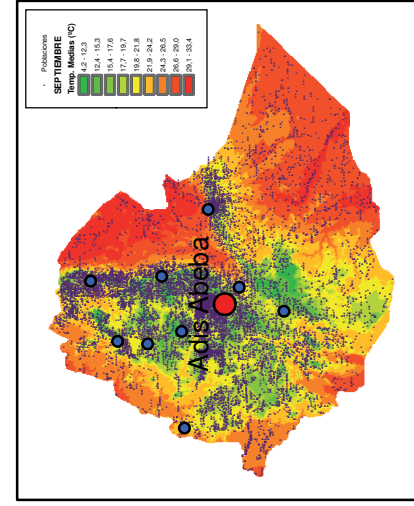
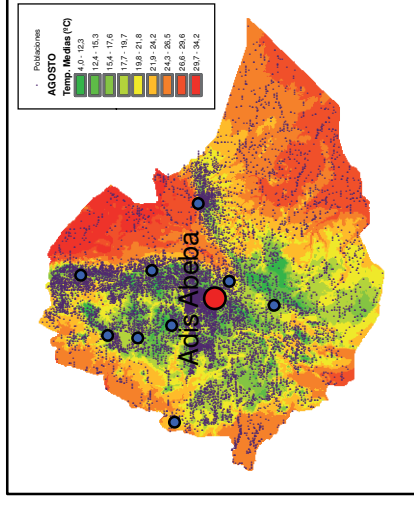
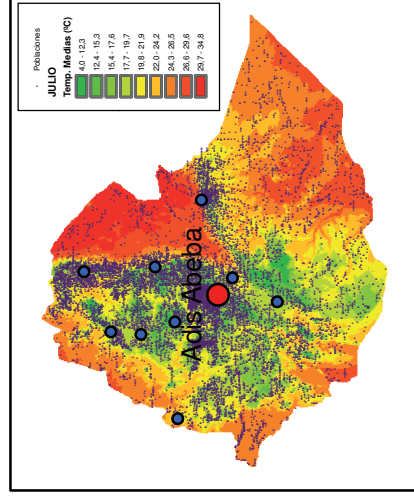
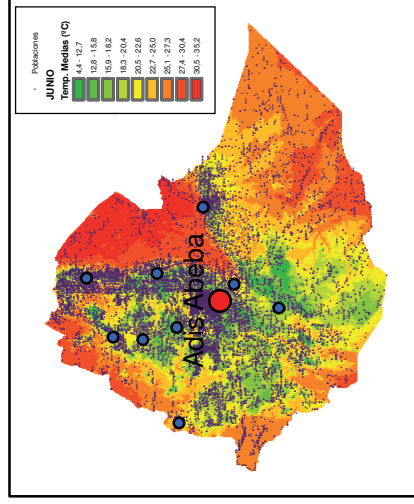
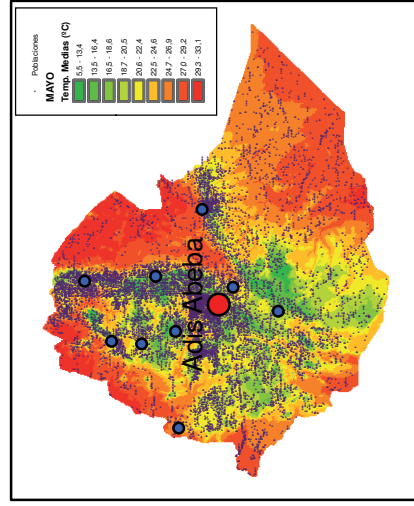
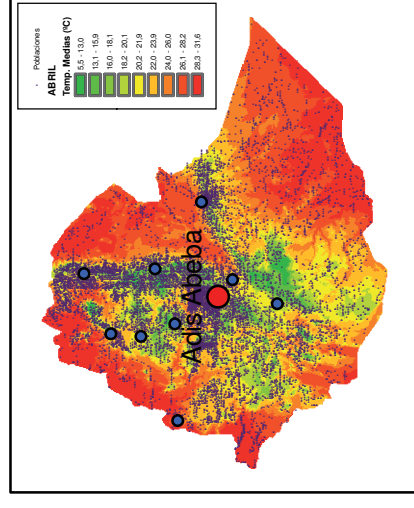
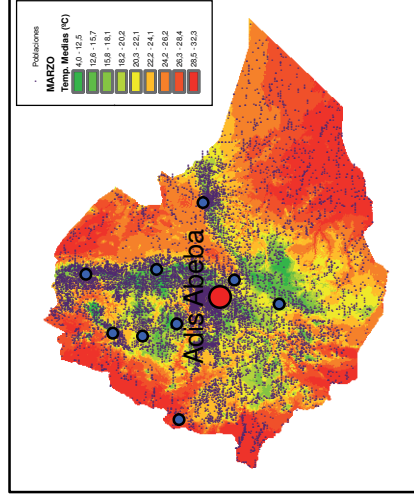
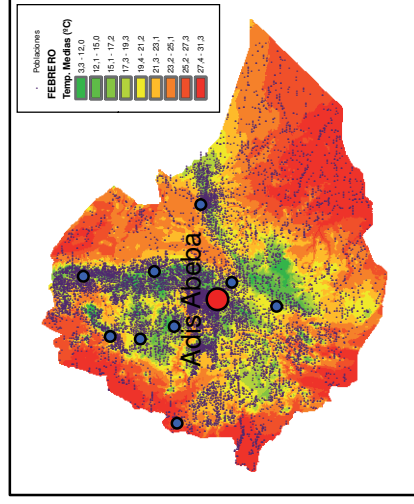
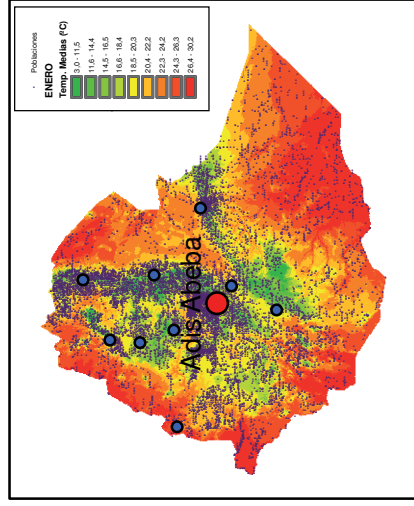
ETIOPÍA. Población y Temperaturas Máximas



ETIOPÍA. Población y Temperaturas Mínimas

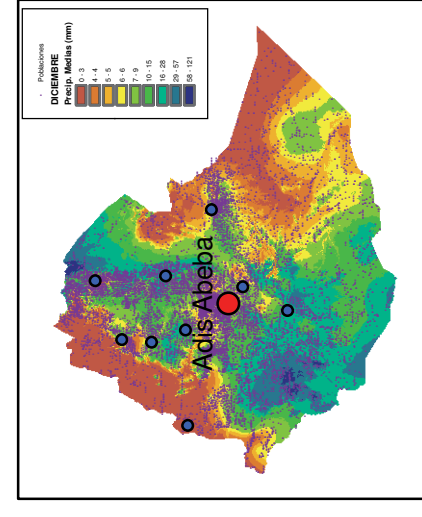
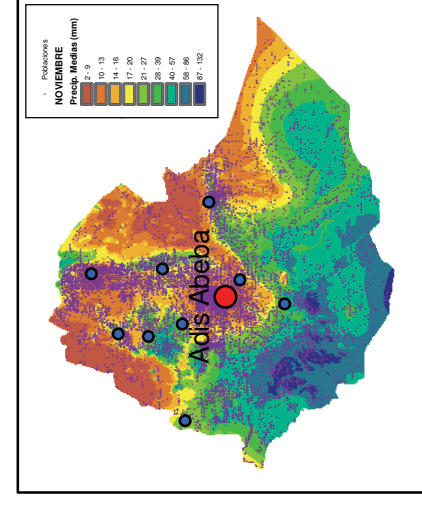
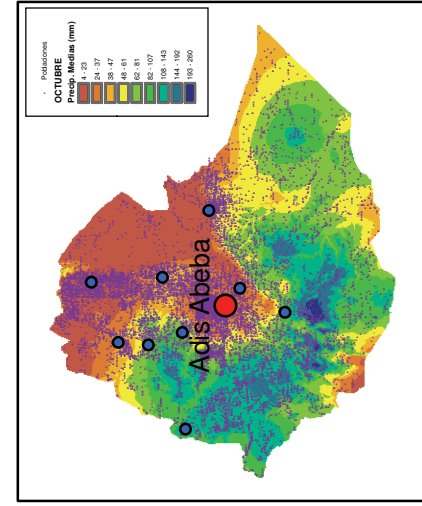
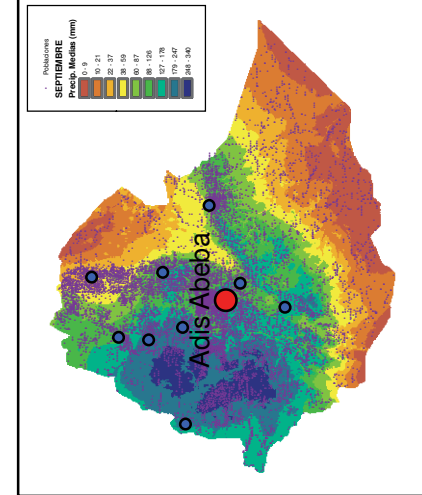
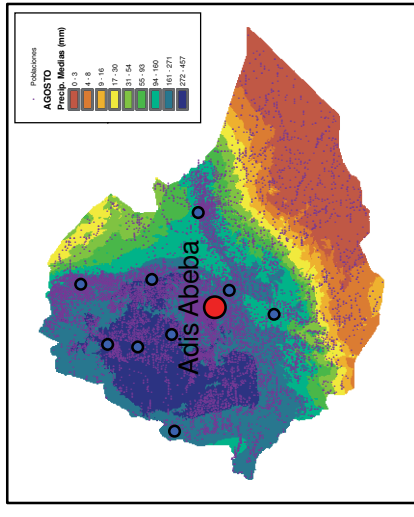
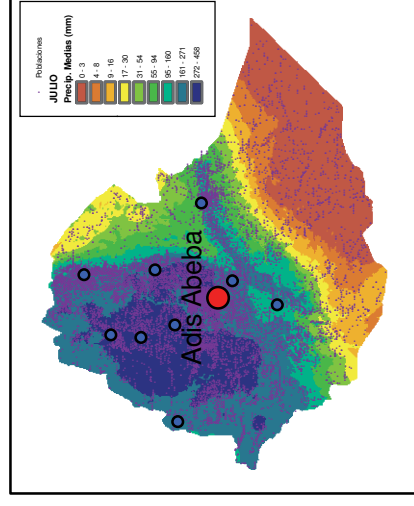
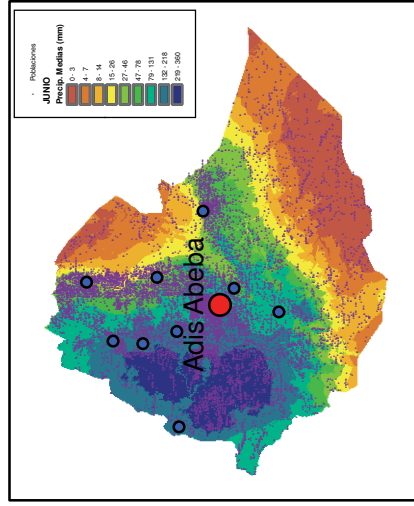
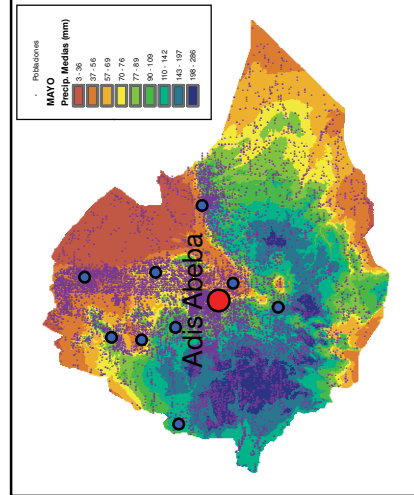
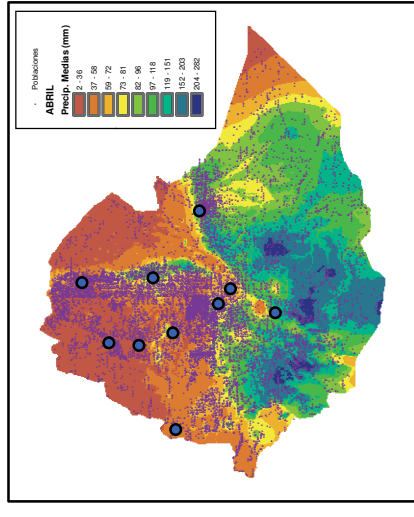
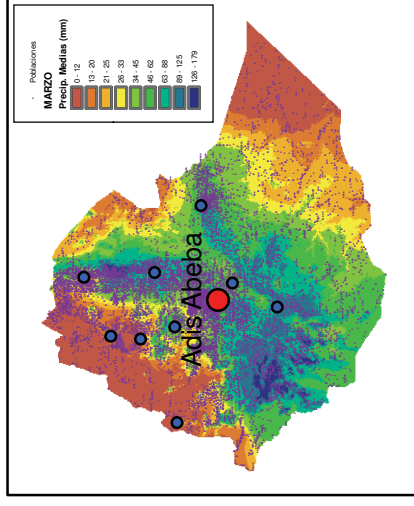
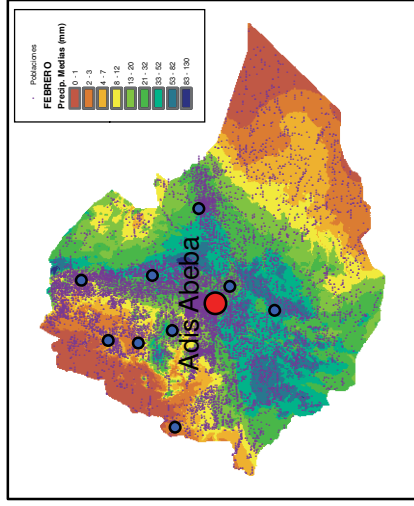
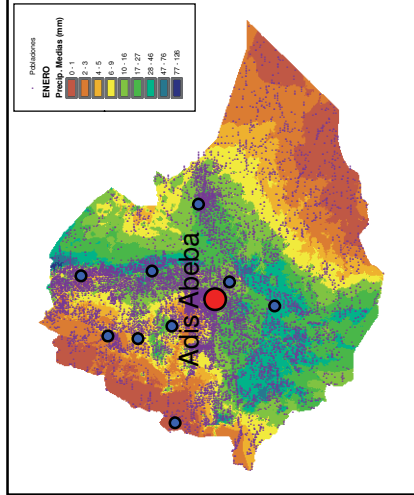


ETIOPÍA. Población y Temperaturas Medias





ETIOPÍA. Población y Precipitaciones Medias



A.3. Documentación de algunas variables utilizadas en el análisis

A.3.1. Los Ríos de Etiopía

A continuación se hace una breve descripción de cada uno de los ríos de Etiopía:

Río Atbara

Nace al noroeste de Etiopía, aproximadamente 50 km al norte del lago *Tana* y 30 km al oeste de *Gondar* y discurre alrededor de 805 km hasta desembocar en el Nilo en la ciudad de *Atbara*, en región norte-centro de Sudán. Su principal afluente, el río *Tekezé* (Amharic: «Terrible»), es quizás el verdadero curso superior del *Atbara* considerando que tiene un curso más largo antes de la confluencia de ambos ríos al noreste de Sudán. Otros afluentes importantes son el río *Shinfa*, al oeste del lago *Tana*, y el *Angereb*, que tiene su nacimiento al norte de la ciudad de *Godar*. La mayor parte del año el *Atbara* es apenas un riachuelo. Sin embargo, durante la época lluviosa (generalmente entre junio y octubre) su nivel sube más de 5m del nivel normal, convirtiéndose en una barrera importante entre los distritos Norte y Central de la región Amhara de Etiopía.

Río Juba



Figura 40: Río Juba

El río Juba es un río de África, localizado en el sur de Somalia, que comienza en la frontera con Etiopía, en la confluencia de los ríos *Dawa* y *Gebele*, y fluye directamente al sur hasta el océano Índico, donde desemboca en *Goobweyn*. La región de la cuenca hidrográfica del *Juba* es fundamentalmente sabana, y es la parte más rica del país debido a sus fértiles tierras de labranza. La fauna autóctona incluye jirafas, guepardos, leones, leopardos, hienas, búfalos, hipopótamos, cocodrilos, órices, gacelas, camellos, avestruces, chacales y asnos salvajes.

Río Omo



Figura 41: Río Omo

El río Omo es un río de Etiopía de 760 km de largo, que desemboca formando un amplio delta en el lago *Turkana*, casi en la frontera con Kenia. Tiene su nacimiento al suroeste de Addis Abeba, en el altiplano *Shewan* y discurre por un curso tortuoso a través de la meseta etíope. Se trata de un río perenne. Su curso corre primero en dirección sureste, describiendo una gran curva hacia el oeste hasta aproximadamente la mitad de su recorrido, en que se vuelve hacia el sur hasta desembocar en el lago *Turkana*. En su curso el *Omo* tiene un desnivel de unos 2.000 m, desde una altura de unos 2.300 m en su origen hasta los 360 metros a nivel del lago, y por ello sus aguas discurren muy rápido, en un curso roto por varias zonas de cascadas, siendo las más importantes las *Kokobi*. Su afluente más importante es el río *Gibe*, siendo otros afluentes más pequeños los ríos *Wabi*, *Denchya*, *Gojeb*, *Mui* y *Usno*. El río *Omo* formaba el límite oriental de los antiguos reinos de *Janjero* y *Garó*. El *Omo* también fluye a través de los Parques Nacionales *Mago* y *Omo*, que son conocidos por su vida silvestre. Muchos animales viven cerca y en el río, incluyendo hipopótamos, cocodrilos y las serpientes venenosas *Bitis arietans*. El valle inferior del *Omo* se cree que fue una encrucijada durante miles de años para diversas culturas y grupos étnicos que emigraron hacia esa región. Actualmente en el valle viven muchas tribus de agricultores y pastores seminómadas, como los *hamer*, *mursi*, *karo*, *surma*, *bume*, *galeb*, *dassanech* y *bodis*. Toda la cuenca del río *Omo* es importante geológica y arqueológicamente, y es conocida por sus depósitos paleontológicos. Se han excavado varios yacimientos, que datan del Plioceno y Pleistoceno, y han aparecido fósiles de homínidos (*Homo gracilis* y *Paranthropus aethiopicus*), pertenecientes a los géneros *Homo* y *Australopithecine*, así como herramientas hechas de cuarcita, la más antigua de alrededor de 2,4 millones de años. Debido a esto, el valle bajo del *Omo*, cerca del lago *Turkana*, fue designado por la UNESCO como un sitio Patrimonio de la Humanidad en 1980. *Omo* también da su nombre a *Omo 1* y *Omo 2*, los dos cráneos más antiguos de *Homo sapiens* descubiertos hasta la fecha.

Río Ganale Dorya

El río *Ganale Dorya*, también río *Genale*, es un río perenne que discurre por el sureste de Etiopía. Nace en las montañas, al este de *Aleta Wendo*, y fluye hacia el sur y el este para unirse con el río *Dawa* en la frontera con Somalia, dando lugar al nacimiento del río *Juba*. Sus principales afluentes son los ríos *Gestro*, *Welmel*, *Weyib*, *Dumale*, *Doya*, *Hawas* y *Hambala*. Las cataratas Verme son un destacado accidente de su curso medio. Tiene una longitud total de 858 km, de los que 480 km están dentro de Etiopía. Se estima que el área de captación de la cuenca del *Ganale Dorya-Dawa* es de 171.050 km², con un escurrimiento anual de 5,80 km³ y una descarga específica de 1,2 litros por segundo por km². La confluencia del *Ganale Dorya* con el *Dawa* es un notable hito geográfico, punto de partida de la frontera entre Etiopía y Kenya, al oeste, y también punto de partida de la frontera entre Etiopía y Somalia, al este. El *Genale Dorya* fue históricamente importante porque sirvió hasta 1991 como límite entre las antiguas provincias de *Sidamo* y *Bale*. La batalla de *Genale Doria* se libró en enero de 1936 en el sur de su curso, entre italianos y etíopes.

Río Awash



Figura 42: Río Awash

El río *Awash*, a veces transcrito como *Hawashes*, es el río más importante de todos los que discurren por Etiopía. Desemboca en una cadena de lagos interconectados que comienzan en el lago *Gargori* y terminan en el lago *Abbe*, en la frontera con Yibuti, a unos 100 kilómetros del inicio del golfo de *Tadjoura*. Es la corriente principal de una cuenca endorreica, que comprende partes de *Amhara*, *Oromia* y regiones de Somalia, así como la mitad sur de la región de *Afar*. Tiene 1.200 kilómetros de longitud. El Valle bajo del *Awash* fue declarado Patrimonio de la Humanidad, por la Unesco, desde 1980, como uno de los mayores yacimientos paleontológicos de África.

Río Nilo Azul



Figura 43: Cataratas del río Nilo Azul

El río Nilo Azul es un largo río que nace en Etiopía y discurre también por Sudán, donde se une con el Nilo Blanco en *Jartún*, que finalmente aportará sus aguas al río Nilo. Nace en el lago Tana, un gran lago de 2.156 km² localizado en la meseta norte de *Amhara*, a 1.788 m de altitud. A este lago llegan unos cincuenta arroyos que se mezclan en sus aguas; al más grande de todos ellos los etíopes le llaman *Abbay Wenz* «río grande» o, comúnmente, *Abbay* y dicen que es el verdadero Nilo Azul; nace en un bosquecillo de árboles que se elevan en una pradera de hierba corta, en un lugar donde las aguas emergen burbujeando de unos pozos que se encuentran ocultos entre la vegetación. A unos 32 km del lago Tana, hacia el sureste, en la meseta etíope, surgen las cataratas de *Tis Isat*, nombre que significa «humo de fuego». En este lugar hay establecida una central hidroeléctrica no muy grande. A partir de ahí ya se le puede llamar, sin ninguna duda, Nilo Azul. El curso de este río dibuja una curva muy amplia por el país, en forma de arco, a través de la región montañosa central de Etiopía y después sigue hacia el norte. Éste es un recorrido de más de 800 km, a lo largo del cual el río va tomando un desnivel de aproximadamente 1.200 m. Las aguas van excavando poco a poco un cañón, cuyas paredes son de roca volcánica, que llega a tener una anchura de 25 a 30 m, al mismo tiempo que van transportando hacia el desierto el limo que proporcionan las tierras altas de Etiopía. En Sudán, el río recibe su principal afluente, el río Dinder, con 480 km de longitud, que también nace cerca del lago Tana. El río ha supuesto desde tiempos remotos una barrera que en cierto modo dividía el país en dos. Durante muchos años y hasta el siglo XX sólo disponían de dos puentes construidos en piedra con mortero, más tarde fueron construidos otros tres de acero y hormigón, con dos carriles de circulación. El tramo geográfico del río Nilo Azul ofrece una serie de dificultades, tales como las cuadrillas de bandidos que merodean por aquellas tierras, llamadas *shifta*, los indígenas de la cuenca baja cuyas jabalinas pueden llegar a ser un peligro para cualquier visitante, los cocodrilos de gran tamaño, el calor asfixiante, los parásitos, las enfermedades febriles y los rápidos, que dificultan la navegación por el río.

Río Gumara

El río *Gumara* es un río al noroeste de Etiopía que desemboca en el este del lago *Tana*. Fue popular, durante los siglos XVIII y XIX, por los manantiales de aguas termales medicinales que se encuentran en su ribera a su paso por *Wanzagay*. El río es una importante zona de desove para las especies de peces autóctonos entre los que se incluyen el barbo, la tilapia, y el pez gato.

Río Reb

El río Reb es un río al norte de Etiopía que desemboca en el lago Tana. El río nace en la ladera de las montañas *Guna*, y transcurre hacia el este a través de la *woreda* de *Kemekem*.

Río Shebelle

El río *Shebelle* es un río de África que nace en Etiopía, en el macizo etíope, y luego fluye en dirección sudeste, hacia *Mogadiscio*, ya en Somalia. Cerca de *Mogadiscio* gira bruscamente al sudoeste, donde sigue la costa. Por debajo de *Mogadiscio*, el río se convierte en estacional. La mayoría de los años el río se seca cerca de la desembocadura del río *Juba*, mientras que en las estaciones de fuertes precipitaciones el río llega incluso hasta el Juba y así al océano Índico. Su nombre viene del idioma somalí, *Wabi Shabeelle* que significa «río Leopardo/Tigre». Tiene 1.130 kilómetros de longitud, extendiéndose 1.000 kilómetros dentro de Etiopía y 130 Km dentro de Somalia. El río da su nombre a las regiones administrativas somalís del río *Shabeelle*, siendo *Shabeellaha Dhexe* y *Shabeellaha Hoose*. En el pasado, el área del río *Shebelle* estaba muy afectada por enfermedades transmitidas por moscas *tse-tsé*, pero parece que se han erradicado al menos en algunas partes. Tiene varios afluentes estacionales como los ríos *Erer*, *Galetti* y *Wabe*. El río *Fafen* no llega al *Shebelle* más que en épocas de inundaciones, ya que en estaciones normales se seca antes.

Río Tekezé



Figura 44: Río Tekezé

El río *Tekezé* es uno de los principales ríos de Etiopía, un afluente del río *Atbara* que forma durante un tramo la frontera occidental de Etiopía y Eritrea. También es conocido como *Setit* en Eritrea, Etiopía occidental, y Sudán oriental. Tiene una longitud de 608 km y ha excavado el cañón más profundo de África y uno de los más profundos del mundo, que en algunos puntos tiene más de 2.000 m.

El río *Tekezé* nace en la región montañosa central de Etiopía, cerca del monte *Qachen*, en *Lasta*, desde donde fluye hacia el oeste, luego al norte y después una vez más hacia el oeste, formando la frontera más occidental de Etiopía y Eritrea. El río continúa por el noreste de Sudán, hasta confluir con el río *Atbarah*, un afluente del curso inferior del Nilo.

El *Tekezé* es tal vez el verdadero curso superior del *Atbara*, ya en la confluencia de ambos ríos, es el más largo. Los principales afluentes en Etiopía, desde su nacimiento, son los siguientes: por la orilla derecha, los ríos *Tahali*, *Meri*, *Sellare*, *Sullo*, *Arekwa*, *Gheoa*, *Wari*, *Firafira*, *Tocoro* y *Gumalo*; y por la orilla izquierda, los ríos *Nili*, *Balagas*, *Saha*, *Bembea*, *Ataba*, *Zarima*, y *Kwalema*.

A.3.2. Los Lagos de Etiopía

A continuación se hace una breve descripción de cada uno de los lagos de Etiopía:

Lago Abaya



Figura 45: Lago Abaya

Está ubicado en la Región de las Naciones, Nacionalidades y Pueblos del Sur. Llamado *Abaya Hayk* en amhárico, también fue llamado *Abbey* o Lago Margarita por el explorador italiano *Vittorio Bottego* el primer europeo que visitó este lago, en homenaje a la esposa del Rey de Italia Humberto I. El lago *Abaya* se encuentra en el Gran Valle del Rift, al este de la montaña *Guge*. Se alimenta en la costa norte por el río *Bilate* que fluye a lo largo del flanco sur del monte *Gurage*. La ciudad de *Arba Minch* está en la orilla suroeste del lago, que en su parte sur, se une al Parque nacional *Nechisar* y al lago *Chamo*. Contiene varias islas, la principal de ellas es *Aruro*. El lago es de color rojo debido a los altos niveles de sedimentos. El lago *Abaya* se desborda algunos años en el lago *Chamo*.

Lago Abbe

El lago *Abbe* está situado en la depresión de *Afar*, en la frontera entre Etiopía al oeste y *Yibuti* al este. Recibe las aguas del río *Awash* pero al ser endorreico, no posee ningún emisario y su nivel se mantiene por la evaporación de sus aguas saladas. Está conectado a otros cinco lagos: lago *Afambo*, el lago *Bario*, el lago *Gargori*, el lago *Gummare* y el lago *Laitali*. De origen tectónico y situado en una fosa tectónica, el lago *Abbe* es relativamente poco profundo, tiene una profundidad media de 8,6 metros. Su volumen de agua es de 3 millones de m³. Colonias de flamencos rosados se agrupan sobre las riberas del lago

Lago Afrera

Es un lago del norte de Etiopía. Ubicado en la Zona Administrativa 2, es uno de los lagos de la depresión de *Afar*. Tiene una superficie de 100 km². También es conocido como lago *Giulietti*, por el explorador italiano *Giuseppe Maria Giulietti*, el cual fue asesinado por los habitantes de *Afar* cerca del lago.

Lago Karum

También conocido como lago *Assal*, es un lago de la región de *Afar*. Es una de las dos salinas del extremo norte de la depresión de *Afar* (el otro es el lago *Afrera*), que se sitúa a 115 metros por debajo del nivel del mar. El volcán *Erta Ale* se levanta al suroeste de este lago. Al norte del lago *Karum* se sitúa el antiguo poblado minero de *Dalol*. El lago es extremadamente salado y está rodeado por un salar todavía minado. Esta sal es transportada en caravana hacia el resto del país.

Lago Hayq

El lago *Hayq* o *Haik* es un lago de agua dulce. Se sitúa al norte de *Dessie*, en la zona de *Debub Wollo* de la región de *Amhara*. Mide 6,7 km de largo y 6 km de ancho, con una superficie de 23 km². Tiene una profundidad de 88 m, estando a una altura de 2.030 m. Es uno de los dos lagos del *woreda* de *Tehuledere*. El lago tiene una isla en medio en la que se encuentra un monasterio, fundado por *Iyasus Mo'a* a mediados del XIII, y que *Yekuno Amlak*, príncipe descendiente del rey de *Axum Dil Na'od* que derrocó a la Dinastía *Zagüe*, rebautizó como Monasterio de *Istifanos* (Monasterio de Esteban, el Coronado). Este rey, fundador de la dinastía Salomónica, fue apoyado por *Takla Haymanoty* el propio *Iyasus Mo'a* a hacerse con el poder, aportando la justificación teológica de la restauración del linaje de Salomón.

Lago Zengena

El lago de *Zengena* es un lago de cráter localizado en las coordenadas (10°54'50"N, 36°58'00"E) de la zona *Awi* de la región *Amhara* de Etiopía. El lago se ubica entre las ciudades de *Injibara* y *Kessa*, a tan sólo 200 m de la carretera que une *Adís Abeba* con *Bahir Dar*, estando a una altura de 2500 m. El diámetro del lago es de alrededor de un kilómetro.

Lago Tana



Figura 46: Lago Tana

El lago Tana (también escrito *T'ana*, *Tsana* o *Dambea*) es el lago más grande de Etiopía, fuente del Nilo Azul. El lago está ubicado en las tierras altas al noroeste del país, a 1.840 m, y tiene aproximadamente 84 km de largo y 66 km de ancho. La profundidad máxima es de 15 m y tiene una superficie de 2.156 km². El lago recibe sus aguas de los ríos *Reb*, *Gumara*, *Lesser Abay*, *Kilti* y *Magech*. Tiene unas treinta islas e islotes, cuyo número varía según el nivel del lago, que ha bajado de unos dos metros en los últimos 400 años. En estas islas hay monasterios e iglesias, en los cuales están enterrados los restos de emperadores etíopes. En la isla de *Tana Cherqos* hay una roca que según la tradición descansó la Virgen María de su viaje de regreso de Egipto; también se dice que *Fruventius*, que introdujo el cristianismo en Etiopía estaría enterrado en *Tana Cherqos*. El cuerpo de *Yekuno Amlak* fue enterrado en el monasterio de San Esteban, en la Isla *Daga*; también en *Daga* se encuentran las tumbas de los emperadores *Dawit I*, *Zara Yaqob*, *Za Dengel* y *Fasilides*. Otras de las islas más importantes del lago son la isla *Dek* y *Meshralia*. Se piensa que los monasterios fueron construidos sobre sitios religiosos anteriores e incluyen *Debre Maryam* y *Dega Estefanos* del siglo XIV, *NargaSelassie*, *Tana Cherkos* (donde según las tradiciones etíopes habría estado el Arca de la Alianza), y *Ura Kidane Mecet* del siglo XIX.

Lago Awasa



Figura 47: Lago Awasa

El apacible lago *Awasa* tiene a sus orillas la ciudad de *Awasa*. Una suave sierra y una llanura rodean el lago que se abre en una bahía hacia el sur. Cerca de *Awasa* encontramos bahías cenagosas que se entremezclan con rocas volcánicas, orillas de arena, colinas rocosas y todo tipo de terrenos imaginables. El lago, de 21 metros de profundidad y con una circunferencia de 62 Km, tiene gran variedad de peces y, como en cualquier otro lugar del *Valle del Rift*, de cantidad de especies de aves.

Lago Chamo



Figura 48: Lago Chamo

Unos pelícanos sobrevuelan el lago *Chamo*, un lago poco profundo que, al igual que su lago hermano *Abaya*, se encuentra dentro del *Gran Valle del Rift* en el suroeste de Etiopía. Formando parte del Parque Nacional *Nechisar*, el Lago *Chamo* alberga gran abundancia de fauna, como un numeroso grupo de hipopótamos y cocodrilos del Nilo.

Lago Abijatta

Ligeramente paralelo al lago *Langano* pero hacia al oeste de la carretera que va del norte al sur del país, está el lago *Abijatta*. Es el más famoso de todos los lagos del Valle del Rift, por su vida ornitológica. Es un lago poco profundo, sólo 10 m, que yace en la arqueada cuenca situada entre bajas colinas. Sus aguas alcalinas atraen a miles de flamencos.

Lago Shalla

Esta situado ligeramente hacia el sur del Lago *Langano*. Con una superficie de 409 Km², el lago alcanza una profundidad de 250 metros y está bordeado por picos dentados e imponentes formaciones rocosas que dan al conjunto un extraño aire misterioso. En la esquina sudoeste del lago está la boca de un arroyo que culmina en las colinas, bajo higueras salvajes y acacias.

Lago Langano

Este lago de tonos cobrizos está situado a 210 km al sur de *Addis Abeba*. Es un lugar muy popular para la natación, los deportes acuáticos, los baños de sol, el camping y la ornitología. A lo largo de sus orillas, en los acantilados y en las acacias, habitan aves que deleitan con sus trinos. Los 4000 m de altura de las montañas de *Arsi*, al este de *Langano* constituyen un precioso escenario tras el cual asoma el sol cada mañana.

Lago Ziway

A 160 km al sur de *Addis Abeba*, está *Ziway*, el lago más septentrional y mayor de toda la cadena que se extiende a través de 434 Km². Su extensa vegetación acuática atrae a una gran variedad de aves. Cinco islas asoman en la superficie del lago, de las cuales, al menos tres, daban cobijo a iglesias medievales.

Lago Turkana



Figura 49: Lago Turkana

El lago *Turkana* (antiguamente conocido como lago *Rudolf*, en honor al Archiduque *Rodolfo de Habsburgo*) es un lago en el *Valle del Gran Rift* en *Keniaque*, en su extremo norte, llega a penetrar en Etiopía. Su nombre significa “tronco de río malo”. El lago tiene una superficie total de 6.405 km², y lo convierte en el mayor lago permanente del mundo de todos los situados en un entorno desértico. Este lago es el mayor lago alcalino del mundo. El entorno es cálido y muy seco. Las características geológicas de la zona son predominantemente volcánicas y la brisa producida por el lago puede llegar a ser muy fuerte, ya que el lago se calienta y enfría mucho más lentamente que la tierra. Tres ríos, el río *Omo*, el río *Turkwel* y el río *Kerio* desembocan en el lago, que sólo pierde agua por evaporación. A pesar de esto, el nivel de las aguas descendió 10 m entre 1975 y 1993. Entre la fauna del lago *Turkana*, a veces llamado el Mar de *Jade*, destacan las percas del Nilo y peces del género de la tilapia. El lago tuvo en el pasado la mayor población de cocodrilos del Nilo, alrededor de 14.000 en la Isla Central. Su situación en una zona extremadamente árida convierte al lago *Turkana* en punto de paso obligado para numerosas aves migratorias. En el entorno del lago habitan leones, guepardos y jirafas junto a otras especies de mamíferos. Ya no hay elefantes ni rinocerontes, aunque parece que los hubo en el pasado. La zona del lago *Turkana* comprende tres áreas designadas como parques nacionales: Parque Nacional de *Sibiloi*, Isla Central del lago *Turkana* e Isla *Surdel*. Estos parques forman parte de la lista del Patrimonio de la humanidad de la Unesco desde 1997.

Lago de Lava Erta Ale



Figura 50: Volcán Erta Ale

Fuente: Asociación crear sonrisas
www.crear-sonrisas.com

El volcán de *Erta Ale*, es un lago de lava con continuas erupciones, que se encuentra en la región de *Afar* al noreste de Etiopía. Es el volcán más activo del país, y su entorno es un área geológica muy rica, el desierto de *Danakil*, en la frontera de Eritrea. El nombre de *Erta Ale* significa “montaña de humo” en lenguaje *Afar*, se la conoce también de forma común como “la puerta del infierno”. El volcán tiene muy poca altura (está considerado entre los más bajos del mundo) con respecto al nivel del mar, ya que todo el entorno se encuentra entre 90 y 150 metros por debajo del nivel del mar. Su altura total es en realidad 613 metros, y tiene una anchura de 50 Kilómetros. La cumbre del volcán presenta una caldera elíptica y un lago de lava, su cráter elíptico mide 0.7x1.6 kilómetros e incluye varios cráteres profundos. La lava se acumula en la cuenca del volcán formando un lago de lava que en ocasiones desborda por su cara sur. El lago de lava es el más antiguo del mundo conocido, ya que lleva en el mismo estado desde 1906. Durante los últimos 125 años, se han registrado continuas erupciones; en Septiembre de 2005 se produjo una muy grande que provocó el traslado de una aldea cercana y la muerte de hasta 250 cabezas de ganado. En 2007 se produjo un desborde y en 2008 una nueva erupción.

A.3.3. Los Parques Nacionales de Etiopía

A continuación se hace una breve descripción de cada uno de los Parques Nacionales de Etiopía:

Parque Nacional de los Lagos de Abijatta-Shalla

El Parque del Nacional de los Lagos *Abijatta* y *Shalla* se encuentra situado en el norte del Valle del Rift, a 200 kms al sur de Addis Abeba, en la Region de *Shoa*.

Fue establecido en el año 1971. Tiene una superficie de 880 Km² y se encuentra a una altitud de entre 1.500 m. y 4.000 m. sobre el nivel del mar.

Las características físicas de los lagos *Abijatta* (196 Km²) y *Shalla* (432 Km²) son llanuras con 2 colinas y 6 ríos que desembocan en los lagos. El lago *Abijatta* es poco profundo y salino sin conexión de salida. El lago *Shalla* es profundo y alcalino y es un importante humedal. Hay aguas termales a lo largo de las orillas. Hace 10.000 años, ambos lagos conformaban uno solo.

Parque Nacional Gambella



Figura 51: Parque Nacional Gambella

El Parque Nacional del *Gambella* se encuentra situado en la Provincia de *Illubor*, en el extremo oeste de Etiopía. Fue establecido en el año 1973. Tiene una superficie de 2.000 Km² y se encuentra a una altitud máxima de 150 m. sobre el nivel del mar. Esta flanqueado por los ríos *Gilo* e *Itang*, en el extremo este de los pantanos del Alto Nilo, en el vecino Sudán.

Respecto a la vegetación, predomina el bosque de hoja caduca con algunas zonas de bosque denso. Las demás áreas son pastizal abierto de sabana y pantanos.

Respecto a la fauna, el parque es de importancia particular para la migración de grandes manadas de Cob. Otros mamíferos incluyen: elefante, búfalo, lichi rojo, rinoceronte, oryx, cebra, topi, cob acuatico, jabalí africano, saltarrocas, bosbock, antilope caballo o antilope roano, oribi, potamoquero, jirafa, león, leopardo, guepardo, hiena manchada, geneta, serval y mangosta. Se han catalogado unas 150 especies diferentes de aves. En los ríos pueden verse algunos cocodrilos.

Parque Nacional Mago



Figura 52: Mujer anciana en el Parque Nacional Mago.

El Parque del Nacional Mago está situado al este de la ciudad de *Maji*, en la Region de *Goffa*. Fue establecido en el año 1978. Tiene una superficie de 1.500 Km² y se encuentra a una altitud de entre 500 m. y 1.000 m. sobre el nivel del mar. Recibe los flujos del Rio Mago hacia el sur en el Rio Omo, que entra en el Lago *Turkana* en su extremo norte. A los 600 m. de altitud es un terreno plano arenoso con las colinas de *Ngalebong*. La pared del este de la falla se eleva en pendiente hasta *Baco*. En el sur se encuentran las colinas *Ngalebong* (conocidas como *Galleb* por los habitantes de la región).

Respecto a la vegetación del valle Mago, contiene *Combretum* y *Terminalia* con matorrales a lo largo de los cauces. Otros árboles que se encuentran son *Piliostigma thonningii*, *Stereospermum kunthianum* y *Gardenia lutea*. Las hierbas son generalmente altas predominando *Hyparrhenia sp.*, *H. dissoluta*, *Themeda triandra* y *Setaria triniveria*. Las especies predominantes de arbusto incluyen *Acacia mellifera*, *Salvadora persica*, *Grewia villosa*, *G. tenax*, *Cadaba farinosa*, *Maerua oblongifolia*, *Euphorbia grandicornis* y *E. scoparia*.

Respecto a la fauna, la zona es en particular importante para especies como el búfalo y la gacela oryx. Otros mamíferos presentes en el Parque son la cebra, Cob acuatico, gran kudu, kudu menor, topi, gacela de Grant, bubal, elefante, jirafa, duiker comun, león, leopardo y lycaon. Entre las aves se encuentra el avestruz. En los ríos se encuentran los cocodrilos.

Parque Nacional Monte Simen



Figura 53: Parque Nacional de los Montes Simen.

El Parque del Nacional del Monte *Simen* se encuentra situado en el oeste de los Montes Simen, 120 km. al noreste de *Gondar*, en la provincia de *Begemder*.

Fue establecido en el año 1969, siendo reconocido como Patrimonio Mundial de la Humanidad en 1978. Tiene una superficie de 220 Km² y se encuentra a una altitud de entre 1.900 m. y 4.430 m. sobre el nivel del mar. El parque ocupa una meseta ancha, ondulante de llanuras vastas, cubiertas de hierba bordeando el borde del norte de la meseta *Ethiopian Amhara*. Es parte del Macizo Simen que incluye el pico más alto de Etiopía, el *Ras Dashan*. El macizo se formo hace 25 millones de años y los basaltos ígneos desde entonces se han ido erosionando formando acantilados abruptos y cañones. La meseta está rodeada en el sur y noreste los por profundos valles del Rio *Tacazze* y sus afluentes.

Se distinguen tres tipos de vegetación en función de la altitud. Entre los 3.000 y los 3.300 metros, la vegetación original de cedros y mañíos ha sido sustituida por cultivos agrícolas. En el nivel intermedio, hasta 4.000 metros, todavía se conservan bosques de brezo y salvia. En el nivel superior encontramos praderas semialpinas, salpicadas de afloramientos rocosos y bosques de brezos gigantes, que alcanzan hasta siete metros de altura.

Entre los mamíferos que alberga, destacan el lobo etíope, la cabra de Abisinia y el gelada. Los tres son endémicos del macizo Etíope, y las dos primeras se encuentran en peligro de extinción. De las aves cabe destacar el buitre orejudo, el quebrantahuesos, el águila cafre, el cernícalo y el halcón borní.

Hay dos temporadas lluviosas, de febrero a marzo y de julio a septiembre: Las precipitaciones medias anuales alcanzan los 1.550 mm. Las temperaturas varían dependiendo de la altitud y la época del año de los -2,5 C° hasta los 18° C. Pueden darse heladas durante la noche y nevar en la cumbre del *Ras Dashan*. La Región Simen está rodeada de antiguos centros culturales como *Aksum*, *Lalibela* y *Gonder*. El Parque Nacional Simen se encuentra en el cruce de viejas rutas comerciales.

Parque Nacional Montes Bale

El Parque Nacional de los Montes Bale se encuentra situado en la región de Bale Region, al sur del Río *Webe Shebele*, a 400 km. al sudeste de Addis Abeba.

Fue establecido en el año 1970. Tiene una superficie de 2.200 Km² y se encuentra a una altitud de entre 1.500 m. y 4.317 m. sobre el nivel del mar. El parque comprende una meseta rodeada por los montes *Batu* (4.307 m.) y *Tulluy Deemtu* (4.377 m.) con varios valles y lagos alpinos. Los ríos principales son el *Web* y el *Danka*. Junto al Parque se encuentran las espectaculares cuevas de *Sof Omar*.

El parque puede dividirse en tres zonas en función de la altitud y las formas del terreno. La zona norte *Gaysay* está compuesta de cordilleras y valles anchos. Los picos centrales y el área de la meseta *Sanetti* comprenden la sección montañosa del parque, todo ello por encima de los 3.400 m. de altitud. Al sur de estas montañas esta la zona *Hareenna* donde la elevación desciende abruptamente en un acantilado mas suavemente hasta el límite del Parque en 1.500 m.

El clima se caracteriza por una estación de lluvias que dura ocho meses (de marzo a octubre) seguida por una estación seca de cuatro meses (noviembre a febrero). En las zonas bajas, las precipitaciones anuales van de 600 mm a 1.000 mm, mientras que en las zonas de mayor altitud llueve anualmente entre 1.000 mm y 1.400 mm. La temperatura anual varía entre los -15° C y los 26° C.

Parque Nacional Nechisar



Figura 54: Parque Nacional Nechisar.

El Parque Nacional *Nechisar* se encuentra situado entre los lagos *Abbaya* y *Chamo*, entre las provincias de *Gemu-Gofa* y *Sidamo*, al norte de la ciudad de *Gidole*. Fue establecido en el año 1972. Tiene una superficie de 700 Km² y se encuentra a una altitud de entre 1.500 m. y 2.000 m. sobre el nivel del mar. El parque contiene las llamadas “llanuras blancas de hierba”, el Lago *Haro Robi*, cordilleras rocosas y los ríos *Kulfo*, *Sermale* y *Mio*.

Respecto a la vegetación, es primordialmente sabana con bosque de sabana. El bosque de ribera se da a lo largo de las orillas de los lagos y ríos. Hay bosque de montaña en el este.

Respecto a la fauna, se han catalogado 38 especies de mamífero, incluyendo grandes manadas de cebra y gacela de *Grant*. Otros mamíferos presentes en el Parque son bubal, búfalo, gran kudu, redonda de montaña, saltarrocas, cob acuatico, papion oliva, colobo blanquinegro, guereza, puerco espín crestado, mangosta de cola blanca, jabalí africano, leopardo, león, chacal de lomo negro, zorro orejudo, gato montés africano, serval, caracal e hipopótamo. En los ríos se encuentra cocodrilo. Se han clasificado 190 especies diferentes de aves. Entre los peces, el más común es la perca del Nilo.

Parque Nacional del Omo

El Parque del Nacional del *Omo* se encuentra situado en la provincia de *Kaffa*, en el extremo suroeste de Etiopía, cerca de las fronteras con Sudán y Kenia.

Fue establecido en el año 1969. Tiene una superficie de 3.450 Km² y se encuentra a una altitud de entre 500 m. y 2.000 m. sobre el nivel del mar. Linda por el este con el Coto de Caza *Tama*, por el oeste con el río *Omo*, y es contiguo al Parque Nacional Mago (2.200 Km²) y a las Reservas *Chew Bahar*, *Yavello* y *Borana*. Está compuesto por tres llanuras cubiertas de hierba, *Sai*, *Illilbai* y *Aeiel*, con cordilleras rocosas en el banco oeste del Río *Omo*. El parque está rodeado de colinas y reducido drásticamente por subafuentes del *Omo*, que forma el límite este del Parque. La principal estación de lluvias va de abril a julio.

Parque Nacional Yangudi

El Parque Nacional *Yangudi Rassa* está situado en las Regiones de *Harrarghe* y *Wollo*, a 350 km. al noreste de Addis Abeba. Fue establecido en el año 1978. Tiene una superficie de 2.000 Km² y se encuentra a una altitud de entre 500 m. y 600 m. sobre el nivel del mar. Esta rodeado por las Reservas de Fauna *Gewane* y *Mille Sardo* y por el Coto de Caza *Afdem-Gewane*. Aunque fundamentalmente está formado por llanuras, dentro del Parque también se encuentran los Montes *Galato Daba* y *Yangudi*. Limita por el oeste con el Río *Awash*.

Respecto al tipo de vegetación, se corresponde con pastizales, bosque de ribera y sabana. Respecto a la fauna, entre los mamíferos presentes en el Parque están el asno salvaje somali, orix, gacela de Sommering, facoquero, gerenuk, cebra de Grevy, gran kudu y kudu menor, serval, guepardo, leopardo y chacal dorado. Hay muy pocas especies de aves, incluyendo el avestruz.

Fuente: World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC)

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Adaptación: actividades realizadas por individuos o sistemas para evitar, resistir o aprovechar la variabilidad, los cambios y los efectos del clima actuales o previstos. La adaptación disminuye la vulnerabilidad de un sistema o aumenta su capacidad de recuperación ante las repercusiones.

Biodiversidad: variedad de vida en todas sus formas, niveles y combinaciones, incluida la diversidad de ecosistemas, la diversidad de especies y la diversidad genética.

Capacidad de adaptación: la habilidad inherente de un sistema de adaptarse a los efectos del cambio climático.

Capacidad de recuperación: la habilidad de un sistema de soportar los efectos negativos sin perder sus funciones básicas.

Derecho a la alimentación: el derecho a tener acceso, de manera regular, permanente y libre, directamente o mediante compra con dinero, a una alimentación cuantitativa y cualitativamente adecuada y suficiente, que corresponda a las tradiciones culturales de la población a que pertenece el consumidor y que garantice una vida psíquica y física, individual y colectiva, libre de angustias, satisfactoria y digna.

Desarrollo rural: el proceso de revitalización equilibrado y autosostenible del mundo rural basado en su potencial económico, social y medioambiental mediante una política regional y una aplicación integrada de medidas con base territorial.

Desnutrición: estado patológico resultante de una dieta deficiente en uno o varios nutrientes esenciales o de una mala asimilación de los alimentos.

Desnutrición aguda: deficiencia de peso para altura. Delgadez extrema o emaciación.

Desnutrición crónica: retardo de altura para la edad.

Desnutrición global: deficiencia de peso para la edad. Insuficiencia ponderal.

Hambre: escasez de alimentos básicos, que causa carestía y miseria generalizada.

Hambruna: el resultado de una secuencia de procesos y sucesos que reduce la disponibilidad de alimentos o el derecho al alimento, causando un aumento notable y propagado de la morbilidad y mortalidad.

Inseguridad alimentaria: situación que se da cuando las personas carecen de un acceso seguro a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para un crecimiento y desarrollo normales y una vida activa y sana.

Inocuidad alimentaria: relacionada con los riesgos asociados a la alimentación que pueden incidir en la salud de las personas, tanto riesgos naturales, como originados por contaminaciones, por incidencia de patógenos, o bien que puedan incrementar el riesgo de enfermedades crónicas como cáncer, enfermedades cardiovasculares y otra.

Malnutrición: estado patológico resultante, por lo general, de la insuficiencia o el exceso de uno o varios nutrientes o de una mala asimilación de los alimentos.

Medio de Vida Sostenible: aquellos medios de vida medio de vida se puede considerar que es sostenible cuando puede resistir las presiones y crisis y recuperarse después de ellas y mantener o aumentar sus capacidades y activos (naturales, sociales, humanos, físicos y financieros) tanto en el presente como en el futuro sin poner en peligro la base de recursos naturales.

Mitigación: medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por fuente y/o de incrementar la eliminación de carbono mediante sumideros.

Seguridad alimentaria: a nivel de individuo, hogar, nación y global, cuando todas las personas en todo momento tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana.

Soberanía Alimentaria: el derecho de los pueblos a definir sus propias políticas y estrategias sustentables de producción, distribución y consumo de alimentos que garanticen el derecho a la alimentación para toda la población, con base en la pequeña y mediana producción, respetando sus propias culturas y la diversidad de los modos campesinos, pesqueros e indígenas de producción agropecuaria, de comercialización y de gestión de los espacios rurales, en los cuales la mujer desempeña un papel fundamental.

Subnutrición: situación en la cual la ingestión de alimentos no cubre las necesidades energéticas básicas de forma continua.

Vulnerabilidad: grado de exposición de las personas a los riesgos, la susceptibilidad de sus sistemas de vida a dichos riesgos y la limitación en los recursos para enfrentarlos y adaptarse a ellos.

