

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tesisenred.net](http://www.tesisenred.net)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author



TESIS DOCTORAL

**Metodología de análisis en el tiempo para  
evaluar la escasez de agua dulce en función  
de la oferta y de la demanda. Caso de  
estudio: Los países de la región del golfo de  
Guinea**

**Universidad Politécnica de Cataluña**  
Cátedra Unesco de Sostenibilidad

**Tesis presentada por:**  
Beatriz Escribano Rodríguez de Robles

*Dedico esta tesis a todas las personas que han trabajado, trabajan y trabajarán por y para el proyecto de la Cátedra UNESCO de Sostenibilidad*

## ÍNDICE

### Capítulo 1. Preliminares

<b>1.1. Resumen .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Prefacio.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Lista de figuras, tablas y mapas</b>	
1.3.1. Lista de figuras .....	5
1.3.2. Lista de tablas .....	8
1.3.3. Lista de mapas .....	9
<b>1.4. Lista de abreviaturas y símbolos.....</b>	<b>11</b>

### Capítulo 2. El estado del arte de la valoración de la escasez de agua dulce en el mundo

<b>2.1. Introducción.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2. Discusión sobre el concepto de escasez de agua dulce.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3. Los factores conductores</b>	
2.3.1. Introducción.....	17
2.3.2. Los factores conductores determinantes en la oferta de agua dulce	
2.3.2.1. El ciclo del agua .....	17
2.3.2.1.1. La pluviometría .....	19
2.3.2.1.2. El impacto de la actividad humana .....	22
2.3.2.2. La disponibilidad de recursos de agua dulce convencional .....	24
2.3.2.2.1. Las aguas superficiales .....	26
2.3.2.2.2. Las aguas subterráneas .....	26
2.3.2.3. La disponibilidad de agua dulce no convencional .....	28
2.3.2.4. La tecnología como soporte de explotación .....	31
2.3.2.5. El cambio climático .....	33
2.3.3. Los factores determinantes en la demanda de agua dulce	
2.3.3.1. La población.....	35
2.3.3.2. El desarrollo humano sostenible.....	38
2.3.3.3. Los usos del agua dulce	
2.3.3.3.1. La visión global .....	40
2.3.3.3.2. La visión por sectores agrícola, doméstico e industrial	
2.3.3.3.2.1. La evolución .....	42

2.3.3.3.2.2. El sector agrícola .....	43
2.3.3.3.2.3. El sector doméstico.....	46
2.3.3.3.2.4. El sector industrial.....	47
2.3.3.3.2.5. Conclusiones sobre los usos de agua por sectores.....	49
2.3.3.4. La gestión compartida de la cuenca.....	49
2.3.3.5. La tecnología como soporte en la gestión de la demanda.....	53
2.3.3.6. El cambio climático.....	54
2.3.4. Conclusiones sobre los factores determinantes de agua dulce.....	55

## **2.4. Los indicadores de escasez de agua dulce**

2.4.1. Introducción.....	56
2.4.2. La disponibilidad de agua dulce por persona y año.....	57
2.4.3. La extracción de agua dulce .....	58
2.4.4. El índice de pobreza de agua.....	60
2.4.5. La escasez física y económica de agua, Instituto Internacional para el Manejo del Agua (IWMI), 2007 .....	62
2.4.6. Los indicadores de los informes (2º, 2006 y 3º, 2009) sobre el desarrollo mundial de los recursos hídricos del programa mundial de evaluación de los recursos hídricos (WWAP) y de la UNESCO .....	63
2.4.7. Los indicadores del “Informe sobre el desarrollo humano” de las Naciones Unidas	
2.4.7.1. Los indicadores de los objetivos de desarrollo del milenio (ODM) .....	67
2.4.7.2. El índice de desarrollo humano (IDH).....	71
2.4.8. Las correlaciones entre indicadores.....	75
2.4.9. Conclusiones sobre los indicadores de escasez de agua dulce.....	75

## **2.5. Las bases de datos**

2.5.1. Introducción.....	77
2.5.2. Las Naciones Unidas .....	77
2.5.3. El Instituto de los Recursos Mundiales .....	81
2.5.4. El Agua Mundial. El Instituto del Pacífico.....	81
2.5.5. Otras organizaciones internacionales .....	82
2.5.6. Conclusiones sobre las bases de datos.....	83

## **2.6. Del estado del arte a la identificación de objetivos**

### **Capítulo 3. Objetivos**

3.1. Objetivo generales .....	86
3.2. Puntos claves de la propuesta metodológica.....	87

## Capítulo 4. La propuesta metodológica para valorar la escasez de agua dulce a través de un caso de estudio

<b>4.1. Introducción</b> .....	<b>89</b>
<b>4.2. Nuestro caso de estudio: los países de la región del golfo de Guinea</b>	
4.2.1. Justificación.....	90
4.2.2. Identidad	
4.2.2.1. Introducción.....	92
4.2.2.2. Las personas .....	93
4.2.2.3. El agua dulce como recurso.....	95
<b>4.3. La función oferta-demanda dinámica de la escasez de agua dulce</b>	
4.3.1. El punto de partida de cómo definir nuestra oferta y demanda .....	99
4.3.2. El glosario clásico	
4.3.2.1. Introducción.....	100
4.3.2.2. Los términos .....	101
4.3.3. Los niveles de posicionamiento de la actividad humana frente a las opciones de la oferta y la demanda.....	113
4.3.4. Las consideraciones previas en la oferta y la demanda .....	115
4.3.4.1. La influencia del cambio climático.....	115
4.3.4.2. La influencia de agua dulce no convencional en la oferta .....	116
4.3.4.3. Conclusiones sobre las consideraciones previas en la oferta y la demanda.....	119
4.3.5. Hacia el concepto oferta –demanda.....	120
4.3.6. La propuesta	
4.3.6.1. La oferta .....	122
4.3.6.1.1. Los dos niveles de oferta de agua dulce renovable	
4.3.6.1.1.1. La oferta de nivel alto (ONA).....	122
4.3.6.1.1.2. La oferta de nivel bajo (ONB).....	124
4.3.6.1.1.3. El nuevo glosario de la oferta .....	125
4.3.6.2. La demanda	
4.3.6.2.1. La demanda dinámica (DD) y el consumo dinámico (CD) de agua dulce renovable.....	126
4.3.6.2.2. La relación entre la demanda y el consumo.....	128
4.3.6.2.3. El nuevo glosario de la demanda.....	131
4.3.6.2.4. Las tendencias de la demanda dinámica y el consumo dinámico de agua dulce en el mundo.....	133
4.3.7. Una visión conjunta de la oferta y la demanda dinámica/consumo dinámico .....	135
4.3.8. Resumen: Las aportaciones conceptuales y la propuesta .....	137
<b>4.4. La generación de escenarios de futuro</b>	
4.4.1. Introducción.....	139
4.4.2. Conceptos básicos: sistemas y modelos .....	139

4.4.3. El sistema humanidad-naturaleza: la incertidumbre; los escenarios de futuro y el paradigma de búsqueda de objetivos ( <i>goal seeking paradigm</i> ) .....	140
4.4.4. Sistema humanidad-naturaleza: el sistema multinivel.....	142
4.4.5. Realización de escenarios de futuro .....	143
4.4.6. Nuestras herramientas de apoyo: Pysight.....	145
<b>4.5. El proceso metodológico: las etapas a través del ejemplo de Costa de Marfil</b>	
4.5.1. Introducción y etapa 0.....	147
4.5.2. Etapa 1: los escenarios oferta-demanda dinámica <i>business as usual</i> (BaU)	
4.5.2.1. Introducción.....	149
4.5.2.2. La determinación de la oferta: la oferta de nivel alto (ONA) y la oferta de nivel bajo (ONB).....	150
4.5.2.3. La demanda: la elaboración de las curvas de demanda dinámica (DD) y del consumo dinámico (CD). El ejemplo de Costa de Marfil.	
4.5.2.3.1. Introducción.....	152
4.5.2.3.2. El sector agrícola .....	153
4.5.2.3.3. El sector doméstico.....	154
4.5.2.3.4. El sector industrial .....	158
4.5.2.3.5. La demanda dinámica y el consumo dinámico: la suma de sectores .....	161
4.5.2.3.6. Los escenarios 0 <i>business as usual</i> de la demanda dinámica en el periodo 1980-2050 por Sectores.....	161
4.5.2.4. Los escenarios globales 0 <i>business as usual</i> de la oferta versus de la demanda dinámica	
4.5.2.4.1 Los escenarios 0 <i>business as usual</i> de la oferta versus demanda dinámica en el periodo 1980-2050.....	163
4.5.2.4.2 Los escenarios 0 <i>business as usual</i> de la oferta versus demanda dinámica en el periodo 1980-2170.....	165
4.5.3. Etapa 2: la implementación de políticas alternativas en los escenarios oferta-demanda dinámica en el periodo 2010-2050	
4.5.3.1. Justificación de los estándares EURO y USACAN.....	168
4.5.3.1.1. El estándar EURO .....	169
4.5.3.1.2. El estándar USACAN.....	170
4.5.3.2. Los escenarios 1: la implementación del estándar EURO	
4.5.3.2.1. Fase 1: el escenario 1-1 2010-2050 .....	172
4.5.3.2.2. Fase 2: el escenario 1-2 2050 → ¿?.....	173
4.5.3.2.3. Representación consecutiva de los escenarios 0 <i>business as usual</i> con los escenarios EURO 1-1 y 1-2 .....	175
4.5.3.3. Los escenarios 2: la implementación del estándar USACAN	
4.5.3.3.1. Fase 1: el escenario 2-1 2010-2050 .....	176
4.5.3.3.2. Fase 2: el escenario 2-2 2050 → ¿?.....	177
4.5.3.3.3. Representación consecutiva de los escenarios <i>business as usual</i> con los escenarios USACAN 2-1 y 2-2.....	178
4.5.4. Análisis de los escenarios 0, 1 y 2 en el ejemplo Costa de Marfil.....	179

4.5.5. Esquema recapitulativo de las etapas de la propuesta metodológica en el ejemplo de Costa de Marfil.....	182
4.5.6. Recapitulación de las etapas de la propuesta metodológica .....	184

## **Capítulo 5. Aplicación de los escenarios de futuro en los casos de estudio de Guinea, Benín y Nigeria**

5.1. Justificación de la elección de Guinea, Benín y Nigeria como países tipo de casos de estudio.....	186
5.2. Los escenarios 0 <i>business as usual</i> (BaU).....	187
5.3. Los escenarios 1: estándar EURO.....	190
5.4. Representación consecutiva de los escenarios 0 <i>business as usual</i> con los escenarios 1 estándar EUR0 1-1 y 1-2 .....	195
5.5. Los escenarios 2: estándar USACAN.....	198
5.6. Representación consecutiva de los escenario 0 <i>business as usual</i> con los escenarios 2 estándar USACAN 2-1 y 2-2.....	202
5.7. Conclusiones relativas a los países tipo de la región objeto de caso de estudio .....	205

## **Capítulo 6. El índice de capacidad de demanda dinámica de agua según el estándar EURO 2010-2050 (ICDDAE)-50**

6.1. Justificación del ICDDAE-50 .....	206
6.2. Concepto, definición y cálculo del ICDDAE-50 en el ejemplo de Costa de Marfil .....	207
6.3. El ICDDAE-50 en los países de la región del golfo de Guinea .....	209
6.4. Conclusiones: una nueva visión de la problemática de la escasez de agua dulce de los países de la región del golfo de Guinea .....	211
6.5. Discusión alrededor del índice ICDDAE: las aportaciones y las limitaciones.....	213

## **Capítulo 7. Conclusiones**

7.1. El grado y las características de alcance de los objetivos.....	215
7.2. La tipología y las características de las conclusiones principales de la propuesta metodológica en su conjunto y a través de cada una de sus etapas	
7.2.1. Etapa 1: las propuestas conceptuales y terminológicas .....	216
7.2.2. Etapa 2: los escenarios <i>business as usual</i> .....	216

7.2.3. Etapa 3: los escenarios resultantes de las políticas alternativas.....	216
<b>7.3. Los países de la región del golfo de Guinea como caso de estudio.....</b>	<b>218</b>
<b>7.4. Las consideraciones finales.....</b>	<b>219</b>
<b>Anexos</b>	
<b>Anexo A:</b> las figuras de las representaciones de los diferentes escenarios de los países Guinea-Bissau, Sierra Leona, Liberia, Ghana y Togo.....	221
<b>Anexo B:</b> el programa PySight .....	240
<b>Anexo C:</b> estudio estadístico de correlación entre el producto interior bruto y la demanda dinámica .....	265
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>272</b>

# Capítulo 1. Preliminares

## 1.1. Resumen

El objetivo de esta tesis es dotarse de una metodología de análisis dinámica en el tiempo que permita revalorar permanentemente la problemática de la escasez de agua dulce en función de la oferta y la demanda.

La metodología se ha desarrollado implementándola como caso de estudio en los países que forman la región africana del golfo de Guinea, y teniendo en cuenta las variaciones de sus factores conductores y sobre todo el del bienestar humano.

Se avanza, conceptual y metodológicamente, en la caracterización y representación dinámica en el tiempo de lo que denominamos la *oferta* y la *demanda dinámica*. Se analiza el escenario *business as usual* corroborándose la situación de escasez económica y no física de estos países.

Fundamentalmente se afronta conceptual y metodológicamente la “objetivización” de los estándares de demanda de agua ligados a unos niveles aceptables de bienestar y calidad de vida. A partir de estos estándares se analizan, mediante la construcción y el análisis de los escenarios correspondientes, las posibilidades y/o debilidades reales de estos países en relación con la escasez de agua desde los puntos de vista social, económico y ambiental de la sostenibilidad.

Palabras clave:

Escasez, agua dulce, oferta, demanda dinámica, bienestar humano, sostenibilidad, golfo de Guinea, estándar.

## Abstract

The main goal of this thesis is to provide an analysis methodology that can be adapted over time for the continuous reassessment of water scarcity problems based on supply and demand.

The methodology was developed, and implemented as a study case in the countries in the gulf of Guinea region. Variations in the driving factors of these countries were taken into account, particularly human welfare.

This thesis makes conceptual and methodological progress, towards the representation and characterization over time of what is known as supply and dynamic demand, analyses the

*business as usual* scenario, and finds evidence of economic scarcity, but not a physical scarcity in these countries.

This thesis confronts the ‘objectivization’ of water demand standards in relation to acceptable levels of welfare and quality of life. Taking these standards as a starting point, it constructs and analyses different scenarios to examine the opportunities and/or weaknesses of these countries in relation to water scarcity, from social, economical and environmental sustainability perspectives.

Keywords:

Scarcity, freshwater, supply, dynamic demand, human welfare, sustainability, Guinea gulf, standard.

## 1.2. Prefacio

La vida nace en los fondos marinos y se convierte en el recurso más esencial para la vida en el planeta. En el momento en que el ser humano deja de actuar como un mamífero más dentro de las cadenas tróficas, se adueña del planeta y su actividad provoca desequilibrios entre el propio ser humano y su entorno natural.

El agua dulce se considera como un recurso renovable y constante en volumen en el ciclo del agua, limitado pero no escaso a escala global. Es cierto que el aumento demográfico, la contaminación y la mala gestión de este recurso nos han conducido a reducir la disponibilidad de agua útil; sin embargo la razón de que existan personas que padecen escasez no se debe tan solo a su disponibilidad física sino también a su condición económica.

La falta de acceso al agua dulce va asociada al mayor problema de nuestro tiempo que es el hambre y la pobreza en el mundo. La FAO, en la declaración de la Cumbre Mundial sobre Seguridad Alimentaria que tuvo lugar en Roma en noviembre del 2009, alertó de que las personas que padecen hambre y pobreza eran más de mil millones (FAO, 2009a).

Siguiendo en esta línea, si bien es cierto que el futuro en el ámbito de agua dulce no es nada prometedor, tal como indican las cifras sobre el cumplimiento hasta el 2009 de los objetivos de desarrollo del milenio para el 2015 y de forma específica en el séptimo objetivo que es “garantizar la sostenibilidad del medio ambiente” y su meta 7.C que habla en “reducir a la mitad para el año 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento” (ONU, 2009), nunca el ser humano había tenido tanta información y tantas herramientas a su disposición. Todo ello nos preocupa y nos motiva a buscar soluciones entorno a esta problemática.

En consecuencia, nos pareció muy adecuado y de gran interés trabajar en la implementación de una nueva metodología para así sustentar una buena toma de decisiones en el marco de sostenibilidad.

Durante la realización de la parte de investigación (trabajo de investigación tutelado y el proyecto de tesis) sobre la escasez de agua dulce en el mundo del programa de doctorado Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo de la Cátedra UNESCO de Sostenibilidad de la Universidad Politécnica de Catalunya, se publicó el informe de las Naciones Unidas para el Desarrollo del año 2006, “Más allá de la escasez: el poder, la pobreza y la crisis mundial del agua”, en el que, entre otras definiciones de la escasez de agua dulce, queremos destacar de forma especial la siguiente: “La escasez es en última instancia, una función de la oferta y de la

demanda” (UNESCO y WWAP, 2006). Dicha idea fue el punto de partida para desarrollar nuestra propuesta metodológica.

Por lo tanto, siguiendo este planteamiento, el propósito de nuestro trabajo se enmarca en la elaboración de una nueva metodología capaz de evaluar de forma dinámica en el tiempo la escasez de agua dulce en función de la oferta y la demanda, considerando las necesidades ambientales por el lado de la oferta y las de bienestar del ser humano por el lado de la demanda.

## 1.3. Lista de figuras, tablas y mapas

### 1.3.1. Lista de figuras

Figura 1. El ciclo del agua en el mundo .....	18
Figura 2. Esquema de los componentes del ciclo hidrológico en la actualidad .....	23
Figura 3. Capacidad acumulativa de las plantas desaladoras de 1945 a 2004.....	28
Figura 4. Presas construidas en el curso del tiempo por región 1900-2000 .....	31
Figura 5. La evolución de la población mundial .....	35
Figura 6. Uso mundial del agua .....	41
Figura 7. La extracción anual de agua dulce según sectores en el año 2000.....	42
Figura 8. Evolución en el uso mundial del agua por sectores .....	43
Figura 9. Porcentaje (%) de la población con acceso sostenible a mejores fuentes de abastecimiento de agua 1990, 2000 y 2006 .....	69
Figura 10. Porcentaje (%) de la población con acceso a servicios de saneamiento mejorados en 1990 2000 y 2006.....	71
Figura 11. La extracción de agua dulce según sectores en porcentaje en el periodo 2000-2002 en la región del golfo de Guinea .....	97
Figura 12. Ejemplo hipotético de oferta y demanda .....	99
Figura 13. Israel: Escenario <i>business as usual</i> de la oferta en agua dulce convencional y no convencional y su demanda entre los años 1990-2025 .....	118
Figura 14. Las tendencias de la demanda dinámica, el consumo dinámico y la demanda dinámica por persona versus población en el mundo .....	134
Figura 15. La oferta, la demanda dinámica y el consumo dinámico dentro del ciclo del agua.....	136
Figura 16. Esquema del proceso para definir oferta/demanda dinámica.....	138
Figura 17. Interacción entre humanidad y naturaleza .....	141
Figura 18. Sistema básico multinivel aplicado a la valoración dinámica de la escasez de agua dulce .....	143
Figura 19. La correlación entre la demanda dinámica doméstica y el PIB en el mundo por países.....	156
Figura 20. La correlación entre la demanda dinámica industrial y el PIB industrial en el mundo por países.....	159
Figura 21. Los escenarios <i>business as usual</i> de la demanda dinámica por sectores en Costa de Marfil en el periodo 1980-2050 .....	162
Figura 22. Escenario 0 <i>business as usual</i> de Costa de Marfil en el periodo 1980-2050 .....	164
Figura 23. Escenario 0 <i>business as usual</i> de Costa de Marfil en el periodo 1980-2170 .....	166
Figura 24. Escenario EURO 1-1 de Costa de Marfil en el periodo 2010-2050.....	173

Figura 25. Escenario EURO 1-2 de Costa de Marfil en el periodo 2050-2105.....	174
Figura 26. Escenario BaU 0 + EURO 1-1 y 1-2 de Costa de Marfil en el periodo 1980-2105.....	175
Figura 27. Escenario USACAN 2-1 de Costa de Marfil en el periodo 2010-50.....	177
Figura 28. Escenario USACAN 2-2 de Costa de Marfil en el periodo 2050-60.....	178
Figura 29. Escenario BaU 0 + USACAN 2-1 y 2-2 de Costa de Marfil en el periodo 1980-2060.....	179
Figura 30. El proceso por etapas de la implementación del estándar EURO en el ejemplo de Costa de Marfil..	182
Figura 31. El proceso por etapas de la implementación del estándar USACAN en el ejemplo de Costa de Marfil.....	183
Figura 32. Árbol de los posibles escenarios.....	185
Figura 33. Escenario 0 BaU de Guinea en el periodo 1980-2050.....	187
Figura 34. Escenario 0 BaU de Benín en el periodo 1980-2050.....	187
Figura 35. Escenario 0 BaU de Nigeria en el periodo 1980-2050.....	188
Figura 36. Escenario EURO 1-1 de Guinea en el periodo 2010-2050.....	190
Figura 37. Escenario EURO 1-2 de Guinea en el periodo 2050-2205.....	190
Figura 38. Escenario EURO 1-1 de Benín en el periodo 2010-2050.....	191
Figura 39. Escenario EURO 1-1 de Benín en el periodo 2050-2065.....	191
Figura 40. Escenario EURO 1-1 de Nigeria en el periodo 2010-2050.....	192
Figura 41. Escenario BaU 0 + EURO 1-1 + EURO 1-2 de Guinea en el periodo 1980-2205.....	195
Figura 42. Escenario BaU 0 + EURO 1-1 + EURO 1-2 de Benín en el periodo 1980-2065.....	196
Figura 43. Escenario BaU 0 + EURO 1-1 de Nigeria en el periodo 1980-2040.....	197
Figura 44. Escenario 2-1 de Guinea en el periodo 2010-2050.....	198
Figura 45. Escenario 2-2 de Guinea en el periodo 2050-2165.....	198
Figura 46. Escenario 2-1 de Benín en el periodo 2010-2050.....	199
Figura 47. Escenario 2-1 de Nigeria en el periodo 2010-2050.....	199
Figura 48. Escenario BaU 0 + USACAN 2-1 + USACAN 2-2 de Guinea en el periodo 1980-2165.....	202
Figura 49. Escenario BaU 0 + USACAN 2-1 de Benín en el periodo 1980-2030.....	203
Figura 50. Escenario BaU 0 + USACAN 2-1 de Nigeria en el periodo 1980-2020.....	204
Figura 51. Escenario 0 BaU de Guinea-Bissau en el periodo 1980-2050.....	222
Figura 52. Escenario 0 BaU de Sierra Leona en el periodo 1980-2050.....	222
Figura 53. Escenario 0 BaU de Liberia en el periodo 1990-2050.....	223
Figura 54. Escenario 0 BaU de Ghana en el periodo 1980-2050.....	223

Figura 55. Escenario 0 BaU de Togo en el periodo 1980-2050 .....	224
Figura 56. Escenario 1-1 EURO de Guinea-Bissau en el periodo 2010-2050 .....	225
Figura 57. Escenario 1-2 EURO de Guinea-Bissau en el periodo 2050-2200 .....	225
Figura 58. Escenario 1-1 EURO de Sierra Leona en el periodo 2010-2050 .....	226
Figura 59. Escenario 1-2 EURO de Sierra leona en el periodo 2050-2230.....	226
Figura 60. Escenario 1-1 EURO de Liberia en el periodo 2010-2050 .....	227
Figura 61. Escenario 1-2 EURO de Liberia en el periodo 2050-2305 .....	227
Figura 62. Escenario 1-1 EURO de Ghana en el periodo 2010-2050 .....	228
Figura 63. Escenario 1-2 EURO de Ghana en el periodo 2010-2075 .....	228
Figura 64. Escenario 1-1 EURO de Togo en el periodo 2010-2050 .....	229
Figura 65. Escenario 1-2 EURO de Togo en el periodo 2050-2075 .....	229
Figura 66. Escenario consecutivo BaU 0 + EURO 1-1 + EURO 1-2 de Guinea-Bissau en el periodo 1980-2200 .....	230
Figura 67. Escenario consecutivo BaU 0 + EURO 1-1 + EURO 1-2 de Sierra Leona en el periodo 1980-2230 .....	230
Figura 68. Escenario consecutivo BaU 0 + EURO 1-1 + EURO 1-2 de Liberia en el periodo 1980-2305 .....	231
Figura 69. Escenario consecutivo BaU 0 + EURO 1-1 + EURO 1-2 de Ghana en el periodo 1980-2075 .....	231
Figura 70. Escenario consecutivo BaU 0 + EURO 1-1 + EURO 1-2 de Togo en el periodo 1980-2065 .....	232
Figura 71. Escenario 2-1 USACAN de Guinea-Bissau en el periodo 2010-2050.....	233
Figura 72. Escenario 2-2 USACAN de Guinea-Bissau en el periodo 2050-2160.....	233
Figura 73. Escenario 2-1 USACAN de Sierra Leona en el periodo 2010-2050.....	234
Figura 74. Escenario 2-2 USACAN de Sierra Leona en el periodo 2050-2190.....	234
Figura 75. Escenario 2-1 USACAN de Liberia en el periodo 2010-2050.....	235
Figura 76. Escenario 2-2 USACAN de Liberia en el periodo 2050-2260.....	235
Figura 77. Escenario 2-1 USACAN de Ghana en el periodo 2010-2050.....	236
Figura 78. Escenario 2-1 USACAN de Togo en el periodo 2010-2050.....	236
Figura 79. Escenario consecutivo BaU 0 + USACAN 2-1 + USACAN 2-2 de Guinea-Bissau en el periodo 1980-2160 .....	237
Figura 80. Escenario consecutivo BaU 0 + USACAN 2-1 + USACAN 2-2 de Sierra Leona en el periodo 1980-2190 .....	237

Figura 81. Escenario consecutivo BaU 0 + USACAN 2-1 + USACAN 2-2 de Liberia en el periodo 1980-2260 .....	238
Figura 82. Escenario consecutivo BaU 0 + USACAN 2-1 de Ghana en el periodo 1980-2030 .....	238
Figura 83. Escenario consecutivo BaU 0 + USACAN 2-1 de Togo en el periodo 1980-2020 .....	239

### 1.3.2. Lista de tablas

Tabla 1. Disponibilidad de recursos de agua dulce renovable .....	25
Tabla 2. Porcentaje de volumen de agua reutilizada de las extracciones de agua renovable .....	30
Tabla 3. Nivel de presión en función de la extracción de agua dulce renovable.....	58
Tabla 4. Temas y número de variables disponibles en la base de datos de AQUASTAT.....	79
Tabla 5. La población de nuestra región .....	94
Tabla 6. El índice de desarrollo humano (IDH) de los países de nuestra región.....	95
Tabla 7. Las características del agua como recurso en los países de nuestra región .....	96
Tabla 8. Los niveles de posicionamiento de la actividad humana frente a las opciones de la oferta y la demanda.....	114
Tabla 9. La oferta y la demanda en agua dulce convencional y no convencional de Israel .....	118
..	
Tabla 10. Porcentaje del consumo por sector en relación a la demanda de agua mundial .....	129
Tabla 11. Demanda y consumo de los usos de agua en los países del golfo de Guinea en 2000-2002.....	130
Tabla 12. Incrementos de población, demanda dinámica, consumo dinámico y demanda dinámica por persona .....	135
Tabla 13. La oferta (ONA-ONB), la demanda dinámica y el consumo dinámico en los niveles de posicionamiento de la actividad humana .....	137
Tabla 14. La oferta de nivel alto y la oferta de nivel bajo de los países de nuestra región .....	151
Tabla 15. Los valores calculados de la demanda dinámica durante el periodo 1980-2003 en el sector agrícola de Costa de Marfil.....	154
Tabla 16. Los valores calculados del consumo dinámico durante el periodo 1980-2003 en el sector agrícola de Costa de Marfil.....	154
Tabla 17. Tabla recapitulativa del cálculo del volumen de la demanda dinámica durante el periodo 1980-2003 en el sector doméstico de Costa de Marfil .....	157
Tabla 18. Los valores calculados del consumo dinámico durante el periodo 1980-2003 en el sector doméstico de Costa de Marfil.....	157
Tabla 19. Tabla recapitulativa del cálculo del volumen de la demanda dinámica durante el periodo 1980-2003 en el sector industrial de Costa de Marfil.....	160
Tabla 20. Los valores calculados del consumo dinámico durante el periodo 1980-2003 en el sector industrial de Costa de Marfil.....	160

Tabla 21. La demanda dinámica y el consumo dinámico durante el periodo 1980-2003 en Costa de Marfil.....	161
Tabla 22. Los valores de la demanda dinámica durante el periodo 1980-2003 de España: metodología propia <i>versus</i> Eurostat.....	163
Tabla 23. Los resultados del escenario 0 <i>business as usual</i> de Costa de Marfil en el año 2050.....	165
Tabla 24. Los resultados del escenario 0 <i>business as usual</i> de Costa de Marfil en el periodo 1980-2170.....	168
Tabla 25. La extracción del agua dulce en los países europeos en el año 2000.....	170
Tabla 26. La demanda dinámica por persona y año en los Estados Unidos y Canadá.....	171
Tabla 27. La demanda dinámica de agua dulce y la población en los Estados Unidos y Canadá en el año 2000.....	171
Tabla 28. Los resultados de los escenarios 0,1 y 2 de Costa de Marfil.....	181
Tabla 29. Resumen de los distintos escenarios de Costa de Marfil.....	184
Tabla 30. Los resultados del escenario 0 BaU de los países de Guinea, Benín y Nigeria en el periodo 1980-2050.....	189
Tabla 31. Resultados de los escenarios estándar EURO 1-1 y 1-2 de Guinea, Benín y Nigeria.....	193
Tabla 32. Resultados de los escenarios estándar USACAN 2-1 y 2-2 de Guinea, Benín y Nigeria.....	201
Tabla 33. Los criterios de clasificación del ICDDAE-50.....	208
Tabla 34. Cálculos de los agotamientos de nivel bajo y nivel alto en el año 2050 en los países de la región del golfo de Guinea.....	209
Tabla 35. ICDDAE-50 en los países de la región del golfo de Guinea.....	209

### 1.3.3. Lista de mapas

Mapa 1. La precipitación media anual en el mundo entre 1961-1990 en mm por año.....	19
Mapa 2. Índice de humedad climática – coeficiente de variación.....	21
Mapa 3. Disponibilidad de agua dulce en m <sup>3</sup> por persona y año en 2007.....	26
Mapa 4. Proyecciones y concordancia de los modelos con respecto a los cambios relativos de la escorrentía de aquí al final del siglo XXI.....	34
Mapa 5. Relación entre disponibilidad de recursos hídricos internos renovables y la población en 2007.....	37
Mapa 6. Las extracciones de agua en el sector agrícola en el año 2000.....	44
Mapa 7. Las extracciones de agua en el sector industrial en el año 2000.....	48
Mapa 8. Las cuencas hidrográficas principales en el mundo.....	51
Mapa 9. Extracción de agua superficial y subterránea como porcentaje de los recursos hídricos totales renovables en el año 2000.....	59
Mapa 10. Indicador de estrés hídrico.....	60

Mapa 11. Zonas con escasez física y económica de agua .....	62
Mapa 12. Índice de uso insostenible del agua .....	64
Mapa 13. Índice de estrés hídrico relativo .....	65
Mapa 14. El uso doméstico de agua .....	66
Mapa 15. El uso industrial de agua .....	67
Mapa 16. Producto interior bruto en dólares y paridad de poder adquisitivo en 2007 .....	72
Mapa 17. Mapa del mundo según el índice de desarrollo humano de los diferentes estados a partir del informe 2007/2008 .....	73
Mapa 18. Zonas con escasez física y económica de agua .....	90
Mapa 19. Mapa del hambre .....	91
Mapa 20. División regional de África .....	92
Mapa 21. La región del Golfo de Guinea .....	93
Mapa 22. El ICDDAE-50 en los países de la región del golfo de Guinea .....	210
Mapa 23. Una nueva visión de la escasez de agua dulce de los países de la región del golfo de Guinea .....	211

## 1.4. Lista de abreviaturas y símbolos

<b>AQUASTAT:</b>	sistema de información sobre el uso del agua en la agricultura y el medio rural
<b>ANA:</b>	agotamiento de nivel alto
<b>ANB:</b>	agotamiento de nivel bajo
<b>BaU:</b>	<i>business as usual</i>
<b>CD:</b>	consumo dinámico
<b>CEI:</b>	Comunidades de Estados Independientes
<b>CIA:</b>	Agencia Central de Inteligencia
<b>DD:</b>	demanda dinámica
<b>DECDG:</b>	Grupo de gestión de datos sobre el desarrollo
<b>Eurostat:</b>	Oficina de Estadística de la Unión Europea
<b>FAO:</b>	Organización para la alimentación y la agricultura de las Naciones Unidas
<b>FMI:</b>	Fondo Monetario Internacional
<b>Gencat:</b>	Generalitat de Catalunya
<b>ICDDAE-50:</b>	índice de capacidad de demanda dinámica de agua según estándar EURO 2010-2050
<b>ICOLD:</b>	Comisión Internacional de Grandes Presas
<b>IDH:</b>	índice de desarrollo humano
<b>IHP:</b>	Programa hidrológico internacional
<b>IGRAC:</b>	Centro internacional de evaluación de los recursos de aguas subterráneas
<b>IPCC:</b>	Panel Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático
<b>IWMI:</b>	Instituto Internacional para el Manejo del Agua
<b>OCDE:</b>	Organización de Cooperación y Desarrollo Económico
<b>ODM:</b>	objetivos de desarrollo del milenio
<b>ONA:</b>	oferta de nivel alto
<b>ONB:</b>	oferta de nivel bajo
<b>ONU:</b>	Organización de las Naciones Unidas

<b>PIB:</b>	producto interior bruto
<b>PNUD:</b>	Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo
<b>PPA:</b>	paridad de poder adquisitivo
<b>tv:</b>	tasa de variación
<b>UNDESA:</b>	Departamento de asuntos económicos y sociales de las Naciones Unidas
<b>UNESCO:</b>	Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura
<b>UNEP:</b>	Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente
<b>UNSD:</b>	División de estadística de las Naciones Unidas
<b>UNPD:</b>	División de población de las Naciones Unidas
<b>WCED:</b>	Comisión mundial de medio ambiente y desarrollo
<b>WPI:</b>	índice de pobreza del agua
<b>WRI:</b>	Instituto de los Recursos mundiales
<b>WWAP:</b>	Programa mundial de evaluación de los recursos hídricos

## **Capítulo 2. El estado del arte de la valoración de la escasez del agua dulce en el mundo**

### **2.1. Introducción**

Los cambios ambientales del planeta son debidos sobre todo a la actividad humana. Estas transformaciones se vuelven cada vez más preocupantes ya que los recursos van disminuyendo y la población aumentando. De todos estos recursos, el agua dulce es el más esencial para la vida del ser humano, de las demás especies y del conjunto del ecosistema. Y, además, no podemos perder de vista que el mayor desafío de nuestro siglo es alimentar a toda la población del mundo y la falta de este agua nos conduce al hambre y la pobreza. Éste es el principal motivo de que la escasez de agua dulce sea, sin lugar a dudas, uno de los temas centrales de las agendas políticas mundiales. Todas estas circunstancias hacen de gran interés el estudio de esta problemática y su incierto futuro.

En el último siglo, el aumento del uso de agua se ha incrementado de forma más rápida que la tasa de crecimiento demográfico. Si bien todavía no existe escasez global de agua, sí son latentes los desequilibrios entre la disponibilidad de agua dulce y la población. Desde tiempos inmemoriales, en el momento en que el agua dulce deviene un recurso escaso, el acceso y el compartir dicho bien se convierte en fuente de conflictos. Por eso, a pesar de muchos esfuerzos a nivel de tratados entre países, la gobernanza y la gobernabilidad del agua es una asignatura pendiente, compleja y sin superar.

## 2.2. Discusión sobre el concepto de escasez de agua dulce

No se puede comenzar a analizar los factores conductores que caracterizan la escasez de agua dulce sin hacer antes una pequeña reflexión sobre este concepto. El agua se puede visualizar y analizar desde muchísimas perspectivas: este recurso es vida, cultura, economía, religión, salud, desarrollo, tecnología, distribución, gestión, uso, conflicto, riqueza, belleza, seguridad y muchas cosas más.

Toda esta variedad en torno al concepto de escasez de agua complica extremadamente su estudio al mismo tiempo que lo hace más interesante y atractivo. Desde un principio se presentía que, al ser un tema transversal y multidisciplinar, los documentos de referencia se ubicarían en distintos ámbitos de estudio tales como la geografía, la política, la economía, la agricultura, la gestión, el medio ambiente, la ingeniería, etc.

A escala global, se plantea el agua dulce como un bien no escaso en el sentido físico (Rijsberman, 2006). Sin embargo, la disponibilidad de los recursos hídricos no es la misma en los diferentes continentes, ni tampoco existe una relación entre la población y el acceso al agua dulce, así como tampoco entre el desarrollo humano y la extracción de agua. Además, en cada continente existen disparidades de situaciones entre regiones, algunas de las cuales se encuentran en estados extremos de desarrollo. De hecho, se pueden detectar grandes diferencias entre ciudades, pueblos y comunidades de una misma región.

De todo ello se desprende que la escasez de agua dulce puede generar conflictos tanto entre países como dentro de un mismo estado o región. Algunos líderes mundiales ya han anunciado que el acceso a este recurso será una de las principales fuentes de conflicto en el mundo. De hecho, ya desde hace mucho tiempo es motivo de disputa entre algunas naciones.

El objetivo de este apartado no es buscar una definición única sobre la escasez de agua dulce, sino plantear las diferentes percepciones que se desprenden de este concepto y reflexionar sobre ellas. En una de las primeras definiciones presentadas en el *Informe sobre desarrollo humano de 2006* de las Naciones Unidas se afirma que, “la escasez de agua puede ser física, económica o institucional y, como el agua misma, puede fluctuar en el tiempo y en el espacio”. Como vemos, la falta de agua puede ser física, económica o institucional y, como el mismo líquido, puede fluctuar en el tiempo y en el espacio. Por otro lado, “la escasez de agua dulce se puede visualizar en última instancia, como una función de la oferta y la demanda. Sin embargo, ambos lados de la ecuación oferta-demanda están determinados por opciones políticas y por políticas públicas” (PNUD, 2006).

Si tan sólo la definimos de forma física, la escasez de agua se asocia a la insuficiente disponibilidad de este recurso para satisfacer la demanda. Muchos hidrólogos suelen evaluar la escasez de agua en volumen disponible de agua dulce por habitante. El agua es un recurso muy complejo, puesto que es difícil de identificar y medir, al ser un recurso fugitivo que fluye, se evapora, se filtra y se condensa. El agua no es un recurso estático como la tierra, sino que cíclico, sufre importantes cambios en el tiempo y en el espacio así como variaciones de calidad. Todo ello en su conjunto es lo que la población y los ecosistemas valoran. A partir de los diferentes estados del agua se establecen las bases de la economía de mercado y los derechos de propiedad sobre ella (FAO, 1995).

El agua puede tener un impacto muy negativo; cuando se presenta en forma de inundación o de sequía. Además este tipo de situaciones se puede suceder en un mismo lugar. La disponibilidad de agua dulce media anual es poco representativa y por lo tanto, no tiene ningún sentido medir su escasez de forma física (Rijsberman, 2003).

Las sociedades del mundo se identifican con el agua de forma distinta: unas ven en ella sólo bienes económicos y de servicio, mientras que otras la consideran desde valores culturales y religiosos. Estos últimos influyen en la toma de decisiones de los responsables políticos sobre la gestión del agua; y por lo tanto, la gobernabilidad de una región estará determinada no tan sólo por cuestiones económicas, sino también por los diferentes sentimientos de la población hacia los recursos o bienes de su entorno. Este tipo de comportamiento se da mayoritariamente en los países en desarrollo.

Desde el punto de vista económico, nos preguntamos cómo y qué se debería internalizar respecto al coste del agua. Las instituciones son las responsables de regular y dar pautas para poder gestionar de forma compartida y equitativa las cuencas hídricas, sobre todo cuando se padece la falta de agua.

Los economistas pueden visualizar y cuantificar los beneficios del agua, como se hace con la energía hidroeléctrica. En general resulta más fácil y equitativo determinar las ganancias económicas del agua que asignar la propia agua. Los economistas nos recuerdan la necesidad de recurrir al coste del agua suministrada, tratada, almacenada, y así sucesivamente.

En consecuencia, a menudo nos obligan a pensar en el agua en términos mercantilistas de compra y venta como un producto básico a pesar de que éste nunca ha sido un bien internacional en el sentido práctico. Como cualquier otra persona uno se compromete de forma emocional, estética, religiosa con los ecosistemas, y, por lo tanto somos reticentes en pensar que el agua sea visualizada tan solo como otro bien económico (UNEP, 2008).

Existen otras percepciones del concepto de escasez de agua. Por ejemplo, cuando un individuo no tiene acceso seguro y asequible al agua para satisfacer necesidades como beber y lavar o para su bienestar, se dice que esta persona padece inseguridad de agua. Cuando un gran número de personas en una zona sufren esta inseguridad durante un periodo de tiempo considerable, entonces podemos afirmar que esta zona padece escasez de agua.

Sin embargo, para determinar que una zona padece escasez de agua depende, primero, de cómo quedan definidas las necesidades de la población y, segundo, si las necesidades ambientales referentes a los ecosistemas; son tomadas en cuenta en esta determinación. A continuación, se valora qué fracción del recurso puede o podría estar disponible para satisfacer las necesidades de la población, considerando los factores temporales y espaciales para acabar de definir el estado de la escasez (Rijsberman, 2006).

Otros científicos y científicas en vez de hablar de escasez, hablan de pobreza de agua. Con esta denominación queda clara la estrecha relación que existe entre la pobreza (en sentido amplio) y este recurso. La pobreza de agua se da cuando una nación o región no puede afrontar el coste de agua saneada sostenible para toda la población de forma indefinida (Feitelson y Chenoweth, 2002).

Esta reflexión nos conduce a pensar en las necesidades de agua de calidad, a hablar de agua tratada, y, por lo tanto, de agua que no tiene por qué proceder de una fuente natural. Cuando nos enfrentamos al coste de éste, se plantea el hecho, como ya hemos comentado anteriormente, de internalizar los costes ambientales del agua y su propio valor.

Para concluir, la escasez de agua dulce es un concepto mucho más complejo que simples indicadores, especialmente los físicos. Si se observa la escasez de agua de forma más analítica, se detectan problemas de medición y gran variedad de posibles interpretaciones, pero ello también servirá para construir capacidades que tengan en cuenta, además de los aspectos físicos, los sociales y económicos (Wolfe y Brooks 2003). La sensibilidad sobre la escasez de agua ha sido motivo de muchos escritos de científicos reconocidos procedentes tanto de una formación tecnológica como humanista en los que reivindican una mayor visión sostenibilista sobre este recurso limitado que es el agua dulce.

## **2.3. Los factores conductores**

### **2.3.1. Introducción**

Los factores conductores son aquellos que caracterizan e inciden de forma relevante y decisiva en el presente y en la evolución de una temática. Para determinar los factores conductores de la valoración de la escasez de agua dulce en el mundo, hemos analizado una extensa documentación que ha sido el resultado de la búsqueda bibliográfica de publicaciones de prestigio y de informes de instituciones de reconocimiento internacional.

Partiendo de una de las definiciones ya mencionadas en el apartado anterior, la del informe del Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) de 2006: “la escasez de agua dulce se puede visualizar en última instancia, como una función de la oferta y la demanda”, hemos agrupado los factores conductores determinantes en dos bloques. En el primero exponemos los factores vinculados a la oferta de los recursos hídricos disponibles y, en el segundo, los relacionados con la demanda y la gestión del agua dulce. Esta visión nos va a permitir tener una primera impresión de la situación de equilibrio entre las dos partes de la función: oferta *versus* demanda.

### **2.3.2. Los factores conductores determinantes en la oferta de agua dulce**

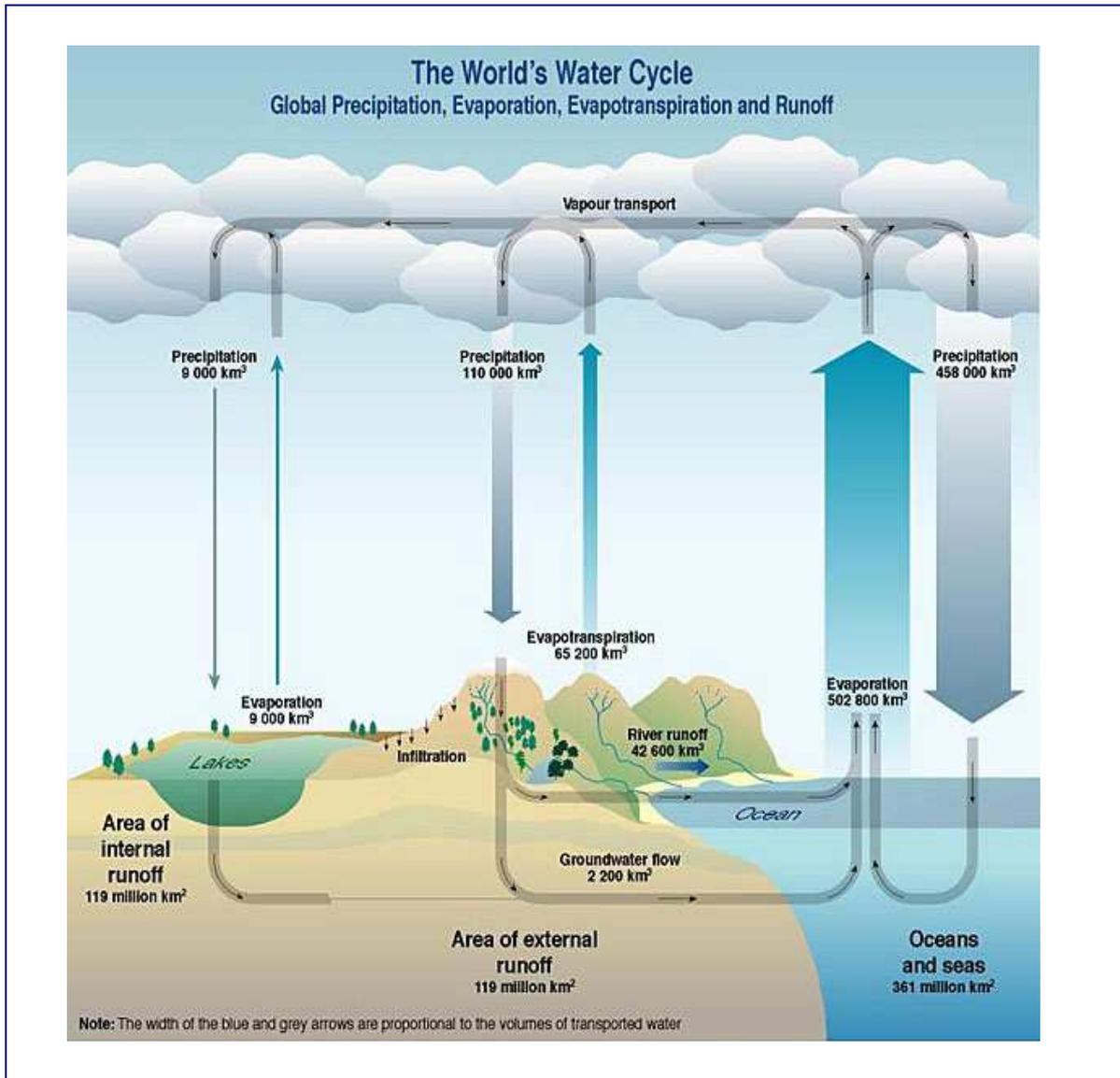
#### **2.3.2.1. El ciclo del agua**

Según el informe de los Gráficos Vitales del Agua publicado en el año 2002 por el Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (UNEP), el volumen total de agua en el planeta es aproximadamente de 1.400 millones de km<sup>3</sup>, de los cuales el 2,5% representa unos 35 millones de km<sup>3</sup> de agua dulce. La mayor parte de esta agua dulce se presenta en forma de glaciares y nieves permanentes (ubicada en la región antártica y en Groenlandia) o en profundos acuíferos de aguas subterráneas. Las principales fuentes para el uso humano son los lagos, los ríos, la humedad del suelo y las cuencas de agua subterráneas relativamente poco profundas (Shiklomanov, 1999). La disponibilidad del agua no se encuentra siempre al lado de las poblaciones, situación, por cierto, que dificulta el abastecimiento. El agua dulce está repartida por el planeta de forma desigual y no proporcional a la población.

La variabilidad del régimen de precipitaciones determina, en gran medida, la distribución de los recursos hídricos. Esto hace que nos encontremos con una distribución irregular del volumen de agua en los continentes y los caudales de las cuencas fluviales que abastecen a la humanidad. Existen muchas zonas áridas en el planeta. Además, la deforestación y la desertificación son fenómenos que

contribuyen a reducir el total del agua dulce que se evapora, a la vez que disminuyen el régimen de lluvias. También influyen las condiciones y la naturaleza del suelo, que permiten la humedad, la retención del agua y el desarrollo de la vegetación, la cual, a su vez contribuye a aumentar las precipitaciones.

Figura 1. El ciclo del agua en el mundo



Fuente: [A.Shiklomanov](#) Instituto del estado hidrológico ([State Hydrological Institute](#)) [San Petersburgo](#), 1999. UNESCO. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. UNEP, 2008.

El régimen de precipitaciones establece una relación directa con los recursos hídricos que abastecen el planeta. Las zonas más favorecidas corresponden a las regiones tropicales y ecuatoriales, y podemos ver cómo las más castigadas corresponden al hemisferio norte, que coinciden con las áreas que padecen más escasez de agua.

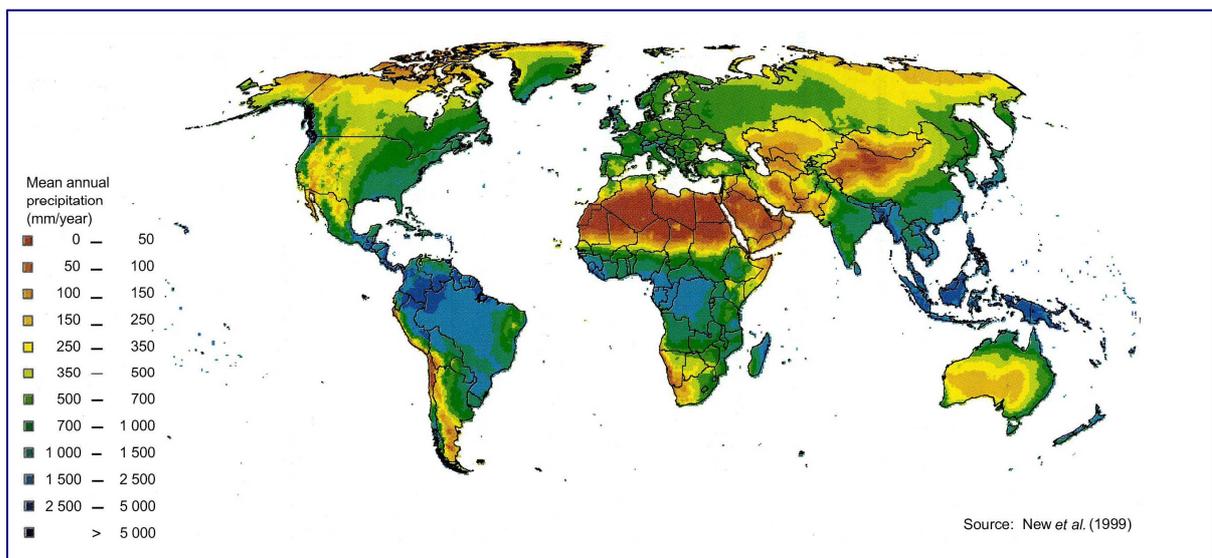
Si observamos su ciclo, es importante considerar que el agua circula dentro de un sistema complejo e interconectado. Tal como se aprecia en la figura 1, “El ciclo de agua en el mundo”, el volumen total del ciclo hidrológico terrestre es de cerca de 119.000 km<sup>3</sup>, la evapotranspiración es del orden de 74.200 km<sup>3</sup> y el agua que vuelve a los océanos a través de los ríos, las aguas subterráneas y los glaciales es de 44.800 km<sup>3</sup> (UNEP, 2008).

Existen ciertas pequeñas discrepancias en la cuantía de estas cifras según la fuente utilizada. Los intercambios entre la tierra y la atmósfera, las precipitaciones, las evaporaciones, los flujos superficiales y la filtración, así como el agua almacenada durante periodos más o menos largos en diversos sitios del planeta, son los actores del ciclo del agua. Todo movimiento físico tiene una influencia sobre el resto de los movimientos. El agua no desaparece nunca y siempre existe en la misma cantidad, se recicla. El movimiento físico de este recurso en sus distintos estados (sólido, líquido y gas) en el planeta es originado por la energía solar.

### 2.3.2.1.1. La pluviometría

Tal como hemos comentado en el apartado 2.3.2.1. “El ciclo del agua”, las lluvias no son equilibradas en el planeta: unas zonas reciben muchas y otras pocas. Una persona podría pasar cien años en el desierto del Sáhara y recoger menos lluvia que estando un día en Hawái. Además, según dónde nos ubiquemos en la falda de una montaña, el contraste puede ser impresionante.

Mapa 1. La precipitación media anual en el mundo entre 1961-1990 en mm por año



Fuente: FAO, 2003.

También podemos comprobar en el mapa 1, “La precipitación media anual en el mundo entre 1961-1990 en mm por año”, la variabilidad de la pluviometría es enorme: desde menos de 50 mm de precipitación media por año en la zona del norte de África y en el sudoeste asiático hasta superar los 5.000 mm de precipitación media por año en puntos de Indonesia, sur de Chile y oeste de Canadá. Si miramos el mapa 1, podemos intuir evidentemente que las regiones que padecen falta de precipitación de agua son aquellas donde quizás existan problemas de escasez de este recurso, o al menos éste puede ser un primer motivo.

El promedio global de precipitaciones anuales se sitúa en 760 mm. Dicha cantidad es característica de Europa occidental y de las llanuras de Estados Unidos y Canadá. Otras regiones, como por ejemplo Australia, el norte de China y Oriente Medio, reciben una cantidad mucho menor, mientras que en algunas áreas tropicales el nivel de precipitaciones es mucho mayor. Los desiertos suelen recibir menos de 100 mm aunque la mayor parte del Sáhara, del Namib, en el sudoeste de África, y del litoral peruano llegan a registrar un índice mucho menor.

Algunas áreas con escasez de lluvia se inscriben entre las zonas más frías del planeta, como las tierras árticas de Norteamérica, Groenlandia o Mongolia. La vida en las regiones áridas depende por completo de la gestión eficaz de unos recursos hídricos escasos.

Muchas regiones de Asia reciben copiosas cantidades de lluvia, como por ejemplo gran parte de Indochina, Indonesia y Filipinas. En otros lugares existen contrastes inmensos: en el noroeste de la India se sitúa la región más húmeda del planeta con 13.390 mm de lluvia anual. En cambio, en el desierto de Thar, que se extiende a lo largo de la frontera entre la India y Pakistán, pueden pasar años sin que caiga una sola gota de agua (Black, 2005).

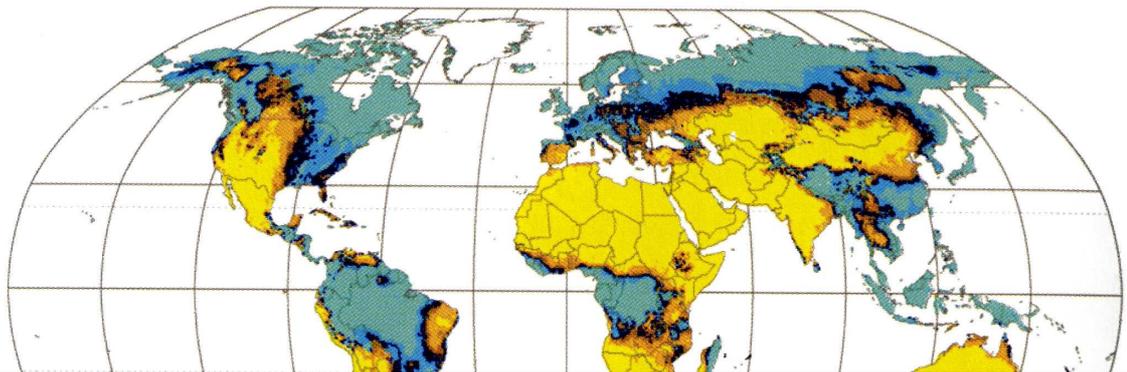
En esta parte del planeta el fenómeno meteorológico más importante es el monzón. Al contrario que en las zonas templadas, en las que hay precipitaciones a lo largo de todo el año, el clima monzónico se caracteriza por recibir la lluvia anual en una o como máximo en dos estaciones húmedas. En las áreas más secas puede llegar a llover apenas unas horas en todo el año. Los campesinos se apresuran a plantar sus cosechas antes de que finalice la estación húmeda. Por otro lado, intentan desesperadamente atrapar el agua de los ríos temporalmente más caudalosos, mediante diques y barreras que ralentizan el curso del agua y permiten que ésta se filtre en el suelo, y además de guardar la lluvia recogida para usos posteriores.

En las regiones tropicales más húmedas, la violencia e intensidad de las lluvias puede llegar a provocar el desbordamiento de los ríos. En ocasiones el agua arrasa las cosechas y las inundaciones destruyen la vida que esa misma agua debería haber nutrido. China, el país con más agua del mundo,

ha sufrido inundaciones aterradoras a lo largo de su historia. La lista de las devastaciones producidas por las inundaciones continúa aumentando en la actualidad, hecho que muchos científicos atribuyen al cambio climático y a la degradación ambiental provocada por la tala indiscriminada de árboles.

En el lado opuesto se sitúa la sequía, inexorablemente unida al hambre. La imagen de la sequía es triste, desalentadora y depresiva. Pero la cuestión relevante no es tanto el escaso nivel de precipitaciones, como su comparación con el promedio local. En Mongolia, 500 mm de lluvia serían como el maná. Sin embargo, en Manchester o Miami dicha cantidad sería desastrosa, ya que están acostumbrados a tener una mayor pluviometría. En la Europa templada, donde la agricultura se nutre de la lluvia, un periodo de varias semanas sin precipitaciones puede suponer una sequía potencialmente seria (Black, 2005).

**Mapa 2. Índice de humedad climática- coeficiente de variación**



ERROR: ioerror  
OFFENDING COMMAND: image

STACK:

## **Capítulo 3. Objetivos**

### **3.1. Objetivos generales**

El objetivo de esta tesis es dotarse de una metodología de análisis dinámica en el tiempo que permita revalorar permanentemente la problemática de la escasez de agua dulce en función de la oferta y demanda dinámica.

Hay que tener en cuenta las variaciones de sus factores conductores, y entre ellos sobre todo el de las necesidades en el desarrollo humano, la metodología debe ser de manejo operativo, en la que se puedan introducir de manera rápida y sencilla los cambios en las variables que van a determinar la oferta y la demanda dinámica de agua dulce. Debe ser una herramienta objetiva y útil dirigida a responsables políticos y técnicos, estudiosos e investigadores que dé soporte a la toma de decisiones y/o a la visualización de la valoración de la escasez de agua dulce en el marco de un pretendido desarrollo humano sostenible.

La metodología debe ser aplicable a cualquier país o región del mundo. Para su mejor conformación y comprensión se implementará como caso de estudio en los países que forman la región africana del golfo de Guinea.

### 3.2. Puntos clave de la propuesta metodológica

La propuesta metodológica se caracteriza por varios puntos clave. En primer lugar, desarrollamos una discusión terminológica y conceptual en la que, a partir del estado del arte actual llegamos a definir los conceptos de la oferta y la demanda dinámica de agua dulce renovable como primer paso fundamental de nuestra metodología, elaborando un glosario terminológico y conceptual propio para este trabajo.

A partir de la caracterización de la oferta y la demanda dinámica se analiza el escenario *business as usual* constatándose y valorándose la gravedad de la situación de los países que forman la región del golfo de Guinea, debida fundamentalmente a la no existencia o a la no implementación de gestión de extracción, distribución y abastecimiento de agua dulce por falta de recursos económicos o voluntades políticas. Nuestro segundo paso metodológico ha de permitir corroborar de la calificación usual de la situación de estos países como de escasez económica. Para poder cubrir esta etapa de la propuesta metodológica será necesario resolver, también metodológicamente, la muy importante escasez de datos para la mayoría de países en desarrollo.

Nuestra propuesta metodológica parte por supuesto de trabajar con la realidad, detectando inconvenientes y limitaciones al aplicarla al estudio de caso de los países de nuestra región. Una de estas limitaciones es claramente la falta de datos necesarios para elaborar nuestros escenarios o para determinar los estándares o confeccionar el nuevo índice; en la medida que se presentan estas circunstancias, deberemos recurrir a soluciones metodológicas que nos permitan estimar nuevos datos a partir de correlaciones y/o extrapolaciones de los datos existentes.

El siguiente punto clave y una de las aportaciones principales de este trabajo de propuesta metodológica es a partir de unas determinadas objetivizaciones de estándares de demanda de agua dulce ligados a unos niveles aceptables de bienestar y calidad de vida, reanalizar mediante la construcción y análisis de los escenarios de futuro correspondientes, las posibilidades y debilidades reales de estos países en relación con la escasez de agua dulce.

El último punto clave es la elaboración de una propuesta de un índice que nos permita evaluar de forma sintética y rápida la situación de un país o región según el nivel de capacidad para satisfacer demandas de agua dulce correspondientes a un estándar de demanda establecido de forma clara y explícita. Dicho índice nos ha de permitir detectar de forma temprana posibles alertas que más allá de una escasez física o económica nos sean útiles (al igual que en el caso de

la representación y el análisis de los resultados de los distintos escenarios de futuro) para la toma decisiones, en función de los objetivos pretendidos.

La herramienta de apoyo para elaborar las representaciones de los escenarios es, en sí misma, otro elemento instrumental que además de tener una buena resolución de diseño gráfico, debe facilitar los cálculos necesarios para el análisis de los escenarios, así como almacenar la información de forma cómoda y en la que se puedan introducir cambios fácilmente.

## **Capítulo 4. La propuesta metodológica para valorar la escasez de agua dulce a través de un caso de estudio**

### **4.1. Introducción**

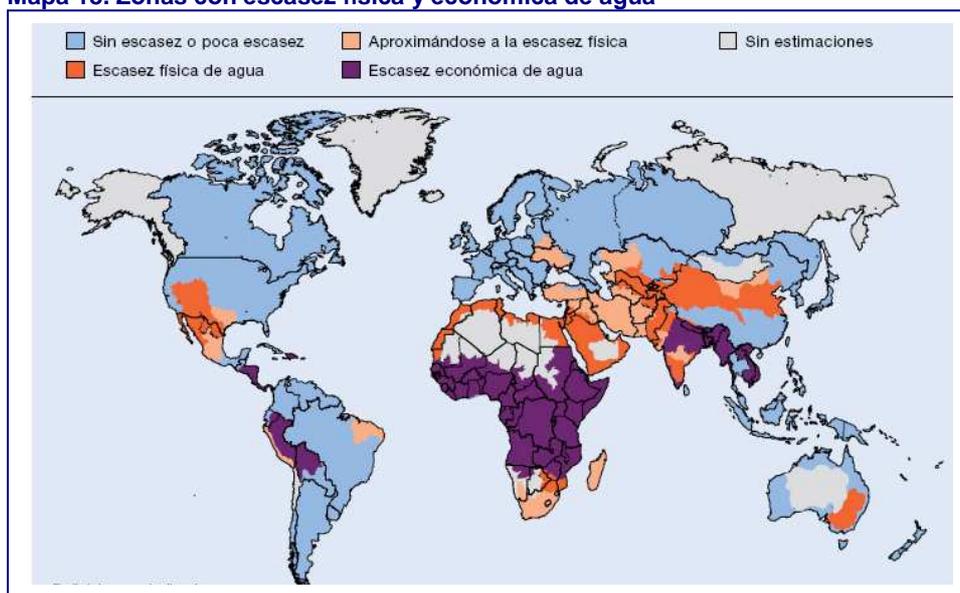
Consideramos este apartado como el eje vertebrador de nuestro estudio, ya que a partir de éste se fundamentan las bases de nuestra metodología. Para mejor seguimiento de la propuesta metodológica, empezaremos justificando e identificando nuestro caso de estudio, y así, al entrar a definir la oferta y la demanda dinámica, poder trabajar con datos reales. Seguidamente nos adentraremos en la generación de escenarios de futuro donde se establecen las distintas etapas de nuestro proceso metodológico aplicadas a un país significativo de nuestra región. Y donde además podemos comprobar la viabilidad de nuestra propuesta metodológica.

## 4.2. Nuestro caso de estudio: los países de la región del golfo de Guinea

### 4.2.1. Justificación

Para tomar la decisión sobre la elección de nuestro estudio de caso de nuestra región retomamos el indicador del apartado 2.4.5., “La escasez física y económica de agua, Instituto Internacional para el Manejo del Agua (IWMI), 2007”, representado en el mapa 11 que volvemos a reproducir aquí como mapa 18, “Zonas con escasez física y económica de agua”.

**Mapa 18. Zonas con escasez física y económica de agua**



Fuente: IWMI y FAO, 2008.

Definiciones e indicadores:

-  Sin escasez o poca escasez:  
Recursos hídricos abundantes con relación a su uso, donde se extrae menos de un 25% de agua proveniente de ríos para uso de la población.
-  Escasez física:  
El aprovechamiento de los recursos hídricos se está acelerando hasta límites sostenibles o los ha sobrepasado. Más del 75% de los flujos de ríos se destinan a fines agrícolas, industriales y domésticos (teniendo en cuenta el reciclaje de los flujos de retorno). Tal definición, la de relacionar la disponibilidad con la demanda- implica que las zonas secas no necesariamente presentan escasez de agua.
-  Aproximándose a la escasez física:  
Se extrae más del 60% de los caudales de ríos. Estas cuencas experimentarían escasez física de agua a corto plazo.
-  Escasez económica de agua:  
El capital financiero, institucional y humano, limitan el acceso de agua, aunque el agua esté disponible en la naturaleza como para satisfacer las demandas de la población local. Los recursos hídricos son abundantes con respecto a su uso y menos del 25% del agua de los ríos se extrae para consumo de la población, pero hay subnutrición.
-  Sin estimaciones

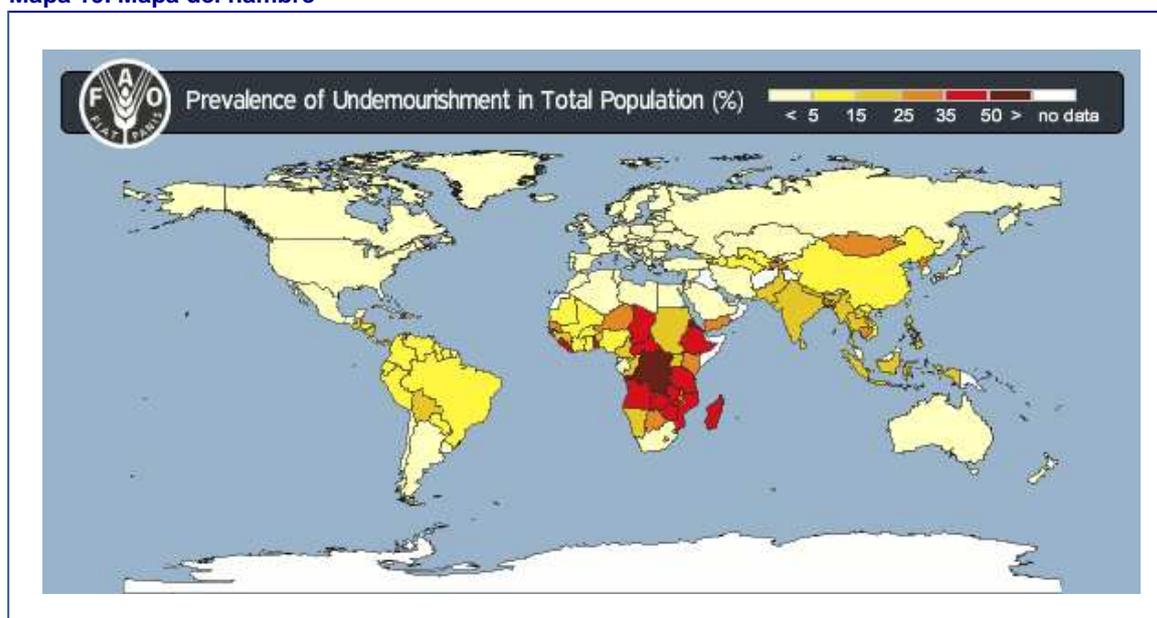
En primer lugar, a raíz de esta clasificación, la característica que nos pareció de mayor interés es la escasez económica del agua, ya que, tal como indica el mapa 18, la zona de mayor extensión donde se padece escasez de agua dulce se encuentra en África subsahariana, caracterizada a su vez por tener recursos relativamente abundantes con menos de un 25% de extracción para el uso humano. Por lo tanto, en principio esta región no tendría problemas para satisfacer una posible demanda, ya que la disponibilidad de recursos hídricos es elevada.

En segundo lugar, tal como se aprecia en el mapa 19, “Mapa del hambre”, otro punto clave es que según la FAO esta parte del continente africano sufre, desde hace muchos años, el mayor estado de desnutrición del mundo.

Y como última cuestión, nos fijamos en el nivel de desarrollo cuantificado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y comprobamos que los países que componen esta parte de África se sitúan en la parte más baja del ranking. Estos tres puntos: disponibilidad física de agua, desnutrición y clasificación baja en el ranking del índice de desarrollo humano son los factores determinantes de la elección de la zona de África subsahariana.

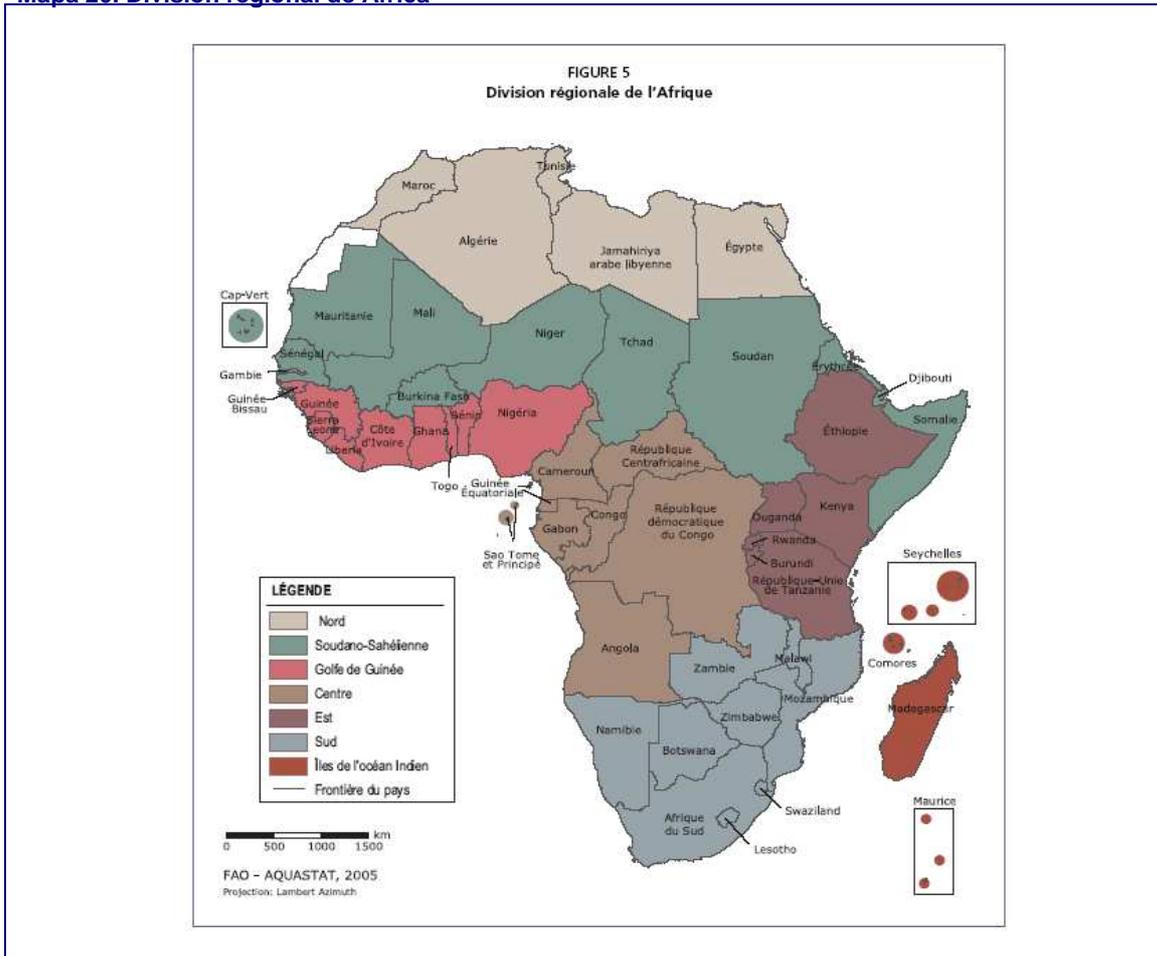
Como podemos apreciar, los países que forman esta zona son demasiados para realizar la aplicación de nuestro caso de estudio; por lo tanto hemos de buscar una subzona que tenga una identidad común y de interés.

**Mapa 19. Mapa del hambre**



Fuente: FAO, 2009b.

**Mapa 20. División regional de África**



Fuente: FAO, 2005.

En este sentido, la FAO, en diferentes informes sobre irrigación en África, reagrupa los 53 países del continente en siete regiones que presentan una coherencia climática y geográfica, tal como se aprecia en el mapa 20, “División regional de África”. Seguidamente, después de analizar las tres regiones candidatas a la elección; la región del golfo de Guinea, la región centro y la región este, constatamos que la densidad media en la región del golfo de Guinea es de 93 habitantes por km<sup>2</sup> (FAO, 2005), lo cual la hace la región con mayor presión demográfica de todo el continente africano. Dicha característica nos inclinó finalmente por la elección de la región del golfo de Guinea como nuestro caso de estudio.

## 4.2.2. Identidad

### 4.2.2.1. Introducción

En este apartado no pretendemos ofrecer una descripción exhaustiva de los países que componen nuestra región. Sin embargo, como planteábamos en el apartado 3.1., “Objetivos

generales”, nuestra metodología debe ser objetiva y estar fundamentada en datos sin entrar en valoraciones políticas o técnicas, cuestiones que, por otro lado, consideramos de máximo impacto y relevancia de forma directa o indirecta en la gestión del agua dulce. Pero, estas consideraciones se escapan de nuestro objetivo.

En los apartados siguientes tan sólo presentamos las características más relevantes de la población y del agua dulce renovable como recurso. Estas dos características se presentan como factores conductores que se identifican con la oferta y la demanda en agua dulce. Por lo tanto, nos parece de gran interés tener una primera aproximación de la situación de dichos factores.

#### 4.2.2.2. Las personas

Mapa 21. La región del Golfo de Guinea



Fuente: FAO, 2005.

Tal como podemos ver en el mapa 21, “Los países de la región del golfo de Guinea”, nuestra región está compuesta por nueve países (de oeste a este): Guinea Bissau, Guinea, Sierra Leona, Liberia, Costa de Marfil, Ghana, Togo, Benín y Nigeria. La región del golfo de Guinea está delimitada al norte por la región del Sahel y al sur por el océano Atlántico.

Los países de la región del golfo de Guinea cubren una superficie de 2,1 millones de kilómetros cuadrados, que representa el 7% del continente, y sólo Nigeria ya ocupa el 44% de esta superficie. Sobre las 120 millones de hectáreas cultivables, cerca de 55 millones estaban cultivadas en el año 2002. Las precipitaciones medias anuales de la región alcanzan 1.356 mm; sin embargo hay variaciones entre los países: desde 1.039 mm/año en Benín a 2.526 mm/año en Sierra Leona (FAO, 2005).

Tal como se aprecia en la tabla 5, “La población de nuestra región”, la población de nuestra región en el año 2005 era de 215.034.000 de personas, sobre un total de 921.073.000 del todo el continente africano, lo que significa que la población de la región del golfo de Guinea

representa el 23% del total de la población africana. Si tomamos como referencia la densidad de población media africana, que es de 30 habitantes por km<sup>2</sup>, observamos que los valores de los países que presenta la tabla 5 son en todos los casos superiores a dicha media, menos en el caso de Liberia que se ajusta a ella. Nigeria es el país con mayor densidad de población alcanzando la cifra de 153 habitantes por km<sup>2</sup>.

**Tabla 5. La población de nuestra región**

	<b>Población* ( habitantes) 2005</b>	<b>Tasa de crecimiento medio anual de la población (%)**</b>	<b>Densidad de población (habitantes por km<sup>2</sup>)*</b>	<b>Lengua**</b>
<b>Guinea-Bissau</b>	1.473.000	2,44	41	Portuguesa
<b>Guinea</b>	9.221.000	1,90	38	Francesa
<b>Sierra Leona</b>	5.107.000	3,78	71	Inglesa
<b>Liberia</b>	3.334.000	3,32	30	Inglesa
<b>Costa de Marfil</b>	19.245.000	2,15	60	Francesa
<b>Ghana</b>	21.915.000	2,31	92	Inglesa
<b>Togo</b>	5.992.000	2,65	106	Francesa
<b>Benín</b>	7.868.000	3,34	70	Francesa
<b>Nigeria</b>	140.879.000	2,42	153	Inglesa

Fuente: \*UNPD, 2008; \*\*National Geographic Society, 2004.

La tasa de crecimiento anual mundial entre el año 2000 y 2005, es de 1,26 muy por debajo de la tasa media del continente africano que es de 2,34. Dicha tasa que a su vez, comparada con las tasas medias de los países de nuestra región expuestas en la tabla 5, “La población de nuestra región”, observamos que en la mayoría de estos países están por encima de la tasa media africana. Y, en los casos de Sierra Leona, con una tasa anual de 3,78, y Benín, con una tasa anual de 3,34, se sitúan muy por encima la media anual africana. Por debajo de ésta, están Guinea, Costa de Marfil y Ghana, destacando el caso de Guinea con una tasa de crecimiento anual de tan sólo 1,9.

En otro orden de cosas, el desarrollo, según la clasificación que realiza el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), los países situados entre la posición 71 y la 155 del ranking son considerados de medio desarrollo y los situados entre la posición 156 y 177 de bajo desarrollo. Tal como muestra la tabla 6 “El índice de desarrollo humano (IDH) de los países nuestra región”, el mejor clasificado es Ghana, seguido de Togo; estos dos países ocupan los últimos puestos del medio desarrollo.

**Tabla 6. El índice de desarrollo humano (IDH) de los países nuestra región**

País	Ranking Índice de Desarrollo Humano 2005	Índice de Desarrollo Humano 2005	PIB por cápita PPA en dólares 2005
Guinea-Bissau	175	0,374	827
Guinea	160	0,456	2.316
Sierra Leona	177	0,336	806
Liberia	No hay datos	No hay datos	500*( año 2007)
Costa de Marfil	166	0,432	1.648
Ghana	135	0,553	2.480
Togo	152	0,512	1.506
Benín	163	0,437	1.141
Nigeria	158	0,470	1.128

Fuente: PNUD, 2007; \*CIA, 2009.

El resto de los países de nuestra región se reparten de forma escalonada entre el puesto 158 que ocupa Nigeria y el último lugar de nuestra clasificación, que coincide con el país considerado menos desarrollado de los 177 que es Sierra Leona. Se constata que el PNUD no presenta datos sobre Liberia. Por ello, utilizamos la referencia de la estimación de la Agencia Central de Inteligencia del PIB del año 2007, que es de 500 per cápita por paridad de poder adquisitivo (PPA) en dólares, y la información que identifica a este país como vulnerable socialmente (CIA, 2009). Seguramente Liberia estaría clasificada en los últimos puestos del ranking IDH.

#### 4.2.2.3. El agua dulce como recurso

El golfo de Guinea se beneficia de un clima húmedo gracias al monzón. El sistema hidrográfico es denso pero está dividido en muchos pequeños sistemas. Su mayor cuenca es el río Níger (segundo río africano por su caudal medio), compartido entre diez países. Esta región interna representa el 25% del total de los recursos en agua dulce del continente (FAO, 2003).

Si retomamos como referencia el indicador de disponibilidad de agua dulce por habitante y año, marcado por M. Falkenmark, de 1.700 m<sup>3</sup>/persona y año tal como se vio en el apartado 2.4.2. “La disponibilidad de agua dulce por persona y año”, y vemos los valores de la tabla 7, “Las características del agua como recurso en los países de nuestra región”, comprobamos que todos los países superan con creces esta cota, destacando Liberia con 69.586 m<sup>3</sup>/persona y año.

**Tabla 7. Las características del agua como recurso en los países de nuestra región**

País	Agua total renovable actual * (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año) 1978-2007	Agua total renovable por persona* (m <sup>3</sup> /persona y año) 2005	Agua producida desalada* (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año) 1998-2002*	Reutilización de agua residual tratada (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año) 1998-2002	Emisiones de contaminantes orgánicos en el agua** 10 <sup>3</sup> kg/día 1990	Capacidad total de embalse* 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>
<b>Guinea-Bissau</b>	31,0(e)	21.045	0(e) - 2000	0(e)-2000	No hay datos	0
<b>Guinea</b>	226,0(e)	24.509	0 (e) - 2000	0(e)-2000	No hay datos	1,88 --- 2000
<b>Sierra Leona</b>	160,0(e)	31.133	0(e) - 2000	0(e)-2000	4,2	0,22 --- 1995
<b>Liberia</b>	232,0(e)	69.586	0(e) - 2000	0(e)-2000	0,6	
<b>Costa de Marfil</b>	81,1(e)	4.214	0 (e) - 2002	0(e)-2002	7,9	38,1 --- 1996
<b>Ghana</b>	53,2(e)	2.428	0(e) - 2000	0(e)-2000	16,5	148,0 --- 1994
<b>Togo</b>	14,7(e)	2.453	0 - 2000	0(e)-2000	No hay datos	1,71 --- 2000
<b>Benín</b>	26,4(e)	3.355	0(e) - 2001	0(e)-2001	No hay datos	0,04 --- 2001
<b>Nigeria</b>	286,0(e)	2.030	0,003(e) -2000	0(e)-2000	70,8	44,2 --- 2000

Fuente: \* AQUASTAT, 2009a;\*\* Banco Mundial, 2008; (e) estimación AQUASTAT, 2009a.

Por otro lado Nigeria, a pesar de disponer del mayor volumen de agua dulce renovable, es el que a priori podría padecer mayor estrés de agua debido a la gran presión demográfica, con 2.030 m<sup>3</sup>/persona y año. A modo de referencia, la disponibilidad en Catalunya en el año 2005 era de 1.026 m<sup>3</sup>/persona y año (Gencat, 2008).

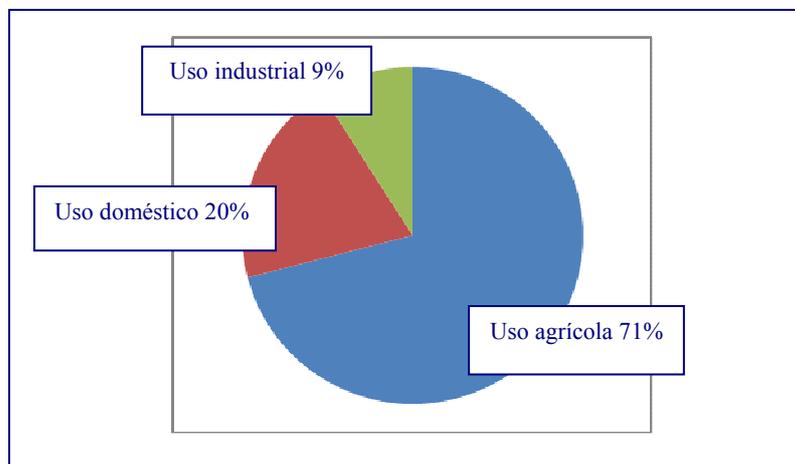
Continuando con la disponibilidad de metros cúbicos de agua por persona y año, podemos distinguir dos grupos geográficos de oeste a este. El primer grupo comprende los países de Guinea-Bissau, Guinea, Sierra Leona y Liberia, los cuales disponen de un volumen elevado por persona y año que oscila entre 21.045 m<sup>3</sup> y 69.586 m<sup>3</sup>. En cambio, en el segundo grupo más al este, los países Costa de Marfil, Ghana, Togo, Benín y Nigeria tienen una disponibilidad bastante inferior con valores comprendidos entre 2.030 m<sup>3</sup>/persona y año y 4.214 m<sup>3</sup>/persona y año.

Además, la disponibilidad de agua dulce no convencional, es decir, la que proviene de la desalación o la reutilización, es prácticamente nula; tan sólo Nigeria tiene una aportación de 0,003 km<sup>3</sup>/año desde el año 2000.

El uso de agua dulce según el sector identifica a una zona estudiada, que puede ser una aldea, un pueblo, una ciudad, un municipio, una comarca, un país, una región, un continente o el mundo entero. En nuestro caso, tal como se ve en la figura 11, “La extracción de agua dulce según sectores en porcentaje en el periodo 2000-2002 en la región del golfo de Guinea”, se trata de una región agrícola. Este dato se sitúa bastante por debajo de lo que representa la media del

continente africano, que alcanza el 86% de los usos del agua dulce, tal como se comenta en el apartado 2.3.3.3.1, “La visión global”.

**Figura 11. La extracción de agua dulce según sectores en porcentaje en el periodo 2000-2002 en la región del golfo de Guinea**



Fuente: AQUASTAT, 2009.

Por otro lado el porcentaje del sector doméstico representa el doble de la media africana; en nuestra región es del 20%, lo que dobla el 10% de África. En cambio, en lo referente al uso industrial, nuestra región alcanza un 9%, por tan sólo un 4% de la media del continente. Recordemos también que a nivel mundial la distribución en porcentaje de la extracción de agua es del 70% para la agricultura, del 20% para el sector industrial y del 10% para el sector doméstico.

En otro orden de cosas, en el año 2001, la distribución de la extracción de agua por sectores de la región del golfo de Guinea es muy parecida al de Cataluña: 73% agrícola, 18% doméstico y 9% industrial (Gencat, 2008). Es realmente curiosa la gran coincidencia en estos porcentajes.

La falta de datos sobre las emisiones de contaminantes orgánicos en el agua dulce plantea un problema para poder evaluar nuestra región en este sentido. De todos modos, Nigeria vuelve a ser la protagonista con la mayor contaminación registrada en el año 1990, que era 70.800 kg/año de contaminantes orgánicos. Dicha contaminación es atribuible a la industria del petróleo, ya que dicho sector representa el 90% de las exportaciones y alrededor del 70% de los ingresos del gobierno (FAO, 2005).

Finalmente, en los datos expuestos referentes a la capacidad de agua embalsada en la tabla 7, “Las características del agua como recurso en los países de nuestra región”, destaca y nos sorprende Ghana, con 148 km<sup>3</sup> desde el año 1994, que es enorme, comparada con el total de

extracción anual que no llega a 1 km<sup>3</sup> en el año 2000 (AQUASTAT, 2009a). Nigeria y Costa de Marfil se posicionan en segundo y tercer lugar con 44,2 km<sup>3</sup> y 38,1 km<sup>3</sup>. Para tener cierto orden de magnitud, según el Ministerio de Medio Ambiente, España tiene una capacidad de agua embalsada de 54 km<sup>3</sup> (embalses.net, 2009).

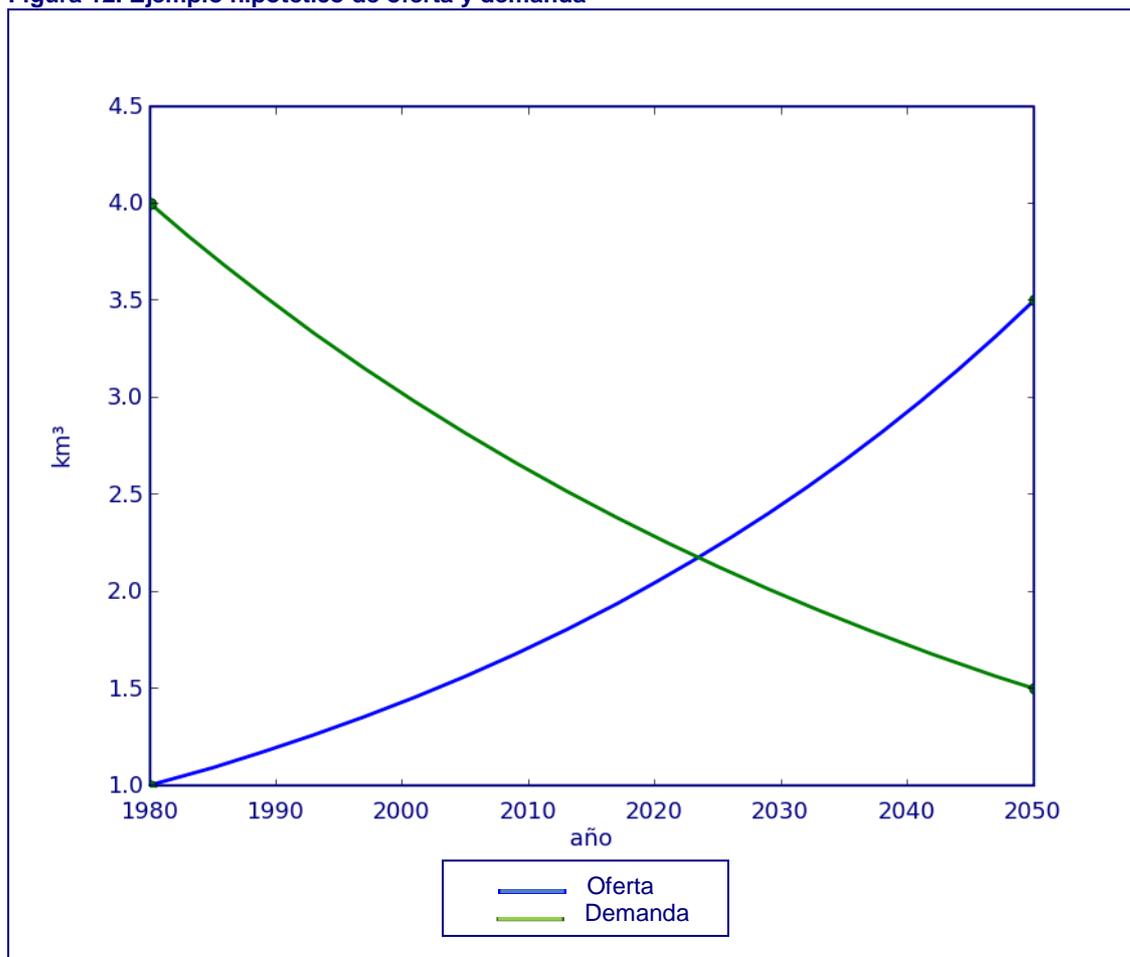
Existe cierta correlación entre la capacidad de embalsar agua dulce con en el índice de desarrollo humano. Ghana, por ejemplo ocupa la posición 135 del ranking del IDH, siendo el mejor clasificado de nuestra región, a la vez que es con mucho el país que tiene mayor capacidad agua dulce embalsada. También nos podemos fijar en el ranking del IDH de Nigeria y Costa de Marfil, que ocupan en los puestos más altos de los nueve países componentes de nuestra región y son, como ya hemos dicho, los segundos y terceros en capacidad de volumen embalsado.

### 4.3. La función oferta-demanda dinámica de la escasez de agua dulce

#### 4.3.1. El punto de partida de cómo definir oferta y demanda

A partir de una de las definiciones del informe del 2006, “Más allá de la escasez: el poder, la pobreza y la crisis mundial del agua” del PNUD ya comentada en el apartado 2.2., “Discusión sobre el concepto de escasez de agua dulce” y en el apartado 2.3., “Los factores conductores”, que afirma que “La escasez de agua dulce se puede visualizar en última instancia como una función de la oferta y la demanda”, empezamos a desarrollar el significado de oferta y demanda. Oferta y demanda son conceptos claves de la teoría económica de base neoclásica de mercado. Por un lado, la oferta se identifica con los productores y ofrecen bienes al mercado y, por otro, los demandantes son los consumidores. Las dos curvas representadas definen usualmente un punto de intersección, llamado punto de equilibrio. Este punto de equilibrio representa en teoría el único par (cantidad-precio) donde se iguala la oferta y la demanda.

Figura 12. Ejemplo hipotético de oferta y demanda



La figura 12, “Ejemplo hipotético de oferta y demanda”, nos muestra la idea que queremos desarrollar, encontrar dos curvas que se cruzan asimilables a las que determinan el par (cantidad-precio) en la economía, pero en nuestro caso, lo que determinamos es un punto de corte (un par) que se caracteriza por un volumen en kilómetros cúbicos en las ordenadas (en este caso  $2,2 \text{ km}^3$ ) y un año en las abscisas (año 2022). La interpretación que hacemos de este punto de corte es que el 2022 es el año límite de demanda, por lo que a partir de este año la oferta se sitúa por debajo de la demanda y en consecuencia no podremos satisfacer las demandas. En este caso, el par ( $\text{km}^3$ -año) es el punto en el que se llega a un equilibrio inestable.

### **4.3.2. El glosario clásico**

#### **4.3.2.1. Introducción**

En este apartado exponemos las definiciones de los términos específicos más relevantes sobre agua vinculados a nuestro estudio. Desgraciadamente en algunos casos dichas definiciones crean confusión al lector. Según el autor consultado, nos encontramos matices distintos para definir un mismo término o, al revés, distintas palabras para identificar el mismo concepto. Las fuentes del glosario clásico escogidas son: AQUASTAT (2008 y 2009), Engelman-Leroy (1993), Eurostat (2000) Shiklomanov (1999) y UNESCO (2009).

Hemos clasificado los términos de forma alfabética y siguiendo las fuentes establecidas también en orden alfabético. En lo referente a las fuentes AQUASTAT (2008 y 2009), Engelman-Leroy (1993), Eurostat (2000) y UNESCO (2009) disponen de glosarios específicos sobre el agua. En el caso de AQUASTAT, se renovó el glosario en el año 2009. Nosotros al haber comenzado este estudio anteriormente hemos utilizado tanto el glosario antiguo (2008) como el nuevo de AQUASTAT (2009), ya que este último no presenta definiciones de algunos términos que consideramos de interés.

Por otro lado Engelman-Leroy presentan un glosario muy breve en el documento “Sustaining Water” del que hemos tomado ciertas definiciones. Y, por último, en el caso de los términos extraídos de Shiklomanov (1999), son definiciones de su monografía “World water resources at the beginning of the 21st Century” elaborado en el marco del Programa Internacional de Hidrología de la UNESCO.

En algunas ocasiones, hemos añadido otras definiciones dentro de un mismo término para aclarar conceptos utilizados para explicar el término en cuestión, es decir, dentro de una

definición aparece un nuevo término que hemos definido a continuación. Definición, por cierto, que proviene de la misma fuente.

El glosario de la UNESCO (2009) presenta las definiciones en quince idiomas; los términos presentados en el siguiente glosario son los originales, es decir hemos respetado el texto y la traducción del término. En el caso de AQUASTAT (2008), las definiciones están en inglés y tan sólo el nombre del término está traducido, el cual también hemos respetado. En los demás casos; AQUASTAT (2009b), Engelman-Leroy (1993), Eurostat (2000) y Shiklomanov (1999) están en inglés y somos nosotros los que hemos realizado la traducción, manteniendo como es natural el término original en inglés.

#### 4.3.2.2. Los términos

Abstracción

En inglés: Abstraction

Unidad: km<sup>3</sup>/año, 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/año o millones m<sup>3</sup>/año o m<sup>3</sup>/persona y año

#### AQUASTAT (2008 y 2009b)

Término no disponible

#### Engelman-Leroy (1993)

Término no disponible

#### Eurostat (2000)

Abstracción total de agua

En inglés: Gross water abstraction (= water withdrawal)

Definición: La abstracción total de agua es el agua eliminada de cualquier fuente, de forma permanente o temporal. El agua de mina o el agua de drenaje están incluidas. Las abstracciones de las fuentes subterráneas en cualquier periodo de tiempo quedan definidas como la diferencia entre la cantidad de agua extraída de los acuíferos y la cantidad de agua cargada o inyectada en los acuíferos. Las abstracciones de agua de las precipitaciones (por ejemplo, el agua de lluvia recogida para ser utilizada) deberían ser incluidas dentro de las abstracciones de las aguas superficiales. Las cantidades de agua recargada artificialmente o inyectadas son atribuidas a las abstracciones de los recursos de agua desde los cuales fueron originalmente extraídas. Del agua utilizada para la generación hidroeléctrica se hace un uso in situ y debería ser excluida.

Shiklomanov (1999)

Término no disponible

UNESCO (2009)

Abstracción

En inglés: Abstraction

Definición: La abstracción es la eliminación de agua de cualquier fuente, ya sea permanentemente o de forma temporal

Consumo de agua

En Inglés: Water consumption

Unidad: km<sup>3</sup>/año, 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/año, o millones m<sup>3</sup>/año, o m<sup>3</sup>/persona y año

AQUASTAT (2009b)

Agua extraída, consumida

En inglés. Withdrawn water, consumed

Definición: El agua extraída consumida es el agua una vez extraída de los cauces de agua para uso agrícola, industrial o doméstico, la cual se ha evaporado, transpirado, siendo incorporada a los productos y cultivos, consumida por el ser humano o animales domésticos, expulsada directamente al mar o en áreas de evaporación, o, dicho de otra manera eliminada de los recursos hídricos. Las pérdidas durante el transporte de agua entre el punto o los puntos de abstracción y el punto o los puntos de uso se excluyen. Nota: “el uso de agua” no es lo mismo que “el uso consuntivo de agua”.

Engelman-Leroy (1993)

Agua consumida

En inglés: Water consumption

Definición: El agua consumida es el agua utilizada en la evaporación o transpiración a través de las plantas, o la que, una vez utilizada es inservible para cualquier uso posterior.

Eurostat (2000)

Consumo total de agua

En inglés: Total water consumption

Definición: El consumo total de agua es el agua extraída que no está disponible en mucho tiempo para su uso, ya que se ha evaporado, transpirado, ha sido incorporada a los productos y cultivos, consumida por el ser humano o animales domésticos, expulsada directamente al mar, o, dicho de otra manera, eliminada de los recursos hídricos. Las pérdidas durante el transporte de agua entre el punto o los puntos de abstracción y el punto o los puntos de uso se excluyen. Para el uso de este término en esta base de datos, el “consumo total de agua” es equivalente a “uso del agua consumida más las descargas al mar”.

#### Shiklomanov (1999)

Consumo de agua

En inglés: Water consumption

Definición: El consumo de agua es el uso final del agua, después del cual no puede ser reutilizada hasta que haya pasado un largo periodo.

#### UNESCO (2009b)

Consumo de agua

En inglés: Consumptive use

Definición: Cantidad de agua superficial y subterránea absorbida por las plantas y transpirada o utilizada directamente por las mismas en la formación de tejido vegetal, más las pérdidas por evaporación en la zona cultivada expresada en unidades de volumen por unidad de superficie. También incluye todas aquellas actividades en las que el uso de agua produce pérdidas con relación a la cantidad inicial suministrada, por ejemplo los consumos urbanos e industriales.

Demanda de agua

En inglés: Water demand

Unidad:  $\text{km}^3/\text{año}$ ,  $10^9 \text{ m}^3/\text{año}$  o millones  $\text{m}^3/\text{año}$  o  $\text{m}^3/\text{persona y año}$

#### AQUASTAT (2008 y 2009b)

Término no disponible

#### Engelman-Leroy (1993)

Término no disponible

#### Eurostat (2000)

Término no disponible

### UNESCO (2009)

Demanda de agua

En inglés: Water demand

Definición: La demanda de agua es la cantidad real de agua necesaria para diversos usos durante un periodo dado, condicionada por factores económicos, sociales y otros.

Extracción de agua

En inglés: Water withdrawal

Unidad:  $\text{km}^3/\text{año}$ , o  $10^9 \text{ m}^3/\text{año}$  o millones  $\text{m}^3/\text{año}$ , o  $\text{m}^3/\text{persona y día}$  o, % de un sector (100% = % sector agrícola + % sector doméstico + % sector industrial)

### AQUASTAT (2009b)

Extracción total de agua (suma por sectores)

En inglés: Total water withdrawal (summed by sector)

Definición: La extracción total de agua es la cantidad anual de agua dulce extraída para fines agrícolas, industriales y municipales. También se incluye como potencial la sobreexplotación de los recursos renovables en agua dulce o la extracción de agua subterránea fósil y de forma eventual el uso del agua desalada o agua residual tratada. No quedan incluidas otras categorías en el uso de agua, tales como el agua de refrigeración en las centrales térmicas, de minería, de recreo, de navegación, de pesca, etc.; dichos sectores están caracterizados por un muy bajo consumo.

Extracción de agua agrícola

En inglés: Agricultural water withdrawal

Definición: La extracción de agua agrícola es la cantidad de agua extraída para la irrigación y fines ganaderos. Normalmente, también se incluye como potencial la sobreexplotación de los recursos renovables en agua dulce o la extracción de agua subterránea fósil, el uso del agua del drenaje agrícola, el agua desalada y el agua residual tratada. Por lo que se refiere al agua extraída para la irrigación, el valor excede con creces el uso consuntivo de dicha irrigación debido a las pérdidas de agua en su distribución desde su fuente a los cultivos. En lo referente al riego para la ganadería, la ratio entre el uso neto consuntivo y el agua extraída se estima entre el 60% y el 90%. Por defecto, el uso del agua para la ganadería se contabiliza en el uso de agua agrícola. Sin embargo, bastantes países lo incluyen en la extracción de agua municipal.

### Extracción de agua municipal

En inglés: Municipal water withdrawal

Definición: La extracción de agua municipal es en primer lugar el agua extraída para el uso directo de la población. También se incluye como potencial la sobreexplotación de los recursos renovables en agua dulce o la extracción de agua subterránea fósil, el uso del agua del drenaje agrícola, el agua desalada y el agua residual tratada. Se acostumbra a contabilizar como el total de agua extraída aquella que se distribuye en la red de abastecimiento público. Se puede incluir el agua de las industrias que están conectadas a la red municipal. La ratio entre el consumo neto y el agua extraída puede variar entre el 5% y el 15% en áreas urbanas y entre el 10% y el 50% en áreas rurales.

### Extracción de agua industrial

En inglés: Industrial water withdrawal

Definición: La extracción de agua industrial es la cantidad anual de agua extraída para usos industriales. También se incluye como potencial la sobreexplotación de los recursos renovables en agua dulce o la extracción de agua subterránea fósil, el uso del agua del drenaje agrícola, el agua desalada y el agua residual tratada. Normalmente, este sector hace referencia a las industrias que se autoabastecen y no están conectadas a la red de distribución. La ratio entre el consumo neto y la extracción es inferior al 5%

### Engelman-Leroy (1993)

Agua extraída

En inglés: Water withdrawal

Definición. El agua extraída es la eliminación del agua de cualquier fuente natural o embalse, como un lago, río o acuífero, para el uso humano. Si no se consume, esta agua puede más tarde ser devuelta a la misma o u otra fuente natural.

### Eurostat (2000)

Agua extraída

En inglés: Water withdrawal

(La definición es equivalente a la de abstracción de agua)

### Shiklomanov (1999)

Extracción total

En inglés: Total water withdrawal

Definición: La extracción total es la suma de las extracciones de agua dulce renovable para los usos de los sectores agrícola, municipal e industrial, así como para almacenar agua en los

embalses. El agua puede ser extraída, usada, reciclada (o devuelta a los ríos o acuíferos) y reusada una y otra vez. (Ver “uso del agua”).

### UNESCO (2009)

Extracción de agua

En inglés: Water withdrawal

Definición: La extracción de agua es la extracción de agua de embalses superficiales o subterráneos. (Ver también “Abstracción”).

Necesidades o requerimiento en agua

En inglés: Water needs

Unidad: km<sup>3</sup>/año, o 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/año, o millones m<sup>3</sup>/año, o m<sup>3</sup>/persona y año

### AQUASTAT (2008)

Necesidades de agua

En inglés: Water needs

Definición: La necesidad en agua (requerimiento de agua) es el concepto teórico definido por las necesidades y fines de la actividad que generan, y la eficiencia en los usos de agua (teniendo en cuenta la calidad y la cantidad) en relación con los resultados de dicha actividad. Por lo tanto, la necesidad está, la mayoría de las veces, expresada por unidad (por persona, hectáreas irrigadas, unidad de producción) y en clave de pronóstico. Este término es independiente del “volumen abastecido”.

### AQUASTAT (2009b)

Ratio de requerimiento de agua

En inglés: Water requirement ratio

Definición: La ratio de requerimiento de agua (a veces también denominada “eficiencia de irrigación”) se utiliza para indicar la ratio entre el requerimiento neto de agua irrigada o los requerimientos de agua en los cultivos; dicho ratio es el volumen de agua necesario para compensar el déficit entre la evaporación potencial y la precipitación efectiva en el periodo de crecimiento del cultivo, y la cantidad de agua extraída para la irrigación incluyendo las pérdidas. En este caso, los requerimientos de agua para la irrigación son la suma del déficit de las lluvias y el agua necesaria para inundar los campos de arroz. La ratio de requerimiento de agua puede ser desde menos del 20% hasta estar por encima del 95%.

### Engelman-Leroy (1993)

Término no disponible

### Eurostat (2000)

Término no disponible

### UNESCO (2009)

Necesidades en agua

En inglés: Water needs

Definición: Las necesidades en agua es la cantidad de agua necesaria para garantizar las demandas conocidas o estimadas para un periodo dado.

Dotación de agua de riego

En inglés: Water requirement

Definición: Las necesidades en agua es la cantidad total de agua por unidad de superficie requerida por los cultivos para su desarrollo normal, en condiciones habituales.

### Recursos hídricos

En inglés: Water resources

Unidad: km<sup>3</sup>/año, o 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/año, o millones m<sup>3</sup>/año, o m<sup>3</sup>/persona y año

### AQUASTAT (2009b)

Recursos hídricos: Total renovable (natural)

En inglés: Water resources: total renewable (natural)

Definición: El total de recursos hídricos renovables naturales es la media de un periodo largo de la suma de los recursos hídricos internos renovables y los recursos hídricos externos renovables naturales. Este total corresponde a la cantidad máxima teórica anual de agua disponible real en un país en un momento dado.

Aguas superficiales: producidas internamente

En inglés: Surface water: produced internally

Definición: Los recursos internos renovables son el volumen medio anual a largo plazo de aguas superficiales generado directamente por la escorrentía de las precipitaciones endógenas (escorrentía superficial) y de las contribuciones de agua subterráneas.

Aguas superficiales: Total externas renovables (naturales)

En inglés: Surface water: total external renewable (natural)

Definición: El volumen de las aguas superficiales totales externas renovables naturales es la suma de los flujos entrantes contabilizados, los flujos contabilizados de las fronteras de los ríos y la parte contabilizada de los lagos compartidos.

Recursos hídricos: Total renovable (real)

En inglés: Water resources: total renewable (actual)

Definición: El total de recursos renovables reales es la suma de los recursos hídricos internos renovables y los recursos hídricos externos renovables reales. Este total corresponde a la cantidad máxima teórica anual de agua disponible real en un país en un momento dado.

Aguas superficiales: Total externas renovables (reales)

En inglés: Surface water: total external renewable (actual)

Definición: El volumen de las aguas superficiales totales externas renovables reales es la suma del caudal entrante real no sometido a tratados, el flujo entrante asegurado por los tratados, los flujos contabilizados de las fronteras de los ríos y la parte contabilizada de los lagos compartidos, menos el caudal saliente reservado por los tratados para los países que están río abajo.

### Engelman-Leroy (1993)

Recursos hídricos

En inglés: Water resources

Definición: La medición de los recursos hídricos por país hace referencia a los recursos internos y externos. El suministro interno se refiere a la precipitación que cae en un territorio nacional, menos la porción que pierde a través de la evaporación. El suministro de agua externa es el que fluye en un país desde ríos y acuíferos originarios de otros países. Aunque la mayor parte de estos dos tipos de agua renovable podría estar disponible para el uso del país en condiciones ideales, una proporción de su potencial depende de lo propicio de su tierra para almacenar agua y las condiciones de sus infraestructuras.

Agua renovable

En inglés: Renewable water

Definición: El agua renovable es el agua continuamente renovada en un tiempo razonable que circula a través del ciclo hidrológico, como es el caso de los ríos, los embalses y otras fuentes que son alimentados por precipitaciones o escorrentía. La renovabilidad de una fuente natural depende tanto de su tasa de recarga como de la tasa de extracción de agua para la actividad humana. En el caso de que la tasa de agua extraída sea más rápida que la recarga, esta agua no puede ser considerada renovable

#### Eurostat (2000)

Recursos regulares en agua dulce el 95% del tiempo

En inglés: Regular freshwater resources 95% of time

Definición: Los recursos regulares en agua dulce el 95% del tiempo son la porción del total del recurso hídrico en agua dulce que depende del desarrollo anual sobre el agua durante 19 de cada 20 años consecutivos o, si no al menos el 95% de los años en largos periodos de tiempo. Este término aporta una información acerca de la disponibilidad media anual a largo plazo de agua dulce para el uso humano.

#### Shiklomanov (1999)

Recursos en agua dulce

En inglés: Freshwater resources

Definición: Los recursos en agua dulce son la diferencia entre las precipitaciones y la evaporación de la superficie terrestre ( $119.000 \text{ km}^3/\text{año} - 74.200 \text{ km}^3/\text{año} = 44.800 \text{ km}^3/\text{año}$ ). Dicho volumen representa la escorrentía de los ríos del planeta ( $42.700 \text{ km}^3/\text{año}$ ) y la escorrentía de aguas subterráneas que van directamente al océano ( $2.100 \text{ km}^3/\text{año}$ ). Éstas son las principales fuentes de agua dulce para cubrir las necesidades vitales y las actividades económicas del ser humano.

#### UNESCO (2009)

Recursos hídricos

En inglés: Water resources

Definición: Los recursos hídricos son los recursos disponibles o potencialmente disponibles, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un periodo de tiempo apropiados para satisfacer una demanda identificable.

Suministro o abastecimiento de agua

En inglés: Water supply

Unidad:  $\text{km}^3/\text{año}$ , o  $10^9 \text{ m}^3/\text{año}$ , o millones  $\text{m}^3/\text{año}$

### AQUASTAT (2008)

Abastecimiento de agua

En inglés: Water supply

La definición es la original de EUROSTAT (2000) de “suministro de agua”.

### Engelman-Leroy (1993)

Término no disponible

### Eurostat (2000)

Suministro de agua

En inglés: Water supply

Definición: El suministro de agua es la entrega de agua a los destinatarios finales en la que se incluye la extracción hasta su producto final.

### Shiklomanov (1999)

Término no disponible

### UNESCO (2009)

Suministro óptimo

En inglés: Optimal yield

Definición: El suministro óptimo es la cantidad de agua que se puede extraer anualmente de un acuífero, cuenca o embalse según criterios predeterminados de explotación óptima.

Uso o utilización de agua

En inglés: Water use

Unidad: km<sup>3</sup>/año, 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/año o millones m<sup>3</sup>/año o m<sup>3</sup>/persona y año o % de un sector

(100% = % sector agrícola + % sector doméstico + % sector industrial)

### AQUASTAT (2008)

Uso del agua

En inglés: Water use

Definición: El uso del agua para la agricultura, la industria, la producción de energía y usos domésticos, incluyendo los usos en los ríos tales como la pesca, el recreo, el transporte y la evacuación de aguas residuales.

Uso de agua para la agricultura

En inglés: Water use by agriculture

Definición: El uso de agua para la agricultura es la cantidad anual de agua utilizada con fines agrícolas incluyendo la irrigación y la ganadería.

Uso del agua para el abastecimiento

En inglés: Water use by the domestic sector

Definición: El uso del agua para el abastecimiento.

AQUASTAT (2009b)

Uso múltiple del agua

En inglés: Multiple water use

Definición: El uso múltiple del agua es aquel en el que se utiliza donde el agua para fines domésticos, agrícolas y otros, reflejando las realidades de el uso multifacético del agua en la población rural. (Ver “extracción total de agua” (suma de sectores)).

Engelman-Leroy (1993)

Término no disponible

Eurostat (2000)

Uso de agua

En inglés: Water use

Definición: El uso de agua se refiere al agua que es utilizada por los usuarios para un propósito específico en un sector, como el uso doméstico, la irrigación o los procesos industriales.

Shiklomanov (1999)

Uso de agua

En inglés: Water use

Término no disponible

Uso de agua municipal

En inglés: Municipal water use

Definición: El uso de agua municipal está directamente relacionado con el agua extraída por ciudades, pueblos y zonas residenciales, empresas de servicios domésticos y públicos. El suministro público incluye también los gastos de agua para la industria dentro de una ciudad conectada a la red, así como el agua de gran calidad (agua de boca) que abastece a la población.

En muchas ciudades, una considerable cantidad de agua se utiliza para regar jardines tanto municipales como residenciales.

#### Uso de agua Industrial

En inglés: Industrial water use

Definición: El uso de agua industrial tiene como mayores objetivos refrigerar, transportar y lavar, también se utiliza como disolvente, y finalmente entra en la composición del producto acabado.

#### Uso de agua agrícola

En inglés: Agricultural water use

Definición: El uso de agua agrícola fundamentalmente lo determina por el desarrollo de las tierras de cultivo irrigadas.

#### Uso de agua de los embalses

En inglés: Reservoirs water use

Definición: El uso de agua de los embalses se logra mediante la construcción de grandes presas que pueden controlar en el tiempo y en el espacio la distribución de la escorrentía del río e incrementar los recursos hídricos en las regiones durante los periodos de bajos caudales y años secos.

#### UNESCO (2009)

##### Uso no consuntivo

En inglés: Instream use

Definición: Uso del agua que tiene lugar en la propia corriente, por ejemplo, la generación hidroeléctrica, la navegación, la mejora de la calidad del agua, la acuicultura y para fines recreativos.

#### Utilización de agua

En inglés: Water use

Definición: Utilización o alteración de la condición natural del agua con la intención de aumentar la producción de bienes y servicios.

### **4.3.3. Los niveles de posicionamiento de la actividad humana frente a las opciones de la oferta y la demanda**

Para mayor comprensión de los diferentes conceptos que giran alrededor de la función de la oferta y la demanda de agua dulce, vamos a determinar las diferentes posiciones que se pueden establecer entre la actividad humana y los recursos hídricos en el marco de la oferta y la demanda.

Tan sólo a título de recordatorio, por un lado, tal como se define en el apartado 2.3.2.2., “La disponibilidad de recursos de agua dulce convencional”, entendemos como recursos en agua dulce convencional a la suma de recursos naturales en agua dulce superficial y subterránea. Y, por otro lado, en el apartado 2.3.2.3., “La disponibilidad de agua dulce no convencional”, se definen los dos tipos de agua dulce no convencional. El primero es el agua que proviene de un tratamiento de desalación y el segundo es la que proviene de la reutilización de las aguas residuales urbanas o industriales (con o sin tratamiento).

Tal como se aprecia en la tabla 8, “Los niveles de posicionamiento de la actividad humana frente a las opciones de la oferta y la demanda”, hemos establecido cinco diferentes niveles de identidad de oferta y demanda en relación con la actividad humana.

En un primer nivel de posicionamiento, situamos el nivel máximo de oferta que nos puede ofrecer el planeta de forma natural y el máximo nivel de demanda que el ser humano puede exigir a los recursos hídricos basándonos en el potencial tecnológico necesario.

En este primer nivel, la oferta abarca el total de todos los recursos hídricos renovables en agua dulce que nos aporta el planeta o región de forma natural, que no deja de ser un volumen concreto y limitado de agua dulce renovable. Por el lado de la demanda, la actividad humana puede exigir de dicha oferta el máximo volumen de agua dulce renovable (agua convencional) aplicando más o menos tecnología, pero además podemos aumentar dicha demanda aplicando más tecnología para obtener mayor volumen de agua dulce a partir de la desalación o reutilización (agua no convencional) cuyo límite aún desconocemos.

En definitiva la demanda potencial en agua dulce de la actividad humana (agua convencional más agua no convencional) puede superar con creces la oferta en agua convencional gracias a la tecnología. Este estadio es un posicionamiento teórico difícilmente resuelto, ya que como hemos comentado anteriormente no conocemos los límites de las aportaciones del agua no convencional.

En un segundo nivel de posicionamiento, lo que era la demanda en el primero, pasa a tomar el rol de oferta. Por tanto, la oferta en este segundo nivel es el agua disponible tanto convencional como no convencional (en capacidad) y la demanda es el agua extraída o necesaria para todo tipo de actividad humana. En este caso, la demanda no puede superar la oferta, ya que, la extracción no puede ser mayor a las potencialidades en agua dulce sea convencional o no. Las regiones del mundo que se identifican con este posicionamiento son aquellas que, a pesar de tener o no los recursos en agua convencional, requieren más agua para sus actividades humanas y, para conseguir los volúmenes necesarios, se dotan de tecnología.

En el tercer nivel de posicionamiento, lo que era la demanda en el segundo nivel pasa a ser la oferta, por lo que la extracción o necesidad de agua dulce tanto convencional como no convencional configuran la oferta. En cambio, la demanda se identifica con el volumen que el ser humano utiliza de dicha agua, extraída o necesitada (convencional o no) para realizar sus actividades.

**Tabla 8. Los niveles de posicionamiento de la actividad humana frente a las opciones de la oferta y la demanda**

Nivel	Oferta	Demanda
1.º	Recursos hídricos totales renovables	Agua dulce disponible convencional y no convencional
2.º	Agua dulce disponible convencional y no convencional	Extracción/necesidad de agua dulce convencional y no convencional para la actividad humana
3.º	Extracción/necesidad de agua dulce convencional y no convencional para la actividad humana	Utilización de agua dulce convencional y no convencional para la actividad humana
4.º	Agua dulce útil disponible convencional	Extracción/necesidad de agua dulce convencional para la actividad humana
5.º	Extracción/necesidad de agua dulce convencional para la actividad humana	Utilización de agua dulce convencional para la actividad humana

En el cuarto nivel de posicionamiento, la oferta es tan sólo el agua dulce disponible convencional. En este nivel, la demanda, es atribuible a la extracción o, a la necesidad de agua dulce convencional para la actividad humana, por lo que el agua procedente de la desalación o de la reutilización queda descartada. En este cuarto nivel se encuadrarían regiones con elevados recursos hídricos en agua convencional en relación con los volúmenes de agua dulce necesarios para las actividades humanas o regiones donde la situación socio-económica no permite la implementación de tecnología para dotarse de agua no convencional y así realizar las actividades humanas deseadas.

En el quinto y último nivel de posicionamiento, la demanda del cuarto nivel pasa a ser la oferta. Esto significa que la oferta se identifica como la extracción o necesidad de agua dulce convencional para la actividad humana y la demanda representa el volumen que el ser humano utiliza de dicha agua convencional para sus actividades.

Recapitulando, tenemos un primer nivel de posicionamiento de la actividad humana de máximos: oferta de agua convencional máxima (conocida) y demanda de agua convencional y no convencional máxima (esta última no conocida) seguido de dos bloques con posicionamientos similares entre sí.

En el primer bloque (segundo y tercer niveles) se identifica la oferta con el agua dulce disponible convencional y no convencional por un lado y la demanda con la extracción o necesidad del agua dulce para la actividad humana (segundo nivel). A continuación, la extracción o necesidad pasa a identificarse con la oferta y la demanda es definida como la utilización que realiza el ser humano de dicha oferta en sus actividades (tercer nivel). En el segundo bloque (cuarto y quinto niveles), los posicionamientos son asimilables al primer bloque, pero se considera tan sólo el agua convencional tanto en la oferta como en la demanda.

#### **4.3.4. Las consideraciones previas en la oferta y la demanda**

##### **4.3.4.1. La influencia del cambio climático**

Uno de los factores conductores determinantes en la oferta de agua dulce es el cambio climático. La incertidumbre que teníamos hace algún tiempo sobre los impactos del cambio climático en los recursos hídricos se ha desvanecido. Ahora, aunque con “grados de confianza“ más o menos amplios, el Panel Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) nos alerta sobre el impacto del cambio climático y lo cuantifica, así como prevé

sobre la disponibilidad de agua dulce, tal como veíamos en el apartado 2.3.2.5., “El cambio climático”.

Retomando lo expuesto en dicho apartado, el IPCC nos muestra que en un grado de confianza alto, la escorrentía aumentaría entre un 10% y un 40% de aquí a mediados de siglo en latitudes superiores y en ciertas áreas tropicales pluviales, incluidas algunas áreas populosas del este y sureste de Asia, y disminuiría entre un 10% y un 30% en ciertas regiones secas de latitudes medias y en los trópicos secos, debido a la disminución de las lluvias y a las tasas de evapotranspiración más altas (IPCC, 2007).

Según la publicación del año 2008 del IPCC “El cambio climático y el agua”, la variabilidad en las precipitaciones (uno de los factores conductores esenciales en la oferta) es muy probable que aumente, así como la frecuencia de las inundaciones y el progreso de la sequía (IPCC, 2008).

A raíz del gran interés que despierta este tema, se están realizando muchos estudios en zonas concretas sobre la influencia del cambio climático, lo que crea importantes alertas que van sensibilizando a la ciudadanía y preocupando a todas aquellas personas que de alguna manera se sienten implicadas en el cambio climático. La muestra de ello es la cantidad de convocatorias y de encuentros en todos los niveles (desde local hasta global) para intercambiar opiniones e intenta llegar a acuerdos.

Por el lado de la demanda, tal como comentábamos en el apartado 2.3.2.5., “El cambio climático”, la mayoría de los impactos se relacionan con la oferta, pero no podemos obviar que el hecho del fenómeno del calentamiento global conduce a tener temperaturas mayores y desequilibrios en las precipitaciones. Dicha situación nos lleva a una mayor demanda para el riego, aunque el total de las lluvias por estación sea la misma.

El IPCC en sus informes utiliza de forma bastante habitual el adjetivo *probable* o el adverbio *probablemente* escritos en cursiva. Este tipo de cualificación no deja de ser amplio y poco preciso. Por lo tanto, a pesar de los grandes esfuerzos, aún no tenemos bases de datos suficientemente elaboradas para poder incorporar valores cuantitativos en la función oferta y demanda de agua dulce.

#### **4.3.4.2. La influencia de agua dulce no convencional en la oferta**

Tal como expresábamos en el apartado 2.3.2.3., “La disponibilidad de agua dulce no convencional”, debido a la presión creciente sobre los recursos naturales de agua dulce en

diferentes partes del mundo, otras fuentes de agua dulce se están desarrollando y están cobrando importancia. Estos recursos no convencionales de agua representan una aportación complementaria que puede ser esencial en regiones con una extrema escasez de recursos de agua renovable. Estas fuentes forman parte de la oferta pero se contabilizan fuera de lo que son los recursos de agua natural renovable. Las dos acciones tecnológicas para obtener agua no convencional son la desalación y la reutilización.

La puesta en marcha de este tipo de tecnología se identifica con países de Oriente Medio con pocos recursos hídricos pero con grandes recursos económicos. Un ejemplo de ello es el país de Israel. Israel quedaría situado en el nivel segundo según la clasificación expuesta de la tabla 8, “Los niveles de posicionamiento de la actividad humana frente a las opciones de la oferta y la demanda”, donde la oferta es la suma del agua dulce disponible convencional más la no convencional y la demanda, la extracción o necesidad en agua dulce para las actividades humanas.

Tal como podemos apreciar en la tabla 9, “La oferta y la demanda en agua dulce convencional y no convencional de Israel”, la oferta va aumentando al igual que la demanda.

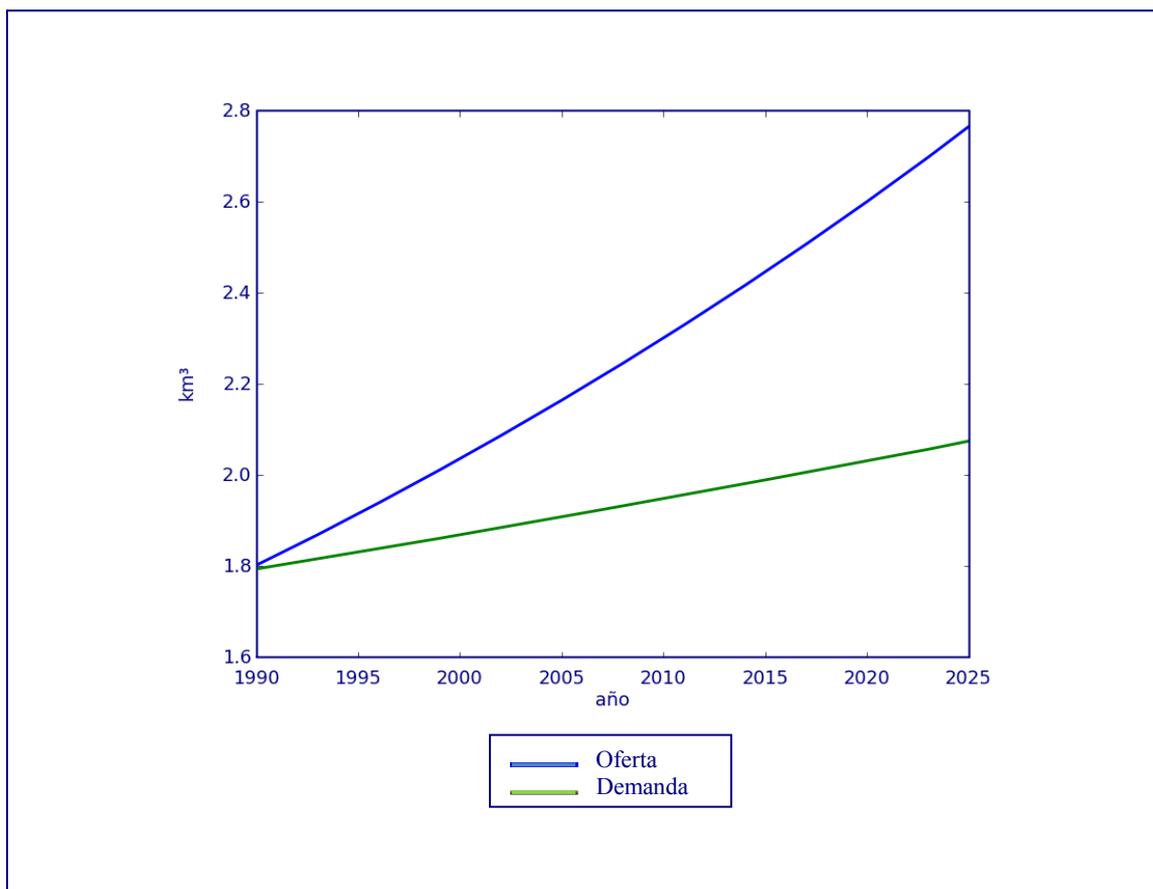
Con los datos que tenemos, realizamos un escenario *business as usual* desde el año 1990 hasta el 2025 y observamos, tal como nos indica la figura 13, “Israel: escenario *business as usual* de la oferta de agua dulce convencional y no convencional y su demanda entre 1990-2025”, que la tendencia de crecimiento de la oferta es mayor que la de la demanda. Por tanto, éste es un caso donde no se dibuja punto de corte, a diferencia de cómo se mostraba en la figura 12, “Ejemplo hipotético de oferta y demanda”.

**Tabla 9. La oferta y la demanda en agua dulce convencional y no convencional de Israel**

	1990	2002	2003-2007
Total recursos hídricos renovables (km <sup>3</sup> /año) (1)	1,78	1,78	1,78
Agua desalada (km <sup>3</sup> /año) (2)	0,0256	0,0256(e)	0,14
Agua reutilizada (km <sup>3</sup> /año) (3)	0(e)	0,2619	0,2619(e)
Oferta: total de agua dulce disponible: (1) +(2) +(3) (km <sup>3</sup> /año)	1,8056	2,0675	2,1819
Demanda: extracción en agua dulce (km <sup>3</sup> /año)	1,804	1,831	1,954

Fuente: AQUASTAT, 2009a; (e) estimado.

**Figura 13. Israel: Escenario *business as usual* de la oferta en agua dulce convencional y no convencional y su demanda entre los años 1990-2025**



Fuente: datos AQUASTAT, 2009a.

#### **4.3.4.3. Conclusiones sobre las consideraciones previas en la oferta y la demanda**

Después de analizar la incertidumbre acerca de la cuantificación de los efectos del cambio climático, llegamos a la conclusión de que no podemos internalizar dicho factor conductor en la función de oferta-demanda de los recursos en agua dulce. Esto no significa que quizás en un futuro no muy lejano, tengamos gracias a la ciencia y la tecnología dicha información, y por tanto podamos incorporarla a la metodología para evaluar la escasez de agua dulce y así mejorarla.

Por otro lado, como hemos visto en el apartado anterior, la oferta está condicionada además de por el volumen disponible en agua dulce renovable superficial y subterránea, por las aportaciones de agua dulce no convencional, es decir, del agua que proviene de la desalación o la reutilización. A pesar de que somos conscientes de su aumento en los últimos años, este estudio quiere comprobar la viabilidad de la oferta de agua dulce útil convencional, sin tener que recurrir a otras fuentes que demandan mayor tecnología y en muchas ocasiones provocan impactos ambientales negativos considerables.

Por lo que se refiere al estudio de caso de la región del golfo de Guinea, tal como indica la tabla 7, “Las características del agua como recurso en los países de nuestra región”, las aportaciones de agua no convencional en la oferta son prácticamente inexistentes o no están contabilizadas, ya que tan sólo Nigeria recibe una pequeña aportación de 0,003 km<sup>3</sup>/año de agua desalada desde del año 2000. Por tanto, las aportaciones en agua dulce no convencional no son decisivas en nuestro caso de estudio.

En cambio, tal como se expone en el apartado 4.3.4.2., “La influencia de agua dulce no convencional en la oferta”, y con más detalle en la tabla 9, “La oferta y la demanda en agua dulce convencional y no convencional de Israel”, las aportaciones del agua no convencional en la oferta son determinantes y superan con creces las aportaciones en agua dulce convencional.

En otro orden de cosas, también se debería considerar el impacto negativo que tiene en la oferta el vertido de las aguas residuales contaminadas que se abocan directamente a las cuencas naturales o de la sobreexplotación. La falta de conocimiento de cómo calcular el impacto de la contaminación en los recursos hídricos renovables, nos conduce a no incorporar este factor conductor identificativo de la actividad humana en la oferta. Otro inconveniente añadido sería la falta de datos sobre la región del golfo de Guinea, tal como muestra la tabla 7, “Las características del agua como recurso en los países de nuestra región”, donde tan sólo se

presentan los datos de las emisiones de contaminantes orgánicos de algunos países de nuestra región.

Así pues, a partir de este momento, cuando hablemos de oferta no estaremos considerando ni los efectos del cambio climático, ni la aportación de agua desalada o reutilizada, ni tampoco los impactos de la contaminación de las aguas residuales en el total de los recursos hídricos renovables.

#### **4.3.5. Hacia el concepto de oferta-demanda**

Retomando la idea planteada en el apartado 4.3.1., “El punto de partida de cómo definir oferta y demanda”, sobre el mercado económico neoclásico, podríamos empezar a entender por oferta, aquel volumen de agua susceptible de ser utilizado por el ser humano de forma directa con la incorporación de más o menos tecnología en un periodo de tiempo determinado, respetando el medio ambiente de la zona estudiada.

En el otro extremo de la función oferta-demanda, entenderemos como primera idea, que la demanda es aquel volumen de agua dulce que se requeriría para satisfacer las posibles necesidades socioeconómicas de las actividades humanas en un periodo de tiempo determinado.

Volviendo al concepto de oferta, sabemos que en un periodo relativamente amplio la oferta del volumen en recursos hídricos renovables se considera prácticamente constante, por lo que conocemos cuál será el máximo de agua teórica disponible. En un primer momento, intentamos dibujar la curva de la oferta a partir de un par de puntos que nos fuesen indicando el estado real de la disponibilidad real de agua dulce en un periodo de tiempo determinado.

Para lograr dicho objetivo, debíamos saber cuál era la cantidad de volumen que en un periodo de tiempo determinado no volvía a su fuente natural y, por tanto, no podía ser incorporado a la nueva oferta. Nos percatamos de que no podíamos deducir el volumen que debíamos eliminar de la oferta en el nuevo periodo de tiempo, pero sí podíamos declarar un volumen máximo apto para satisfacer las necesidades de las actividades humanas y las de los ecosistemas. En consecuencia, nuestra primera idea de curva inicial de oferta se convierte en una línea recta horizontal identificada con un volumen nivel máximo.

En contraposición a esto, retomando el otro lado de la función, nuestro planteamiento inicial sobre el concepto de demanda se basó en evaluar cuáles son las necesidades mínimas en agua

dulce. La FAO, para evaluar el hambre en el mundo, se dotó de un estándar de hambre crónica basado en las calorías energéticas necesarias básicas, por debajo de cuyo nivel se considera que se está en un estado de subnutrición. Esta necesidad mínima energética se traduce en una media de 1.800 kcal por persona y día. Este estándar nos sugirió la idea de establecer unas referencias en el ámbito de agua dulce (FAO, 2009c).

Para ello, consultamos la literatura actual sobre cómo se pueden cuantificar las necesidades de agua dulce por persona y año. La respuesta más interesante nos la proporciona la científica Malin Falkenmark. Ella establece el siguiente criterio: “36,5 m<sup>3</sup> por persona y año es el requerimiento mínimo para cubrir las necesidades básicas del hogar y de salud. La experiencia en los países de desarrollo moderado muestra que la cantidad requerida para satisfacer las necesidades de la agricultura y la industria es de 5 a 20 veces más”, (Falkenmark y Widstrand, 1992 en Engelman-Leroy, 1993).

Si nos situamos en el punto de mayor exigencia de Malin Falkenmark las necesidades totales en agua dulce por persona en volumen son:

$$36,5 \text{ m}^3 \text{ por persona y año} + (20 \times 36,5 = 730) \text{ por persona y año} = 766,5 \text{ m}^3 \text{ por persona y año}$$

Y si nos situamos en el punto de menor exigencia de Malin Falkenmark, las necesidades totales de agua dulce por persona en volumen son:

$$36,5 \text{ m}^3 \text{ per cápita y año} + (5 \times 36,5 = 182,5) \text{ por persona y año} = 219 \text{ m}^3 \text{ por persona y año}$$

Consideramos que elaborar la demanda según las necesidades de volumen de agua dulce por persona y año, cuando detectamos una diferencia entre los puntos de mayor y menor exigencia de alrededor 500 m<sup>3</sup> por persona y año, no es un criterio convincente, ya que, aparte de que la diferencia es grande, no sabríamos identificar este volumen con un tipo de demanda.

En consecuencia, nuestro planteamiento se decanta por asimilar la demanda no según a las posibles necesidades, sino según las extracciones reales, de manera que dicha demanda queda definida por aquel volumen de agua dulce que se requeriría para satisfacer las posibles necesidades socioeconómicas de las actividades humanas en un periodo de tiempo en un país o región.

Y, a su vez definimos como las posibles necesidades socioeconómicas la suma de las extracciones en los diferentes sectores: el sector agrícola, el sector doméstico y finalmente el sector industrial. Sabemos de la existencia de bases de datos que seguramente nos van a permitir cuantificar dicha demanda, por lo que en principio, ya podemos empezar a trabajar en la elaboración de su determinación.

#### **4.3.6. La propuesta**

##### **4.3.6.1. La oferta**

Tal como hemos definido el concepto de oferta en el apartado anterior, dicha oferta se asimila a un nivel de agua dulce renovable máximo constante, respetando las necesidades de los ecosistemas y sin superar la tasa de renovación. Para determinar dicho volumen debemos establecer criterios basados en las necesidades ambientales.

Existen diferentes percepciones por parte de los expertos sobre cómo cuantificar este nivel de oferta de agua dulce en una región. En consecuencia, después de recoger y analizar las distintas aportaciones, decidimos finalmente englobarlas en dos categorías: una más abundante y de menor exigencia ambiental, que denominamos oferta de nivel alto, y otra de mayor restricción, denominada oferta de nivel bajo.

##### **4.3.6.1.1. Los dos niveles de oferta de agua dulce renovable**

###### **4.3.6.1.1.1. La oferta de nivel alto (ONA)**

Para determinar la oferta de nivel alto, nos hemos basado en la información de la base de datos de AQUASTAT. Una de las variables que aparece en el apartado de recursos de agua (en inglés: *water resources*) es el explotable total (en inglés: *total exploitable*). El concepto de recursos en agua explotable (también denominado gestión de los recursos hídricos o desarrollo potencial) se define como aquellos recursos que se consideran disponibles para el desarrollo, teniendo en cuenta factores tales como la viabilidad económica y ambiental, las inundaciones de agua almacenada antes de llegar a las presas, las extracciones de las aguas subterráneas, la posibilidad física de almacenar agua que de forma natural fluye hasta el mar y las demandas de caudales mínimos (navegación, servicios ambientales, vida acuática, etc.). Los métodos para evaluar los recursos hídricos explotables varían entre países. (AQUASTAT, 2009b).

Los países pueden justificar la sobreexplotación de sus recursos si las demandas socioeconómicas lo requieren, lo que producirá efectos negativos en un futuro no muy lejano que seguramente disminuirán el volumen disponible de recursos hídricos. En consecuencia, las cifras en agua explotable de la base de datos de AQUASTAT que se presentan por países reflejan un volumen calculado a partir de un volumen máximo teórico del total de recursos hídricos renovables.

A partir de los datos disponibles en la base de datos de AQUASTAT de los diferentes países (tan sólo 38 de los 228 catalogados), calculamos el porcentaje que representa los recursos de agua total explotable en relación con los recursos de agua total renovable de cada país y, a continuación hicimos la media aritmética, lo que arrojó el resultado de 59,56%.

Por otro lado, tal como se puede comprobar en el mapa 11, “Zonas con escasez física y económica de agua” del apartado 2.4.5., “La escasez física y económica de agua, Instituto Internacional para el Manejo del Agua (IWMI), 2007”, el Instituto Internacional de Gestión del Agua (IWMI, siglas en inglés) y la FAO determinan la aproximación a la escasez física, cuando se extrae más del 60% de los caudales de los ríos. En esta situación, estas cuencas experimentarán una escasez física de agua.

En consecuencia, tomaremos como referencia de oferta de nivel alto el 60% del volumen total de recursos hídricos renovables reales. Este volumen representa los recursos hídricos disponibles para el desarrollo y procedentes de todas las fuentes naturales de cada país. La unidad de este volumen estimado se puede expresar en volumen por tiempo, la unidad  $\text{km}^3/\text{año}$ ; si se divide entre la población del país, la unidad es en  $\text{m}^3/\text{persona y año}$ , o se puede dar en porcentaje si se quiere hacer referencia a lo que representa este volumen en relación con el volumen de su región, de su continente o del mundo.

Entendemos como recursos hídricos totales renovables el volumen total de aguas renovables reales, que a su vez es la suma de aguas internas renovables y las aguas externas renovables reales menos, por una parte, el volumen de recursos potenciales compartidos por la misma agua que provengan de la interacción de los sistemas de aguas superficiales y de las aguas subterráneas, y, por otra parte, menos el volumen de agua que deba salir del país de alaguno por exigencia de un tratado (en el caso de que exista alguno).

El total de aguas renovables actuales corresponde a la cantidad máxima teórica anual disponible en un país en un momento dado (AQUASTAT, 2009b). En el caso de estudio de los países del golfo de Guinea no existen tratados (al menos registrados en la base de datos de AQUASTAT),

por tanto, las aguas renovables reales coinciden con las naturales, por lo que a partir de ahora tan sólo hablaremos de aguas renovables sin especificar su condición de reales o naturales.

#### **4.3.6.1.1.2. La oferta de nivel bajo (ONB)**

En este segundo nivel de mayor exigencia, se entiende que aplicamos una gestión más sostenible a las aguas tanto superficiales como subterráneas si la extracción en condiciones de equilibrio dinámico no disminuye el nivel de reservas. Después de analizar en el apartado 2.3.2.2., “La disponibilidad de recursos de agua dulce convencional”, nos percatamos de la dificultad de definir este segundo nivel, ya que deberíamos conocer la tasa de renovabilidad de las cuencas que forman parte de cada país de nuestra región para poder determinar este segundo nivel.

En consecuencia, para definir la oferta de nivel bajo, nos hemos basado en los criterios de los científicos de mayor experiencia y rigurosidad. Según András Szöllösi-Nagy nuevo rector del Instituto UNESCO-IHE para la Educación Relativa al Agua desde septiembre del año 2009 y tal como se ha expuesto en el apartado 2.4., “Los indicadores de escasez de agua dulce”, cuando los índices de utilización llegan a niveles de entre el 20% y 40% de agua dulce disponible estamos en una situación de presión media alta; y en este punto es necesario establecer una gestión sostenible de los recursos hídricos. Y, por encima del 40% Szöllösi-Nagy lo clasifica como situación de gran escasez. Por tanto, lo que queda claro es que no podemos sobrepasar como oferta el 40% de los recursos existentes en agua renovable convencional.

Por otro lado, según el apartado 2.3.2.2., “La disponibilidad de recursos de agua dulce convencional”, los recursos hídricos renovables en agua dulce superficial y subterránea son de alrededor 41.000 km<sup>3</sup> (volumen total del agua dulce renovable que puede ser capturada por el ser humano), pero la oferta total del volumen de agua considerada disponible se sitúa entre los 9.000 km<sup>3</sup>/año y los 14.000 km<sup>3</sup>/año (Postel y Clarke, 1993, en Engelman-Leroy 1993). Según estas cifras, el límite en porcentaje de extracción se encontraría entre el 22,0% y 34,2%.

Además, tal como se expone en el apartado 2.3.2.2.2., “Las aguas subterráneas”, en muchas cuencas, existen flujos de agua tales como las precipitaciones, los ríos o, las nieves derretidas, y también reservas de agua no-renovable, considerada como el agua subterránea fósil. Entendiendo como agua subterránea fósil la acumulada en un acuífero durante miles de años y con una tasa de recarga muy lenta. Cuando el uso de esta agua excede la tasa de renovación, esta reserva de agua subterránea se agotará rápidamente.

En esta situación particular, el agua subterránea de un acuífero se asemeja a las reservas petrolíferas (Palaniappan y Gleick, 2008). Esta nueva percepción del agua nos conduce a considerar que en el momento de realizar extracciones de agua dulce en los acuíferos, hemos de tener en cuenta la identidad de agua subterránea fósil condicionada a su nula tasa de renovación.

En el 2º informe del Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos, el Centro Internacional de Evaluación de los Recursos de Aguas Subterráneas (IGRAC, por sus siglas en inglés), 2004 en UNESCO, 2006, se apunta que la tasa real de recarga de los sistemas acuíferos subterráneos es prácticamente inexistente en algunas regiones del mundo. El IGRAC caracteriza de forma orientativa nuestra región con una tasa media de recarga.

Como consecuencia de lo expuesto en primer lugar, se determina que la oferta de nivel bajo tiene un nivel de volumen de agua basado en que ha de estar por debajo del 35-40% de los recursos totales en agua dulce. En segundo lugar debemos ser más exigentes con las aguas subterráneas que con las aguas superficiales.

Por lo tanto, definimos como oferta de nivel bajo la suma del 40% de los recursos totales en aguas superficiales y del 30% de los recursos en aguas subterráneas. Somos conscientes que estos niveles son aproximados. Cada cuenca tiene sus características, y para conocerlas deberíamos realizar trabajos de campo o buenas simulaciones informáticas para así poder determinar el volumen mínimo necesario para la vida de los ecosistemas y no sobre pasar la tasa de renovación.

#### **4.3.6.1.1.3. El nuevo glosario de la oferta**

Para definir los recursos hídricos renovables totales tomamos como referencia las definiciones del glosario de AQUASTAT, así como su base de datos para determinar las ofertas. A continuación recordamos la definición de AQUASTAT, seguida de las dos definiciones de oferta.

Recursos hídricos renovables totales

En inglés: Water resources: total renewable

Unidad: km<sup>3</sup>/año

Definición: Los recursos hídricos renovables totales son el volumen total de aguas renovables que, a su vez, son iguales a la suma de aguas internas renovables y aguas externas renovables

menos, por una parte, cualquier volumen de recursos potenciales compartidos por la misma agua que provengan de la interacción de los sistemas de aguas superficiales y de las aguas subterráneas.

Oferta de nivel alto

En inglés: high level supply

Unidad: km<sup>3</sup>/año, m<sup>3</sup>/persona y año, o %

Definición: La oferta de nivel alto es el 60% del volumen total de recursos hídricos renovables. Este volumen representa los recursos hídricos disponibles para el desarrollo y procedentes de todas las fuentes naturales de cada país. La unidad de este volumen estimado se puede expresar en km<sup>3</sup>/año, o si se divide entre la población del país, en m<sup>3</sup>/ persona y año, o también se puede expresar en porcentaje si se quiere hacer referencia a lo que representa este volumen en relación con el volumen de su región, de su continente o del mundo.

Oferta de nivel bajo

En inglés: Low level supply

Unidad: km<sup>3</sup>/año, m<sup>3</sup>/persona y año o %

Definición: La oferta de nivel bajo es la suma del 40% de los recursos totales en aguas superficiales y del 30% de los recursos en aguas subterráneas. La unidad de este volumen estimado se puede expresar en km<sup>3</sup>/año, o si se divide entre la población del país, en m<sup>3</sup>/ persona y año, o también se puede expresar en porcentaje si se quiere hacer referencia a lo que representa este volumen en relación con el volumen de su región, de su continente o del mundo.

#### **4.3.6.2. La demanda**

##### **4.3.6.2.1. La demanda Dinámica (DD) y el consumo dinámico (CD) de agua dulce renovable**

Considerando las definiciones expuestas en el apartado 4.3.2., “El glosario clásico”, nosotros añadimos a las palabras “demanda” y “consumo” el adjetivo dinámico para dar énfasis en la connotación evolutiva en el tiempo, ya que se trata del resultado de cómo la población varía el desarrollo, el cual varía a su vez en función de las posibles demandas y consumos. A continuación presentamos de forma más explícita su significado.

Nosotros finalmente proponemos definir como demanda dinámica (DD) aquel volumen de agua dulce que se requeriría para satisfacer las posibles necesidades socio-económicas para las actividades humanas en un periodo de tiempo determinado. Esta definición cualitativa se traduce cuantitativamente como el volumen de agua dulce renovable extraída de una fuente del medio natural para una actividad humana en una unidad de tiempo -el año- visualizada a lo largo de un periodo. Esta agua, una vez extraída, se utiliza para un fin humano, lo que cambia su composición cualitativa y cuantitativa, y a continuación una parte de ella es devuelta a su entorno natural. La demanda dinámica total será igual a la suma de las extracciones de los diferentes sectores, es decir, la suma de la demanda dinámica del uso agrícola más la demanda dinámica de uso doméstico más la demanda dinámica del uso industrial. En la demanda dinámica se contabilizan las pérdidas de distribución hasta llegar a sus usuarios y las posibles evaporaciones a lo largo de dicha distribución.

Las unidades en que se puede expresar la demanda dinámica son: en  $\text{km}^3/\text{año}$ , si se divide entre la población del país en  $\text{m}^3/\text{persona y año}$ , o en  $\text{l/persona y día}$ , y en porcentaje si se quiere hacer referencia a lo que representa este volumen en relación a su región, a su continente o al mundo.

Definimos como consumo dinámico (CD) aquella parte del agua que una vez extraída se evapora, transpira y queda incorporada en el producto final o en los cultivos. Unos ejemplos de producto final son las colonias, las bebidas envasadas o los productos de limpieza líquidos. También forma parte del consumo aquella agua que se incorpora a los cuerpos de los seres humanos o del ganado. Después de su uso no puede volver a utilizarse a corto plazo. También se contabiliza el volumen de agua que va directamente al mar. Se asocia a pérdidas irre recuperables dentro de los consumos internos urbanos e industriales. La unidad de tiempo es el año y se visualiza a lo largo de un periodo.

Las unidades en que se puede expresar el consumo dinámico son, por un lado, las mismas que la demanda dinámica: en  $\text{km}^3/\text{año}$ , si se divide entre la población del país, en  $\text{m}^3/\text{persona y año}$ , o  $\text{l/persona y día}$ , y en porcentaje si se quiere hacer referencia de lo que representa este volumen en relación con el volumen de su región, de su continente o del mundo. Por otro lado, el consumo dinámico también se puede expresar en porcentaje del consumo por sector, o en total en relación con su demanda contextualizándolo en una zona determinada (municipio, comarca, país, región o el mundo).

#### 4.3.6.2.2. La relación entre la demanda y el consumo

La relación existente entre la demanda y el consumo es la siguiente:

La demanda ( $\text{km}^3/\text{año}$ ) = las pérdidas en distribución antes del consumo ( $\text{km}^3/\text{año}$ ) + el consumo ( $\text{km}^3/\text{año}$ ) + las aguas residuales y las pérdidas una vez consumida el agua ( $\text{km}^3/\text{año}$ )

El agua de la demanda una vez extraída se distribuye por canalizaciones por las cuales probablemente ya ha habido ciertas pérdidas que no se contabilizan como consumo (pero sí como demanda). El consumo es una parte de la extracción y empieza a contabilizarse en el momento que el agua es utilizada físicamente por el usuario y acaba en el momento que el uso ha terminado. Dicha agua se convierte en agua residual canalizada, reutilizada, reciclada o en pérdida.

El consumo de agua en relación con el agua extraída varía en función del tipo de sector (agrícola, doméstico e industrial). Además, dentro de cada sector, fluctúa según y cómo se utiliza dicha agua. Una tónica común a los tres sectores es el tema de la evaporación, que aumenta el consumo, y lo hace de forma más elevada en los países cálidos.

El consumo de agua en la agricultura es el volumen de agua de las plantas y vegetales que se queda dentro o que se evapora o transpira. En función del consumo de agua de los campos cultivados se realiza una extracción determinada. La proximidad y el riego localizado favorecen un alto consumo.

El consumo de agua en el sector doméstico proviene de la utilización del agua en las viviendas, en los municipios y en las industrias y empresas ubicadas dentro de una ciudad y conectadas a la red. Debemos destacar que los mayores volúmenes de consumo se deben al riego de jardines y parques, ya sean privados o municipales. Las pérdidas en la distribución en las zonas rurales son superiores a las de las zonas urbanas, cuestión que se traduce en un mayor consumo en el ámbito rural que en el urbano.

El consumo de agua en el sector industrial está determinado por la suma del volumen de agua ocasionada por las pérdidas internas en el proceso más el agua evaporada más, finalmente, el agua que forma parte de productos finales (bebidas, colonias, detergentes, etc.). Cuanto mayores sean estos volúmenes mayor será el consumo en relación con la extracción. La mayor parte de

volumen del agua utilizada en un proceso industrial sirve como transporte o como intercambiador de calor.

En el caso de que el agua se utilice como transporte, una vez haya realizado su objetivo, ésta pierde su calidad inicial al convertirse en agua residual contaminada, debido a su cambio de composición que se puede tratar o abocar directamente a su cuenca natural. Las centrales térmicas y las centrales nucleares son las empresas que más demandan agua, pero su consumo es mínimo; casi la totalidad del agua de entrada es la de salida, y en muchas ocasiones se recicla. Las centrales hidroeléctricas también utilizan el agua de paso y, por lo tanto, su consumo también es mínimo.

Tal como podemos constatar al ver las cifras presentadas de la tabla 10, “Porcentaje del consumo por sector en relación con demanda de agua mundial”, existe bastante coherencia entre los valores aportados por las diferentes fuentes. Según los autores Margat y Andréassian, el porcentaje de consumo más elevado en relación con la demanda dinámica mundial pertenece al uso agrícola. Debido a la evapotranspiración de los cultivos, puede variar entre el 50% y el 60% para el riego por inundación y hasta llegar el 90% para el riego localizado. Estos valores concuerdan con los presentados por AQUASTAT (60-90%) y Shiklomanov (70%).

**Tabla 10. Porcentaje del consumo por sector en relación con la demanda de agua mundial**

Fuente Sector	AQUASTAT * (%)	Margat y Andréassian ** (%)	Shiklomanov *** (%)
Agrícola	60-90		60-80
Riego por inundación		50-60	
Riego localizado		90	
Doméstico		10-20	15
Zonas urbanas	5-15		
Zonas rurales	10-50		
Industrial	< 5	5-10	11
Energía (refrigeración)		1-2	

Fuente: \* AQUASTAT, 2009b; \*\* Margat y Andréassian 2008, en UNESCO y WWAP 2009; \*\*\* Shiklomanov, 1999 (datos calculados del año 1995).

En el uso doméstico, según AQUASTAT, el consumo presenta una horquilla entre el 5% y el 15% en zonas urbanas y alcanza el 50% en las zonas rurales en relación con su extracción. Los valores presentados por Margat y Andréassian (10-20%) y Shiklomanov (15%) están en bastante consonancia con AQUASTAT.

Finalmente, según Margat y Andréassian en el sector industrial, el consumo se sitúa entre un 5% y un 10% de la demanda, muy cerca del 11% de Shiklomanov. En cambio AQUASTAT considera que dicho consumo se sitúa por debajo del 5%.

Para elaborar la tabla 11, “Demanda y consumo de los usos de agua en los países del golfo de Guinea en 2000-2002”, en el caso de nuestra región hemos tomado los datos de extracción de agua dulce de la fuente de datos de AQUASTAT de los países que forman el golfo de Guinea y hemos aplicado el factor de relación entre extracción y consumo que el científico Shiklomanov otorga a dicha región. El hecho que nos refiramos al periodo 2000-2002 se debe a que no tenemos todos los datos de extracción de un mismo año, la mayoría proceden del año 2000, menos en los casos de Togo, que corresponde al 2002, y de Benín, que corresponde al 2001.

**Tabla 11. Demanda y consumo de los usos de agua en los países del golfo de Guinea en 2000-2002**

	<b>Demanda*</b> <b>(km<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumo**</b> <b>(km<sup>3</sup>)</b>	<b>(Consumo/Demanda)*100</b> <b>(%)</b>
<b>Uso agrícola</b>	8,81	6,38	72,42
<b>Uso doméstico</b>	2,46	0,36	14,63
<b>Uso industrial</b>	1,12	0,17	15,18
<b>Uso total</b>	12,39	6,91	55,77

Fuente: \*AQUASTAT, 2009a; \*\*Calculados a partir Shiklomanov ,1999.

Si comparamos las cifras obtenidas en los porcentajes de consumo en relación con la demanda dinámica expuestas en la tabla 11, “Demanda y consumo de los usos de agua en los países del golfo de Guinea en 2000-2002”, vemos que los sectores agrícolas y domésticos están dentro de las horquillas de porcentaje mundiales presentadas de la tabla 10, “Porcentaje del consumo por sector en relación con la demanda de agua mundial”. Tan solo el caso del consumo en el uso industrial alcanza una cota superior: nuestra región presenta un 15,18% y la media mundial se sitúa entre el 5% y el 10% de Margat y Andréassian, o es inferior al 5 % de AQUASTAT, o está alrededor del 11% de Shiklomanov.

#### 4.3.6.2.3. El nuevo glosario de la demanda

##### **Abastecimiento o aprovisionamiento de agua**

En inglés: Water supply

Unidad: km<sup>3</sup>/año, o 10<sup>9</sup> \* m<sup>3</sup>/año, o m<sup>3</sup>/ha y año

Definición: El abastecimiento o aprovisionamiento de agua es la actividad de entrega del agua necesaria para satisfacer la demanda de una actividad humana en un periodo de tiempo determinado (normalmente un año). El abastecimiento va ligado al sector doméstico; por tanto, se trata normalmente de agua potable. Agua que ha sido tratada para el consumo humano según normas de calidad. En los países considerados de alto desarrollo, el agua llega a su destino mediante una red de distribución. La traducción al inglés es la misma que “suministro”. El término “aprovisionamiento” va ligado a un contexto agrícola.

##### **Abstracción de agua**

En inglés: Water abstraction

Unidad: km<sup>3</sup>/año, o 10<sup>9</sup> \* m<sup>3</sup>/año, o m<sup>3</sup>/persona y año

Definición: La abstracción de agua es el volumen de agua extraída de cualquier fuente, ya sea permanentemente o de forma temporal, para los diferentes usos de la actividad humana. En castellano se utiliza muy poco. Su significado es el mismo que “extracción de agua”. (Ver el término “extracción de agua”).

##### **Consumo de agua**

En inglés: Consumptive use water

Unidad: km<sup>3</sup>/año, o 10<sup>9</sup> \* m<sup>3</sup>/año, o m<sup>3</sup>/persona y año, o l/persona y día, o m<sup>3</sup>/ha y año

Definición: El consumo de agua es el volumen de agua superficial y subterránea absorbida por las plantas y transpirada o utilizada directamente por las mismas en la formación de tejido vegetal, más las pérdidas por evaporación en la zona cultivada expresada en unidades de volumen por unidad de superficie. También incluye todas aquellas actividades en las que el uso de agua produce pérdidas con relación a la cantidad inicial suministrada, como, por ejemplo los consumos urbanos e industriales. Y por último, asimismo se contabiliza todo aquel volumen de agua que forma parte del producto final como productos de cosmética o de limpieza. También

se debe contabilizar aquella agua que va directa al mar. En general, el consumo de agua se asocia a aquel volumen de agua que, de ser nuevamente útil, lo será a muy largo plazo.

### **Demanda de agua**

En inglés: Water demand

Unidad: km<sup>3</sup>/año, o 10<sup>9</sup> \* m<sup>3</sup>/año, o m<sup>3</sup>/persona y año, o litros /persona y día

Definición: La demanda de agua es el volumen de agua necesaria para diversos usos durante un periodo de tiempo determinado (normalmente un año), condicionado por factores económicos, sociales y ambientales. Su significado es muy asimilable al término “requerimiento de agua”.

### **Extracción de agua**

En inglés: Water withdrawal

Unidad: km<sup>3</sup>/año, o 10<sup>9</sup> \* m<sup>3</sup>/año, o m<sup>3</sup>/persona y año o litros /persona y día o

% de un sector (100% = % sector agrícola + % sector doméstico + % sector industrial)

Definición: La extracción de agua es el volumen de agua extraída de cualquier fuente, ya sea permanentemente o de forma temporal para los diferentes usos de la actividad humana. Su significado es el mismo que “abstracción de agua” pero mucho más utilizado.

### **Necesidad de agua**

En inglés: Water need

Unidad: km<sup>3</sup>/año, o 10<sup>9</sup> \* m<sup>3</sup>/año, o m<sup>3</sup>/persona y año, o l/persona y día o m<sup>3</sup>/ha y año

Definición: La necesidad de agua es el volumen de agua necesario para garantizar las demandas conocidas o estimadas para un periodo dado (normalmente un año) como por ejemplo, el volumen de agua por unidad de superficie requerida por los cultivos para su desarrollo normal, en condiciones habituales durante un año, o el volumen mínimo que demanda un ser humano para una vida digna.

### **Requerimiento de agua**

En inglés: Water requirement

Unidad: km<sup>3</sup>/año, o 10<sup>9</sup> \* m<sup>3</sup>/año, o m<sup>3</sup>/persona y año, o l/persona y día, o m<sup>3</sup>/ha y año

Definición: El requerimiento de agua es el volumen de agua necesario para diversos usos durante un periodo de tiempo determinado (normalmente un año), condicionado por factores económicos, sociales y ambientales. Su significado es muy asimilable al de “demanda de agua”. La palabra “requerimiento” es poco utilizada en castellano, en muchas ocasiones se traduce la palabra inglesa “requeriment” por “demanda” y va ligada al volumen necesario para una hectárea de cultivo.

#### **Suministro de agua**

En inglés: Water supply

Unidad: km<sup>3</sup>/año, o 10<sup>9</sup> \* m<sup>3</sup>/año, o m<sup>3</sup>/persona y año, o litros /persona y día

Definición: El suministro de agua es la actividad para cubrir la demanda de agua de una actividad humana en un periodo de tiempo determinado (normalmente un año). En este caso, a diferencia del abastecimiento, va ligado mayoritariamente al sector empresarial, industrial o agrícola. Para llegar a su destino en muchas ocasiones se utilizan otros medios que no son la red de distribución, como por ejemplo canales. Es un concepto muy similar a “abastecimiento” o “aprovisionamiento”.

#### **Uso del agua**

En inglés: Water use

Unidad: km<sup>3</sup>/año, o 10<sup>9</sup> \* m<sup>3</sup>/año, o m<sup>3</sup>/persona y año, o litros /persona y día, o % de un sector (100% = % sector agrícola + % sector doméstico + % sector industrial)

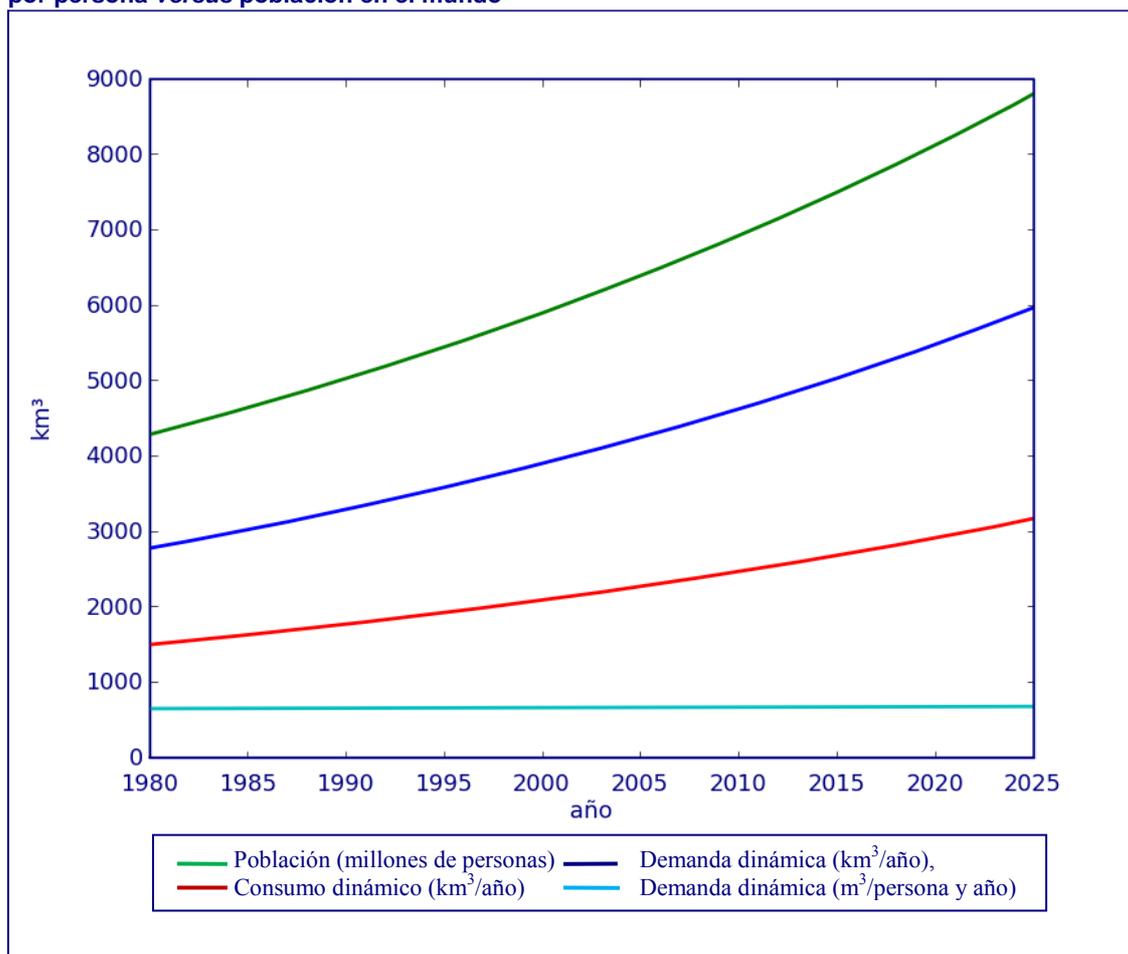
Definición: El uso del agua se refiere a aquella agua que se pone al servicio del ser humano. Es un término ambiguo; nosotros lo utilizaremos para marcar el destino sectorial del agua, por tanto el uso agrícola se refiere al agua que por demanda dinámica o consumo se asocia al sector agrícola. Esta apreciación es aplicable a los sectores doméstico e industrial.

#### **4.3.6.2.4. Las tendencias de la demanda dinámica y el consumo dinámico de agua dulce en el mundo**

Analizar las tendencias de la demanda dinámica y el consumo dinámico en el mundo, nos ayudará a tener mayor comprensión sobre estos términos. Como podemos apreciar en la figura 14, “Las tendencias de la demanda dinámica, el consumo dinámico y la demanda dinámica por persona *versus* población en el mundo”, todas las tendencias son crecientes.

Lo que primero nos llama la atención al observar de la figura 14 es cómo se asemejan las curvas de la población (millones de personas), de la demanda dinámica (en  $\text{km}^3/\text{año}$ ) y del consumo (en  $\text{km}^3/\text{año}$ ) a una tendencia exponencial. De hecho, las Naciones Unidas para calcular la tasa de crecimiento de la población, toman la tasa exponencial media de la población durante un periodo determinado.

**Figura 14. Las tendencias de la demanda dinámica, el consumo dinámico y la demanda dinámica por persona versus población en el mundo**



Fuente: Shiklomanov, 1999 y ONU, 1995, en Shiklomanov, 1999 (pronóstico a partir de 1995).

En este orden de cosas, los científicos Margat y Andréassian en la obra “Idées reçues sur l’eau” exponen que, por un lado, “El crecimiento de demanda de agua es exponencial” (Margat y Andréassian, 2008). En cambio, las tendencias de la demanda dinámica ( $\text{m}^3/\text{persona y año}$ ) se asemejan a un comportamiento de crecimiento lineal.

A partir de la base de datos de Shiklomanov, de 1999, calculamos los incrementos surgidos durante los periodos de los años 1950-2025 por un lado, y 1950-2000, por otro.

Tal como observamos en la tabla 12, “Incrementos de población, demanda dinámica, consumo dinámico y demanda dinámica por persona”, los diferentes incrementos entre los periodos de los años 1950→2000 y 1950→2025 de la población (en millones de personas), de la demanda dinámica (en km<sup>3</sup>/año) y el consumo dinámico (en km<sup>3</sup>/año) es bastante preocupante, en el sentido de que es imposible crecer de esta manera de forma indefinida. Y, en cambio, constatamos que la demanda dinámica (en m<sup>3</sup>/por persona y año) no parece tener grandes alteraciones a lo largo del tiempo, ya que se mantiene prácticamente constante desde 1950 hasta el pronóstico del año 2025. Seguramente la lectura que podemos hacer de esta demanda es que se están incrementando los desequilibrios de demandas entre países con un desarrollo alto y medio y los que tienen un nivel bajo de desarrollo.

**Tabla 12. Incrementos de población, demanda dinámica, consumo dinámico y demanda dinámica por persona**

	Población	Demanda dinámica	Consumo dinámico	Demanda dinámica por persona
1950→2000	2,43	2,88	2,84	1,18
1950→2025	3,10	3,78	3,60	1,22

Fuente: datos calculados a partir de Shiklomanov, 1999.

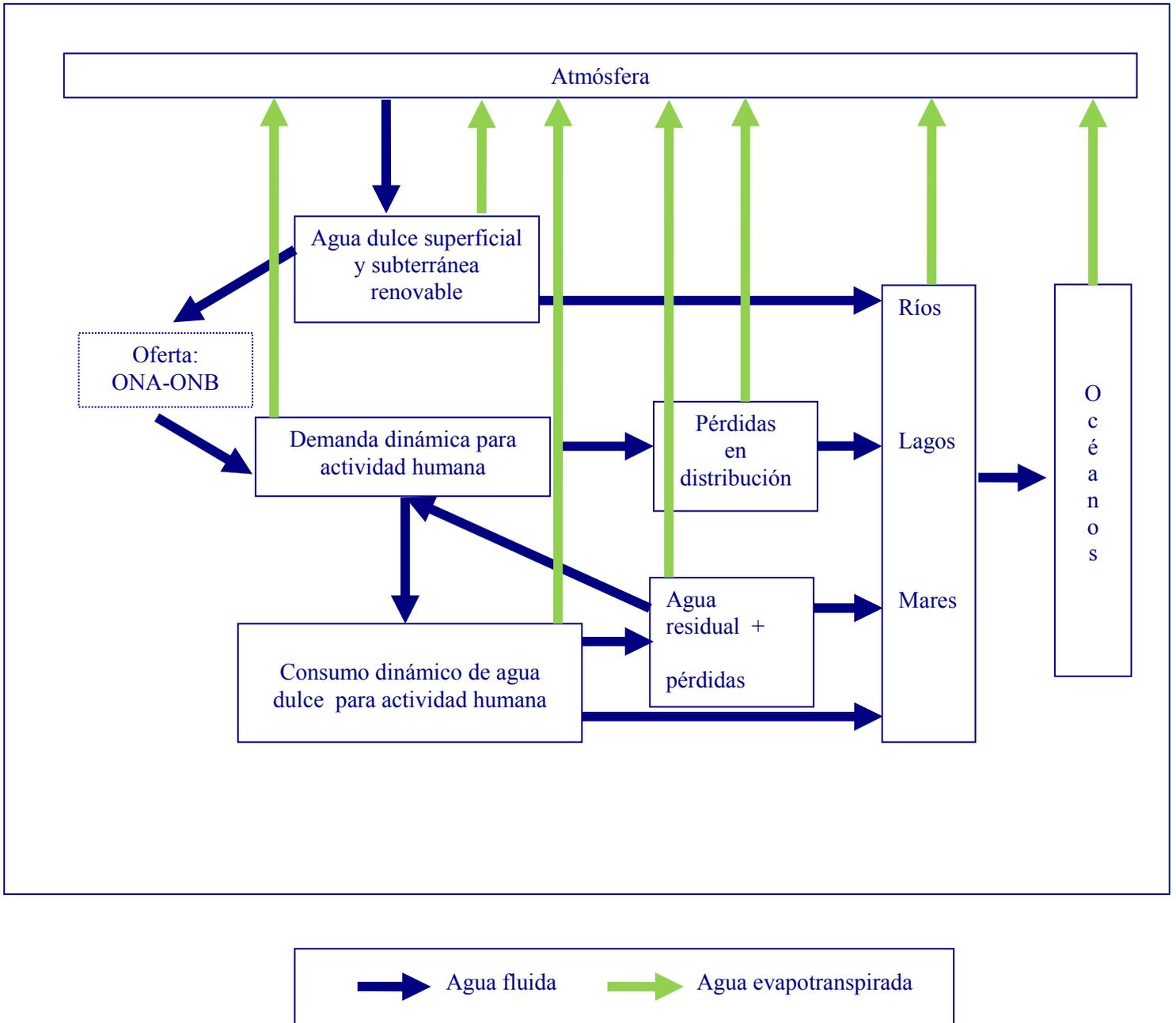
#### 4.3.7. Una visión conjunta de la oferta y la demanda dinámica/consumo dinámico

Si recapitulamos de lo expuesto en este apartado 4.3., “La función oferta-demanda dinámica de la escasez de agua dulce”, en un lado de la función tenemos la oferta con sus dos niveles (alto y bajo), los cuales representan los límites de agua dulce renovable que podemos extraer. En el otro lado de la función tenemos la demanda dinámica que se identifica con el volumen extraído año tras año para los usos de la actividad humana de los sectores agrícola, doméstico e industrial. Recordemos que el consumo dinámico es aquella parte del volumen de agua extraída (demanda dinámica) que no se incorpora a corto plazo a su fuente original, ya que se evapora, se queda en los cuerpos vegetales y animales o se pierde de forma indefinida.

En la figura 15, “La oferta, la demanda dinámica y el consumo dinámico dentro del ciclo del agua”, podemos visualizar cómo se ubica la oferta, la demanda dinámica y el consumo dinámico. En dicha figura podemos distinguir el circuito del agua fluida y el circuito de agua evapotranspirada.

Retomando la tabla 8, “Los niveles de posicionamiento de la actividad humana frente a las opciones de la oferta y la demanda”, nosotros nos situamos en 4.º y 5.º nivel de integración, tal como muestra la tabla 13, “La oferta (ONA-ONB), la demanda dinámica y el consumo dinámico en los niveles de posicionamiento de la actividad humana”.

Figura 15. La oferta, la demanda dinámica y el consumo dinámico dentro del ciclo del agua



**Tabla 13. La oferta (ONA-ONB), la demanda dinámica y el consumo dinámico en los niveles de posicionamiento de la actividad humana**

Nivel	Oferta	Demanda
4.º	Agua dulce útil convencional disponible  Oferta Nivel alto Oferta Nivel bajo	Extracción/necesidad de agua dulce convencional para la actividad humana  Demanda dinámica
5.º	Extracción/necesidad de agua dulce convencional para la actividad humana  Demanda dinámica	Consumo de agua dulce para la actividad humana  Consumo dinámico

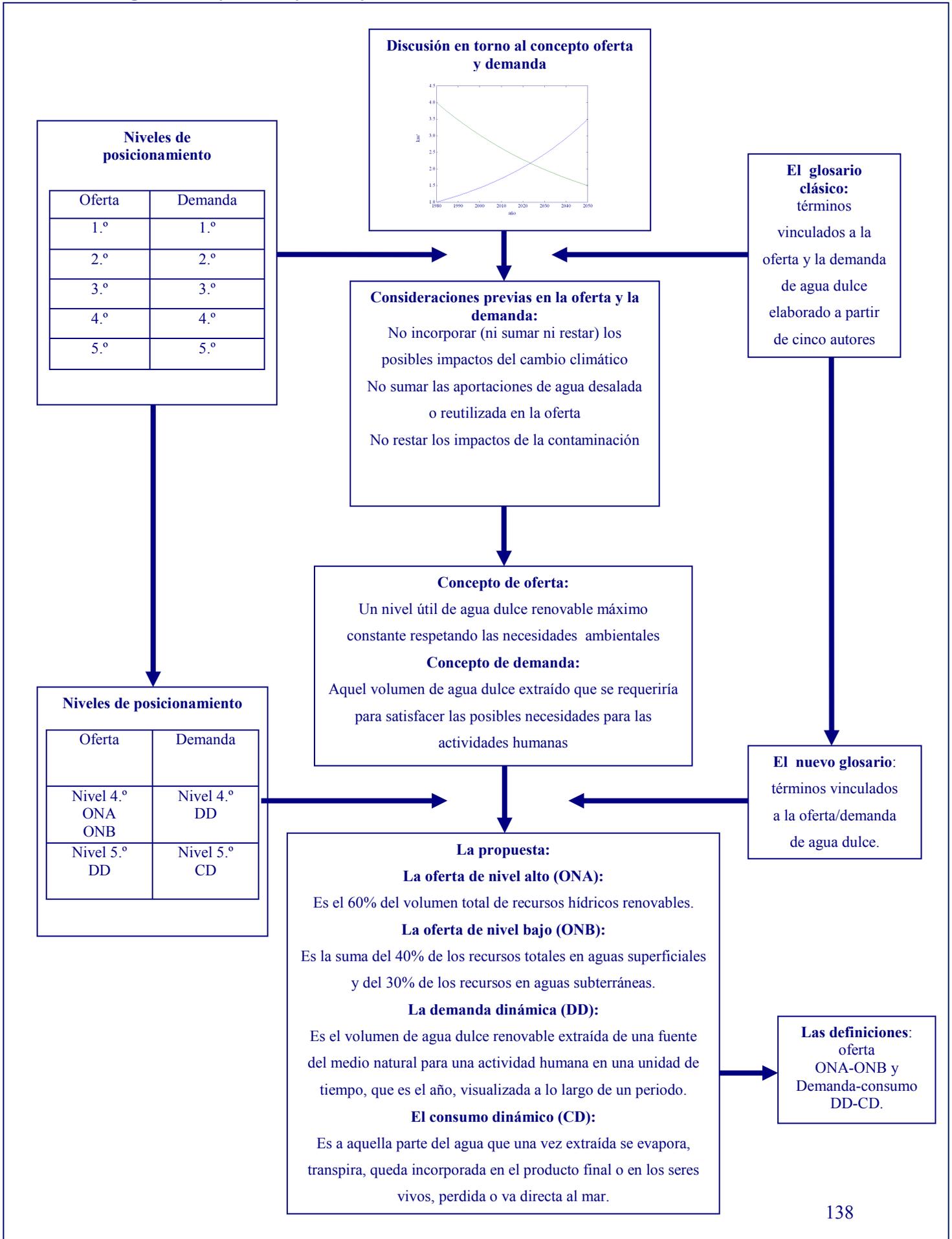
#### 4.3.8. Resumen: las aportaciones conceptuales y la propuesta

Para mejor comprensión de este apartado 4.3., “La función oferta-demanda dinámica de la escasez de agua dulce”, hemos realizado un resumen esquemático del proceso por etapas hasta llegar a las definiciones de los dos niveles de oferta (oferta de nivel alto y oferta de nivel bajo) y demanda dinámica/consumo dinámico.

En la figura 16 “Esquema del proceso para definir oferta-demanda dinámica”, podemos apreciar cuáles son las etapas para llegar a la definición de los nuevos conceptos de oferta y demanda. En la parte lateral derecha queda reflejada la evolución del glosario (del clásico al nuevo) con las nuevas aportaciones conceptuales de la demanda.

En la parte lateral izquierda se puede constatar cómo quedan integrados los términos nuestra propuesta la oferta de nivel alto y oferta de nivel bajo y demanda dinámica/consumo dinámico dentro de los niveles de interrelación definidos en el apartado 4.3.3., “Los niveles de posicionamiento de la actividad humana frente a las opciones de la oferta y la demanda”.

Figura 16. Esquema del proceso para definir oferta-demanda dinámica



## **4.4. La generación de escenarios de futuro**

### **4.4.1. Introducción**

Antes de establecer el marco para generar los escenarios de futuro empieza hay que entender el pasado, evaluar el presente y mirar hacia diferentes alternativas de futuro. Este sistema de visualizar diferentes escenarios desempeña un papel de consultor y requiere del ser humano para representar los aspectos subjetivos, cualitativos y políticos del tema de estudio, y la combinación con los datos, procedimientos y modelos conocidos.

Para este apartado, consideramos los antecedentes y los conocimientos de los trabajos de investigación desarrollados sobre esta temática en la Cátedra UNESCO de Sostenibilidad como punto de partida. Por lo tanto hemos prestado especial interés a los capítulos referentes a la elaboración de la metodología de generación de escenarios de futuro de las cuatro tesis doctorales leídas a lo largo de los últimos once años: J. Xercavins en 1999, J.J. de Felipe en el 2004, C.M. Welch en el 2005 y B. Sureda en el 2007. Trabajaremos siguiendo una línea de continuidad y avance en el desarrollo metodológico de creación de escenarios de futuro.

### **4.4.2. Conceptos básicos: sistemas y modelos**

No podemos empezar a hablar de la metodología de la generación de escenarios de futuro sin tener en cuenta ciertos conceptos básicos, como los sistemas y los modelos. Todos estos conceptos bien encadenados nos van a permitir elaborar representaciones en las que podremos visualizar posibles realidades futuras.

El biólogo Ludwig von Bertalanffy a mediados del siglo XX definió sistema como un conjunto de elementos que interaccionan entre sí de manera conjunta y con su entorno, y que, aunque se puede dividir en partes, adquiere identidad en la medida en que dichas partes se integran en la totalidad. Esta definición se desprende de la propuesta que el científico hizo sobre la teoría general de los sistemas, que aparece como una teoría de teorías, la cual parte del más abstracto sistema para buscar reglas generales, que son aplicables a los diferentes niveles.

La modelización es la aplicación de expresiones matemáticas y lógicas que definen las relaciones cuantitativas existentes entre las variables de salida y las variables de entrada de un determinado problema para conseguir un modelo. También podemos definir modelización como una técnica cognitiva que consiste en la generación de una representación, o modelo científico ideal de un objeto real o de un fenómeno, mediante un conjunto de simplificaciones y

abstracciones cuya validez se pretende constatar. La validación del modelo se lleva a cabo comparando las implicaciones predichas por el mismo con observaciones. Cuando se emplean técnicas de cálculo numérico con ayuda de un ordenador para la validación del modelo, esta técnica también se llama simulación numérica. La modelización necesariamente conlleva una simplificación del problema que debe resolverse. Desde el punto de vista de la modelización, podemos definir el sistema como un conjunto de elementos vinculados entre sí por diversas relaciones que se establecen entre ellos.

Según el profesor premio Nobel de Física, Murray Gell-Mann, un modelo es una estructura conceptual que utiliza el ser humano para dar sentido, de manera simplificada, a un conjunto de datos que nos llegan de forma no ordenada. Por lo tanto, el concepto de modelo debe entenderse como una representación, necesariamente simplificada, de un fenómeno o proceso y, en general, de un sistema.

Para crear un modelo es necesario plantear una serie de hipótesis, de manera que lo que se quiera representar esté suficientemente plasmado en la idealización y, a posteriori, implementar la metodología para validar dichas hipótesis iniciales, que puede ser compleja o sencilla dependiendo según se quiera justificar dicho modelo.

#### **4.4.3. El sistema humanidad-naturaleza: la incertidumbre; los escenarios de futuro y el paradigma de búsqueda de objetivos (*goal seeking paradigm*)**

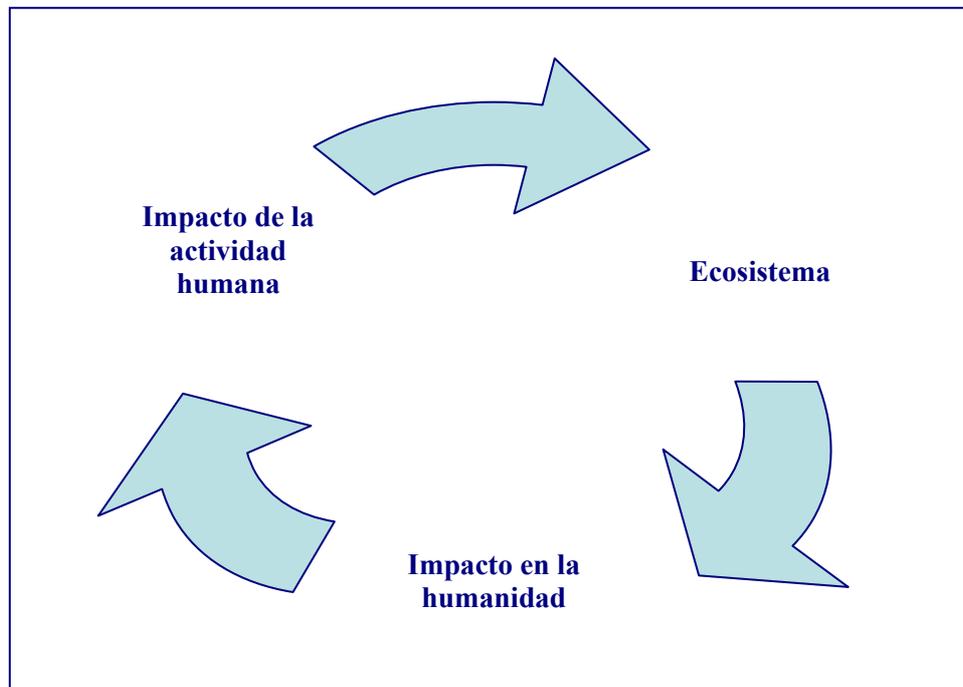
Los cambios ambientales del planeta son consecuencia principalmente de la actividad humana. Estos cambios son cada vez más preocupantes, ya que los recursos van disminuyendo y la población aumentando, situación se ve potenciada por el aumento del consumo y la falta de gestión de la demanda.

Tal como se aprecia en la figura 17, “Interacción entre humanidad y naturaleza”, los factores influyen de la siguiente manera: en primer lugar la actividad humana afecta al planeta, a continuación los impactos de los cambios ambientales causan unos efectos en los seres humanos, y estos últimos inciden sobre la actividad humana que reincide, según objetivos (activos o reactivos), sobre el ecosistema. En nuestro caso, hablaríamos del ser humano y el agua o del agua y el ser humano.

La cuestión es cómo modelizar la interacción entre humanidad y naturaleza. Para ello, los modelos clásicos deterministas no nos sirven, ya que no son capaces de predecir una posible visión futura del comportamiento humano en interacción con el ecosistema. El futuro no es el

resultado determinista del pasado; no se puede predecir; pero, aunque el futuro es incierto, podemos prever diferentes posibles escenarios de futuro, como el de la representación de diferentes objetivos a través de la realización de los consiguientes escenarios de futuro que dibujarían.

**Figura 17. Interacción entre humanidad y naturaleza**



Ante la incertidumbre sobre el futuro de la interacción de la humanidad y la naturaleza, sí que sabemos que, usualmente, el ser humano evoluciona proponiéndose objetivos de futuro, ante los resultados observados, característica generalizada del mundo biológico.

Asumiendo nosotros el rol ficticio de ser humano, es legítimo plantearnos cuáles son los objetivos que creemos que puede o debe plantearse dicho ser humano y construir los escenarios de futuro correspondientes para analizar, precisamente, las posibilidades, los problemas y, las consecuencias de tales caminos u objetivos.

Por supuesto, no se trata de predecir el futuro, sino de analizar las características de posibles futuros distintos (resultado de distintos objetivos) como método para analizar los efectos y las posibilidades de las políticas que se deberían aplicar para alcanzarlas.

Ello se traduce en este trabajo, fundamentalmente en la definición y aplicación de estándares de demanda de agua dulce ligados a unos niveles aceptables de bienestar y calidad de vida, a partir de los cuales se debe analizar, mediante la construcción y análisis de los escenarios

correspondientes, las posibilidades y debilidades reales de los países estudio de caso en relación con la escasez de agua dulce.

#### **4.4.4. Sistema humanidad-naturaleza: el sistema multinivel**

Un sistema complejo, por definición, puede ser considerado como un sistema formado al menos por dos niveles: el nivel de subsistemas y el nivel de todo el sistema. Un sistema jerárquico que tiene dos o más niveles puede ser legítimamente considerado complejo. Un ejemplo de representación de un sistema es el ser humano, los órganos como sus subsistemas y todo el cuerpo, como el sistema. Un sistema jerárquico es una manera pues, de representar un sistema complejo (Xercavins, 1999).

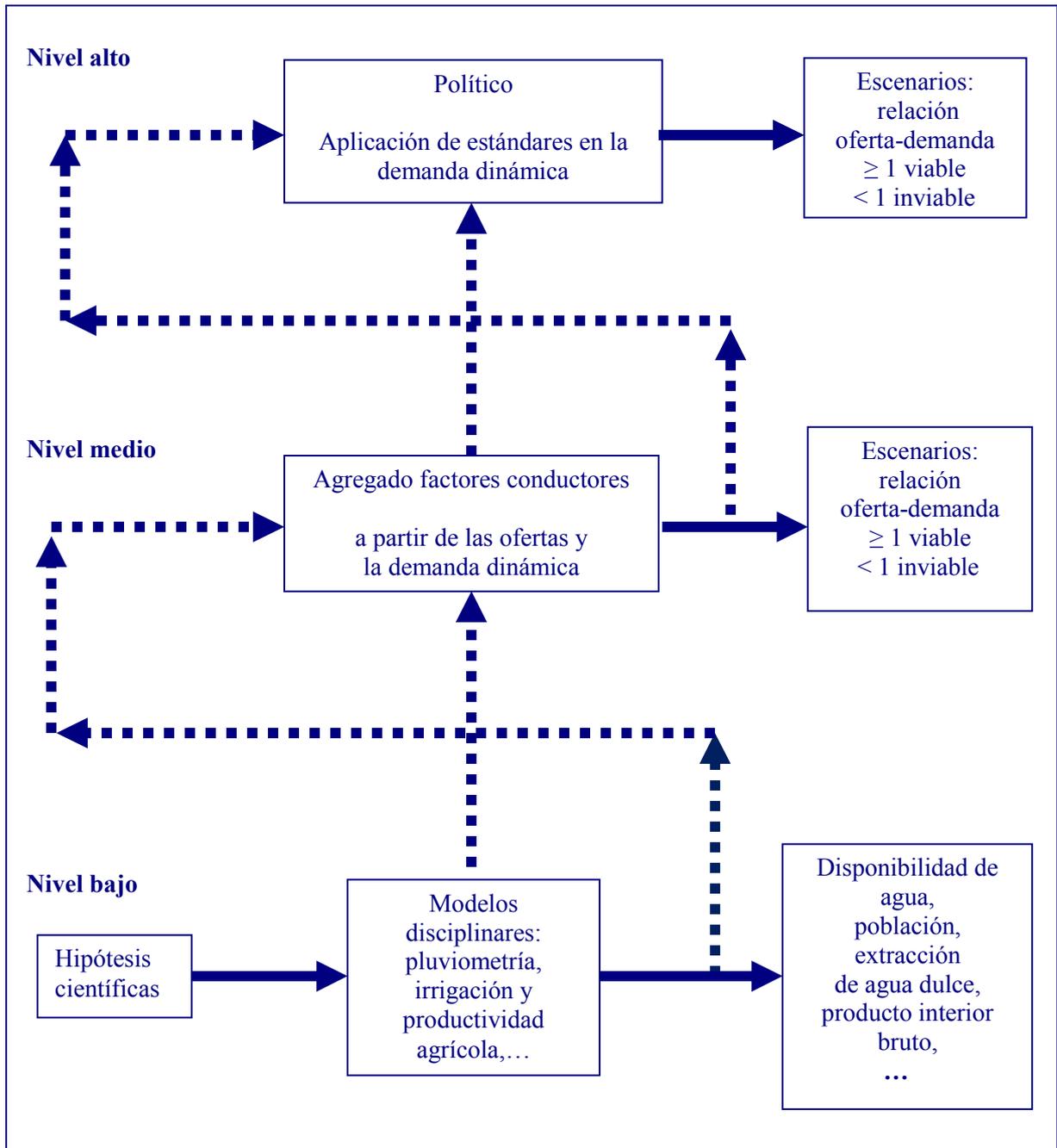
Tal como muestra la figura 18, “Sistema básico multinivel aplicado a la valoración dinámica de la escasez de agua dulce”, en nuestro caso el sistema se estructura en los niveles que presentamos a continuación.

El nivel bajo estaría formado por un conjunto de modelos disciplinares: económicos, físicos, biológicos, etc., que bajo hipótesis científicas contrastadas, nos dan como resultado una serie de variables o indicadores, y sus valoraciones temporales correspondientes de las diferentes disciplinas. Un ejemplo de ello son los modelos de pluviometría, otro podría ser la irrigación y su productividad agrícola. De entrada, los resultados de los modelos de bajo nivel servirían para el nivel medio. Nosotros utilizaremos indirectamente los resultados de los modelos de bajo nivel pero no trabajaremos con ellos (de Felipe, 2004).

En nuestro caso, en el nivel medio tendríamos las dos categorías: la oferta de los dos niveles de agua dulce por un lado (no hay que confundir los niveles de oferta con los niveles del sistema) y, por el otro lado, la demanda dinámica de agua dulce. Dentro de cada grupo se establecen, o no, diferentes agrupaciones de los factores conductores y se analiza qué sucede con los diferentes agregados. Los resultados se utilizarán en el nivel alto.

En el nivel alto se trabajan las grandes opciones políticas. En nuestro caso, consistiría en aplicar los objetivos políticos relacionados con los estándares objetivos en la demanda dinámica de agua dulce en un escenario de futuro.

Figura 18. Sistema básico multinivel aplicado a la valoración dinámica de la escasez de agua dulce



#### 4.4.5. Realización de escenarios de futuro

La escala de actuación de nuestro trabajo es la correspondiente a los niveles medio y alto especificados en el apartado anterior. En estos niveles, las variables que describen nuestra fenomenología son de tipo macroeconómico; nos vienen dadas en todas las bases de datos estadísticas internacionales como agregados anuales y su evolución es representable y representada por tasas de variación anual.

En este contexto si se trata por ejemplo del producto interior bruto, la tasa de variación anual del PIB (tvPIB (año t)) responde a la definición:

$$\text{tvPIB (año t)} = (\text{PIB (año t)} - \text{PIB (año t-1)}) / \text{PIB (año t-1)}$$

Por lo tanto en un primer estadio metodológico:

$$\text{PIB (año t)} = \text{PIB (año t -1)} + (\text{PIB (año t -1)}) \times (\text{tasa de variación anual del PIB})$$

Por otro lado, la tasa de variación anual del PIB (tvPIB) es igual a la tasa de variación histórica del PIB (tvPIBh) multiplicada por un multiplicador m (tvPIBm) variable para crear escenarios. Sabemos que la incertidumbre está en la tasa de variación del indicador, así que se introduce un multiplicador para manejarse en la misma. Para la realización de escenarios de futuro que, por supuesto, tengan en cuenta las tendencias históricas, haremos uso de la siguiente ecuación definitiva:

$$\text{tvPIB} = (\text{tvPIBh}) \times (\text{tvPIBm})$$

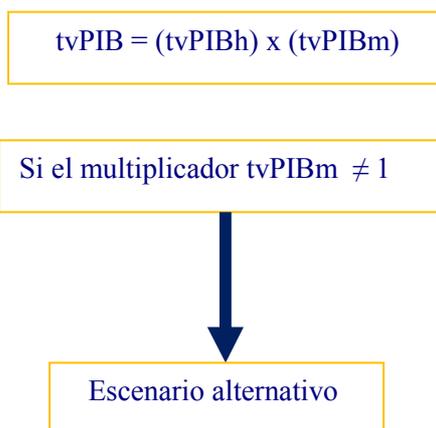
Si el multiplicador tvPIBm = 1

$$\text{tvPIB} = \text{tvPIBh}$$

BaU

Nos encontramos en un escenario BaU (*business as usual*), que es el escenario de futuro que obtendríamos si la tendencia futura fuera la misma que la del pasado proyectada en dicho futuro. Es un escenario de tendencia continuista en el que no se aplica ninguna política.

En un segundo estadio metodológico:



El multiplicador  $tvPIBm \neq 1$  implica un escenario alternativo que vendrá marcado por la decisión política que queramos tomar. En este multiplicador es donde nosotros intervenimos en función de nuestro conocimiento sobre el comportamiento humano y los diferentes objetivos de futuro. En nuestro caso, el multiplicador corresponderá a la aplicación de los estándares deseados en la demanda dinámica de agua dulce ligados al bienestar de agua dulce, lo que nos va a permitir visualizar, analizar y valorar los consecuentes y diferentes escenarios de futuro en relación con su escasez de agua dulce.

#### 4.4.6. Nuestras herramientas de apoyo: PySight

El PySight es un programa que utilizamos para elaborar los escenarios de futuro. El PySight es nuestra herramienta de base para realizar los modelos necesarios que nos van a permitir elaborar dichos escenarios de futuro para implementar la metodología de valoración de oferta y demanda dinámica sobre la escasez de agua dulce.

El PySight sin dejar de ser sencillo tiene como paquete muchísimas alternativas. Como se fundamentase en componentes libres, PySight está basado en el lenguaje Python, ideado por el empleado de Google, Guido van Rossum en el año 1991. Al disponer este lenguaje de extensas librerías para cualquier cometido, el programador se puede centrar en solucionar el problema que se le plantea sin tener que preocuparse de detalles accesorios y puede mantener su código reducido y claro. Concretamente, PySight utiliza wxWidgets y Matplotlib. Éste es el motivo por el que PySight consiste en un único fichero de tan solo unos 50 Kb.

Aunque el programa ha sido creado especialmente para este trabajo, existe la intención de distribuirlo como código libre para que los investigadores dispongan de una herramienta abierta para construir escenarios de futuro.

Así pues, la principal característica del programa es el editor de escenarios; donde se distinguen las ecuaciones que implementamos y el escenario que queremos elaborar. Los escenarios tienen su propio editor, donde podemos modificar el valor de las variables, facilitar por interpolación o por extrapolación los datos, comparar variables y escenarios y manejar los ficheros de forma muy sencilla. En cambio, las ecuaciones deben programarse en lenguaje Python siguiendo unas pautas muy sencillas:

Etapa 1: encontrar las ecuaciones necesarias que representen nuestra aproximación a la fenomenología.

Etapa 2: identificar el tipo de variable considerando que las variables se clasifican en tres categorías:

In: variable de entrada que tiene un valor específico por año.

Out: variable de salida que tan sólo tiene un valor en el tiempo inicial.

Auxiliary: variable auxiliar que no necesita inicializarse, sino que se calcula mediante el modelo de valores de otras variables.

Etapa 3: todas las variables que utilizamos están en función del tiempo, siendo en nuestro caso el año nuestra unidad temporal; periodo de tiempo en el que se calculan o estiman, las macrovariables del sistema hombre-naturaleza (población, PIB, oferta de agua dulce, demanda de agua dulce...).

Etapa 4: definir por defecto el escenario que más nos conviene.

En nuestro caso, nuestro programador Jordi Sellares, profesor del Departamento de Física e Ingeniería Nuclear de la Universidad Politécnica de Catalunya, partió de una herramienta inicial que ha ido evolucionando a lo largo del estudio, al incorporar nuevas aportaciones según las necesidades que nos íbamos encontrando a medida que avanzábamos en las distintas etapas de nuestra metodología. De manera que el programa ha ido mejorando y está abierto a nuevas ideas para adaptar el producto a futuras necesidades.

Al final de este estudio en el anexo B, “El programa PySight”, queda recogido dicho programa.

## **4.5. El proceso metodológico: las etapas a través del ejemplo de Costa de Marfil**

### **4.5.1. Introducción y etapa 0**

Nuestra metodología de análisis dinámica en el tiempo debe permitir revalorar la problemática de la escasez de agua dulce en función de las dos ofertas (oferta de nivel alto y oferta de nivel bajo) y de la demanda dinámica. Esta metodología estará basada en las dos conceptualizaciones ya expuestas en los apartados 4.4.3., “Sistema humanidad-naturaleza: la incertidumbre; los escenarios de futuro y el paradigma de búsqueda de objetivos (*goal seeking paradigm*)”, y 4.4.4., “Sistema humanidad-naturaleza: el sistema multinivel”.

Las herramientas disponibles del determinismo clásico no nos son útiles para pronosticar y prevenir el futuro; la posición de incertidumbre nos obliga finalmente a trabajar en la elaboración de escenarios de futuro en nuestra opción metodológica según el análisis de los escenarios para alcanzar uno u otro objetivo, en comparación con el que sería el escenario *business as usual* (el que proyecta en el futuro las tendencias pasadas y presentes).

Trabajaremos en el nivel medio, tal como hemos analizado en el “Sistema básico multinivel aplicando la valoración de la demanda dinámica del agua dulce”, formando los agregados en la demanda dinámica frente a la oferta. Sobre la base de los resultados obtenidos en este nivel medio, trabajaremos en el nivel alto, donde queremos alcanzar la propuesta más interesante aplicando los estándares de bienestar en agua dulce en el balance entre la oferta y la demanda de agua dulce.

El país de nuestra región escogido a título de ejemplo para visualizar mejor el proceso metodológico de las etapas es Costa de Marfil. La justificación de esta elección es su posición, justo en medio de la lista de los nueve países componentes de nuestra región clasificados según el agua total renovable en metros cúbicos por persona y año, tal como muestra la tabla 7, “Las características del agua como recurso en los países de nuestra región”, en el apartado 4.2.2.3., “El agua dulce como recurso”.

A continuación describimos los estadios o las etapas de la propuesta metodológica para valorar la escasez de agua dulce.

La etapa 0 es la justificación de por qué hemos establecido esta propuesta metodológica para evaluar de forma dinámica la escasez de agua dulce.

En primer lugar, los sistemas humanos se mueven en primer lugar habitualmente por objetivos, y estos objetivos deben visualizarse en un futuro relativamente próximo. Y, en segundo lugar, los sistemas humanos deben construir los procesos para conseguir los objetivos. La variación en el tiempo tanto del grado de alcance de los objetivos como de sus impactos realimenta dinámicamente el proceso.

En nuestro caso, la manera para valorar la escasez de agua dulce, sería marcarnos un objetivo de bienestar en agua dulce establecido por un estándar y determinar la posibilidad de alcanzarlo o no. El primer punto de interés a abordar en este objetivo es qué entendemos por bienestar en agua dulce.

En consecuencia, antes de adentrarnos en las diferentes etapas, nos detendremos un momento a reflexionar sobre el significado de *bienestar*. Entenderemos por bienestar (social) el conjunto de factores que participan en la calidad de la vida de la persona y que hacen que su existencia posea todos aquellos elementos que dan lugar a la tranquilidad y satisfacción humana. El bienestar social es una condición no observable directamente, sino que se comprende a partir de formulaciones y se puede comparar de un tiempo o un espacio a otro. Aún así, el bienestar posee una importante carga de subjetividad propia al individuo; sin embargo, también aparece muchas veces relacionado con algunos factores económicos objetivos.

El bienestar del ser humano puede comenzar a partir del momento en que éste no padece necesidades básicas de alimentación y de bebida, puesto que, si un ser humano tiene como objetivo vital diario conseguir con sufrimiento agua dulce y sufre por su supervivencia y la de su familia, dicha persona tiene muy pocas opciones de plantearse vivir en un bienestar.

Otra dificultad añadida es cómo cuantificamos el bienestar en agua dulce, pues estamos hablando de un recurso líquido. A pesar de que podemos saber los mínimos vitales requeridos en agua dulce por ser humano (desde el punto de vista de cualquier mamífero), lo que no sabemos es hasta dónde pueden llegar las necesidades en agua dulce de una persona para sentirse satisfecha y gozar así del bienestar buscado.

Indudablemente, si tuviésemos establecido un estándar de bienestar en agua dulce, éste sería de gran utilidad para aplicarlo al modelo político y, así, poder elaborar los diferentes escenarios para valorar la escasez de agua en un país. Sin embargo, este estándar no existe y, por lo tanto, para lograr nuestro objetivo deberemos establecerlo como un nuevo planteamiento, un nuevo

paso, dentro de nuestra metodología, a la que incorporaremos una alternativa de estándares que se presenta dentro de las etapas que se describen a continuación.

Una vez definidos estos estándares podemos, después de la etapa de la elaboración *business as usual*, construir los escenarios que corresponden al alcance de estos estándares a modo de búsqueda de objetivos.

#### **4.5.2. Etapa 1: los escenarios oferta-demanda dinámica *business as usual* (BaU)**

##### **4.5.2.1. Introducción**

En esta etapa, elaboramos y analizamos tendencias de futuro, sin aplicar ninguna decisión política, tan sólo teniendo en cuenta todas las consideraciones pasadas y las más cercanas al presente en un marco conceptual adecuado. Tenemos el juego de escenarios *business as usual*. En nuestra función de oferta-demanda dinámica, primero determinaremos la oferta basada en los dos niveles de todos los países componentes de nuestra región, tal como explicábamos en el apartado 4.3.6.1.1., “Los dos niveles de oferta de agua dulce renovable”.

En segundo lugar, dibujaremos la curva de la demanda formada por la suma de los valores de los puntos que forman las diferentes curvas de los sectores agrícola, doméstico e industrial. La elaboración de la curva del consumo dinámico sigue las mismas pautas que la demanda dinámica aplicando una ratio en relación con la demanda. El consumo dinámico es una parte de la demanda dinámica y, por lo tanto, hablamos de demanda dinámica, de forma implícita también nos referimos al consumo dinámico. Esto no significa que en ocasiones le dediquemos una atención justificada.

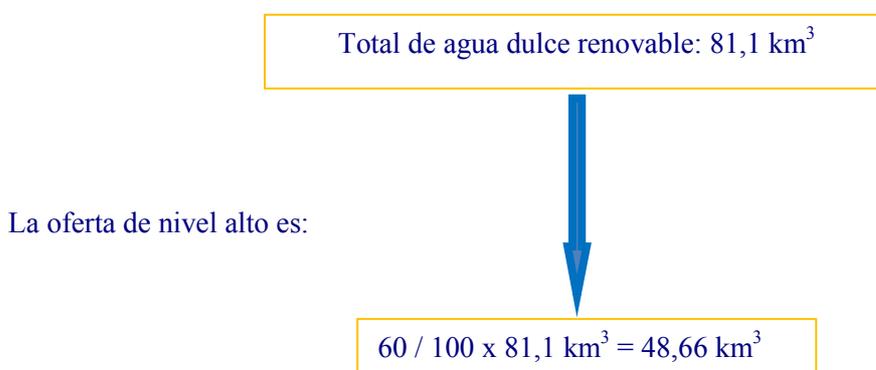
Y, finalmente, elaboraremos los escenarios 0 oferta-demanda dinámica *business as usual*, a partir de los cuales analizaremos y valoraremos la escasez de agua dulce.

Para poder establecer los diferentes escenarios de nuestro estudio, hemos introducido el concepto de curva oferta *versus* demanda dinámica de agua dulce para un periodo de tiempo que tiene como punto de partida el año 1980, debido a la existencia y la fiabilidad de las bases de datos. Tal como vimos en el apartado 2.5., “Las bases de datos”, en la mayoría de los casos los datos están catalogados por países. Existen como ya sabemos, estudios por cuencas o por otro tipo de zonas, pero, como tónica general, los datos se presentan por países en los informes de mayor relevancia y prestigio a escala mundial, como en el caso de nuestro estudio de los nueve países que integran la región del golfo de Guinea.

#### 4.5.2.2. La determinación de la oferta: la oferta de nivel alto (ONA) y la oferta de nivel bajo (ONB)

Tal como definimos en el apartado 4.3.6.1.1., “Los dos niveles de oferta de agua renovable”, la oferta de nivel alto equivale al 60% del volumen total de agua dulce renovable. En lo referente a la segunda, el volumen de la oferta de nivel bajo resulta de la suma del 40% de los recursos totales en aguas superficiales más el 30% de los recursos totales en aguas subterráneas. Para determinar los volúmenes de dichos niveles, la base de datos utilizada es AQUASTAT (AQUASTAT, 2009a).

En el caso de Costa de Marfil:



Tal como se puede apreciar en la tabla 14, “la oferta de nivel alto y la oferta de nivel bajo de los países de nuestra región”, los volúmenes de la oferta de nivel alto van desde el mínimo de 8,82 km<sup>3</sup> de Togo y hasta el máximo de oferta de 171, 6 km<sup>3</sup> de Nigeria.

En lo referente a la oferta de nivel bajo, al diferenciar el volumen procedente de las aguas superficiales del procedente de las aguas subterráneas, se debe poner en consideración el volumen que proviene de la interacción que existe entre ambos tipos de aguas. Este solapamiento es aquella parte de agua común tanto al agua superficial como al agua subterránea.

En Costa de Marfil tenemos los siguientes datos:

Agua superficial: 78,3 km<sup>3</sup>  
Agua subterránea: 37,8 km<sup>3</sup>  
Agua de solapamiento: 35 km<sup>3</sup>

Aplicando el criterio de:

40% de los recursos totales en aguas superficiales  
30% de los recursos totales en aguas subterráneas

El volumen correspondiente al solapamiento, al no haber más información, lo repartimos en partes iguales entre las aguas superficiales y las subterráneas.

De esta manera, Costa de Marfil tendrá un volumen de oferta de nivel bajo:

Aguas superficiales:  $(78,3 \text{ km}^3 - 35 \text{ km}^3 / 2) \times (40/100) = 24,32 \text{ km}^3$   
Aguas subterráneas:  $(37,80 \text{ km}^3 - 35 \text{ km}^3 / 2) \times (30/100) = 6,09 \text{ km}^3$



Volumen de Oferta de Nivel Bajo:  
 $24,32 \text{ km}^3 + 6,09 \text{ km}^3 = 30,41 \text{ km}^3$

**Tabla 14. La oferta de nivel alto y la oferta de nivel bajo de los países de nuestra región**

	Guinea-Bissau (km <sup>3</sup> )	Guinea (km <sup>3</sup> )	Sierra Leona (km <sup>3</sup> )	Liberia (km <sup>3</sup> )	Costa de Marfil (km <sup>3</sup> )
<b>Total de agua dulce renovable*</b>	31,0	226,0	160,0	232,0	81,1
<b>Superficial*</b>	27,0	226,0	150,0	232,0	78,3
<b>Subterránea*</b>	14,0	38,0	25,0	45,0	37,8
<b>Solapamiento*</b>	10,0	38,0	15,0	45,0	35,0
<b>Oferta de nivel alto</b>	<b>18,60</b>	<b>135,60</b>	<b>96,00</b>	<b>139,20</b>	<b>48,66</b>
<b>Oferta de nivel bajo</b>	<b>11,50</b>	<b>88,50</b>	<b>62,25</b>	<b>90,55</b>	<b>30,41</b>
	Ghana (km <sup>3</sup> )	Togo (km <sup>3</sup> )	Benín (km <sup>3</sup> )	Nigeria (km <sup>3</sup> )	
<b>Total de agua dulce renovable*</b>	3,2	14,7	26,4	286	
<b>Superficial*</b>	51,9	14,0	26,1	279	
<b>Subterránea*</b>	26,3	5,7	1,8	87	
<b>Solapamiento*</b>	25,0	5,0	1,5	80	
<b>Oferta de nivel alto</b>	<b>31,92</b>	<b>8,82</b>	<b>15,84</b>	<b>171,60</b>	
<b>Oferta de nivel bajo</b>	<b>19,90</b>	<b>5,56</b>	<b>10,16</b>	<b>109,70</b>	

Fuente: \* AQUASTAT, 2009a.

En la tabla 14, “La oferta de nivel alto y la oferta de nivel bajo de los países de nuestra región”, se recogen todos los valores de las dos ofertas de los nueve países integrantes de la región del golfo de Guinea.

En lo concerniente a los volúmenes correspondientes a la oferta de nivel bajo, los valores oscilan entre el mínimo de 5,56 km<sup>3</sup> de Togo y el máximo de 109,70 km<sup>3</sup> de Nigeria. También es cierto que las cifras de los distintos volúmenes de los dos niveles nos dan un tipo de información sesgada si no la relacionamos con otra variable como por ejemplo, la población, factor conductor determinante en la demanda dinámica.

Las aguas subterráneas de la región del golfo de Guinea representan más de la cuarta parte del total de los recursos en agua dulce de esta región, con un importante solapamiento entre las aguas superficiales y las aguas subterráneas.

#### **4.5.2.3. La demanda: la elaboración de las curvas de demanda dinámica (DD) y del consumo dinámico (CD). El ejemplo de Costa de Marfil.**

##### **4.5.2.3.1. Introducción**

En el apartado 4.3.6.2.4., “Las tendencias de la demanda dinámica y el consumo dinámico en el mundo”, se exponen en la figura 16, “Las tendencias de la demanda dinámica, el consumo dinámico y la demanda dinámica por persona versus población en el mundo”, las curvas de dicha demanda y dicho consumo, que están dibujadas mediante los valores de la base de datos de Shiklomanov (1999).

En el supuesto de que Shiklomanov u otros autores aportasen los datos necesarios referentes a la extracción de agua dulce en los distintos países de nuestra región, sería relativamente sencillo elaborar las curvas de demanda dinámica así como la establecer de las de consumo dinámico. Sin embargo, ésta no es la circunstancia en la que nos encontramos, por lo que hemos tenido que confeccionar nuestras curvas basándonos en extrapolaciones y correlaciones a partir de los datos disponibles.

Las bases de datos que finalmente hemos utilizado para confeccionar las curvas de la demanda provienen del Banco Mundial, de la División sobre la Población de las Naciones Unidas, de AQUASTAT, de la FAO y de Shiklomanov.

Al definir la demanda dinámica como la suma de las extracciones en volumen de agua dulce de los sectores agrícola, doméstico e industrial, para la elaboración de dicha curva debemos conocer el máximo de extracciones de agua dulce por año a partir de 1980 de los tres sectores. Y, en lo referente al consumo dinámico (parte proporcional de la demanda dinámica), éste será, en consecuencia la suma de los consumos de los tres sectores.

#### 4.5.2.3.2. El sector agrícola

Para construir la curva de demanda dinámica del sector agrícola, acudimos a la base de datos de AQUASTAT. Esta base de datos tan sólo presenta un único dato referente a la extracción de agua dulce en el sector agrícola presente en todos los países de la región del golfo de Guinea correspondiente al año 2000. Por otro lado, en el documento “Compendio de indicadores relativos a la agricultura y la alimentación” encontramos datos de 1979-1981 a 2003 sobre la tierra irrigada, a partir de los cuales podemos establecer una correlación para deducir la extracción de agua dulce de otros años en este periodo de tiempo.

Si, por un lado, conocemos el volumen de agua extraída para regar en el 2000 de Costa de Marfil, que es  $0,6 \text{ km}^3$  (AQUASTAT, 2009) y, el otro, las hectáreas irrigadas que corresponden a 73.000 ha, (FAO, 2006), sabremos el volumen medio necesario para regar una hectárea.

La irrigación en  $\text{m}^3$  de una hectárea es:

$$0,6 \times 10^9 \text{ m}^3 / 73.000 \text{ ha} = 8.219 \text{ m}^3/\text{ha}$$

El valor de  $8.219 \text{ m}^3/\text{ha}$  nos servirá de unidad para calcular las extracciones anuales en volumen de agua dulce de los años que conocemos la superficie irrigada en Costa de Marfil.

Por lo tanto el agua extraída en  $\text{km}^3$  es calculada de la siguiente manera:

$$8.219 (\text{m}^3/\text{ha}) \times \text{superficie irrigada (1000 ha)} \times 10^{-6} = x \text{ km}^3$$

Como podemos comprobar, el hecho de trabajar en la región del golfo de Guinea presenta el inconveniente de no poder disponer de más valores para tener una mejor representatividad al elaborar las curvas. De aquí en adelante nuestras referencias para elaborar las curvas de las demandas dinámicas en el escenario *business as usual* de los diferentes sectores y países serán

los cinco puntos asociados a los años presentados en la tabla 15, “Los valores calculados de la demanda dinámica durante el periodo 1980-2003 en el sector agrícola de Costa de Marfil”.

**Tabla 15. Los valores calculados de la demanda dinámica durante el periodo 1980-2003 en el sector agrícola de Costa de Marfil**

	1979-1981	1989-1991	1999-2001	2002	2003
<b>Superficie irrigada* (1.000 ha)</b>	44	66	73	73	73
<b>Demanda dinámica (km<sup>3</sup>/año)</b>	<b>0,36</b>	<b>0,54</b>	<b>0,60**</b>	<b>0,60</b>	<b>0,60</b>

Fuente: \*FAO, 2006; \*\*AQUASTAT, 2009.

Para elaborar el consumo dinámico, utilizaremos los ratios de consumo en relación con la demanda calculada a partir de la base de datos que el científico Igor A. Shiklomanov establece en el documento “World Water Resources and their Use” (Shiklomanov, 1999) para los países de nuestra región. Tal como se aprecia en la tabla 16, “Los valores calculados del consumo dinámico durante el periodo 1980-2003 en el sector agrícola de Costa de Marfil”, las tendencias del consumo dinámico, al igual que la demanda dinámica, son crecientes. Los ratios consumo/demanda oscilan desde el 0,722 del año 1980 hasta el 0,733 del año 2003.

**Tabla 16. Los valores calculados del consumo dinámico durante el periodo 1980-2003 en el sector agrícola de Costa de Marfil**

	1979-1981	1989-1991	1999-2001	2002	2003
<b>Demanda dinámica (km<sup>3</sup>/año)</b>	0,360	0,540	0,600	0,600	0,600
<b>Ratio<sup>*</sup> = Consumo/extracción</b>	0,722	0,722	0,724	0,732	0,733
<b>Consumo dinámico = DD x Ratio (km<sup>3</sup>/año)</b>	<b>0,260</b>	<b>0,390</b>	<b>0,434</b>	<b>0,439</b>	<b>0,440</b>

Fuente: \* calculados a partir de Shiklomanov, 1999.

#### 4.5.2.3.3. El sector doméstico

Para determinar los valores de la curva de la demanda dinámica en el sector doméstico, al no disponer de los datos deseados, también tomaremos también como referente, al igual que en el sector agrícola, el valor de AQUASTAT del año 2000, que es 0,22 km<sup>3</sup>/año (AQUASTAT, 2009). A partir de esta cifra, calcularemos los m<sup>3</sup>/persona y año, utilizando la base de datos de población presentada por la División sobre Población de las Naciones Unidas (UNPD, 2008).

Por lo tanto, la demanda dinámica en m<sup>3</sup>/persona y año en Costa de Marfil en el año 2000 sería:

$$0,22 \text{ km}^3/\text{año} / 17.281.000 \text{ personas} = 12,73 \text{ m}^3/\text{persona y año}$$

Tomaremos la cifra de 12,73 m<sup>3</sup>/persona y año como referencia de extracción, la multiplicaremos por el número de personas de los años 1980, 1990, 2000, 2002 y 2003, y obtendremos el cálculo previo de la demanda dinámica en km<sup>3</sup>/año.

Tal como se expone en el apartado 2.4.8., “Las correlaciones entre indicadores”, no existe una correlación significativa entre el PIB y el volumen de los recursos internos de agua renovable o el total de recursos de agua de un país; lo mismo sucede para el IDH en relación con los recursos hídricos. Por otro lado, en el apartado 2.4.7.2., “El índice de desarrollo humano (IDH)”, se identifica el PIB como indicador para el estudio del crecimiento económico y, a menudo, como medida de bienestar social. Ello nos conduce a relacionar el PIB con la demanda dinámica de agua dulce.

En consecuencia, hemos buscado la posible correlación entre los valores de la DD doméstica en km<sup>3</sup> de 144 países en el año 2000 a partir de la base de datos de AQUASTAT (AQUASTAT, 2009a) y el PIB en el año 2000 \$ PPA USA datos recogido de un recopilativo de informes del Banco Mundial del año 2008 (Banco Mundial, 2008).

Para valorar la correlación entre estas dos variables, nos ha asesorado el profesor Miquel Ralló, del Departamento de Matemáticas aplicada III de la Universitat Politècnica de Catalunya.

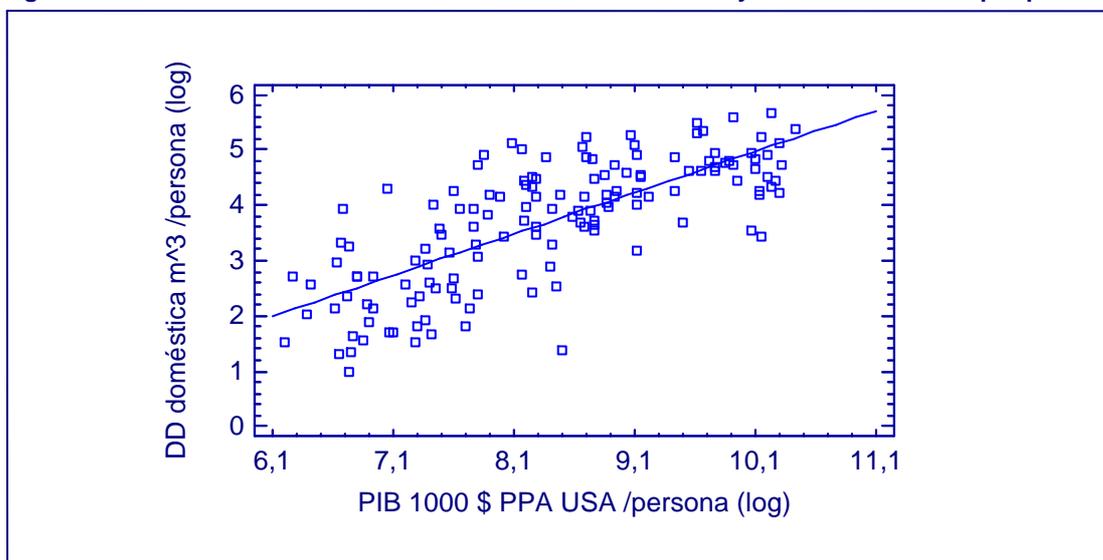
La figura 19, “La correlación entre la demanda dinámica doméstica y el PIB en el mundo por países”, muestra que, efectivamente existe una correlación estadística cuyo coeficiente de correlación equivale a 0,746562, lo que indica una relación moderadamente fuerte entre las variables. Este modelo explica el 55,74% de las variables.

La ecuación que identifica la relación entre la demanda dinámica doméstica y el producto interior bruto es:

$$\text{DD doméstica} = e^{2,03165} \times (\text{PIB})^{0,265624}$$

Seguramente esta correlación sería mayor dentro de un mismo país durante el periodo de 1980-2003, ya que la identidad de la DD doméstica y la realidad del PIB son probablemente más uniformes en el tiempo en un mismo país que entre las diferentes realidades de países en un año determinado. Sin embargo, no hemos podido demostrar esta hipótesis.

**Figura 19. La correlación entre la demanda dinámica doméstica y el PIB en el mundo por países**



Fuente: DD doméstica (AQUASTAT, 2009); PIB (Banco Mundial, 2008).

Después de validar la correlación entre la DD doméstica y el PIB aplicamos un factor corrector de “bienestar socio-económico” a partir de la referencia del PIB.

Tomando como referencia el PIB del año 2000:

$$1/ 10.417 \times 10^6 \text{ US\$} = 9,6 \times 10^{-5}$$

De manera que el factor corrector del PIB es:

$$\text{Factor corrector del PIB} = 9,6 \times 10^{-5} \text{ US\$/PIB}$$

Y, por lo tanto, la demanda dinámica doméstica en un año determinado sería:

$$\text{DD (km}^3\text{)} = \text{Factor corrector del PIB} \times \text{valor del cálculo previo de la DD (km}^3\text{)}$$

Para una mejor comprensión hemos elaborado la tabla 17, “Tabla recapitulativa del cálculo de la demanda dinámica durante el periodo 1980-2003 en el sector doméstico de Costa de Marfil”,

donde quedan establecidos los valores y los cálculos necesarios hasta llegar a los diferentes valores de volumen que formarán la curva de la demanda dinámica. La tendencia de la demanda dinámica en el sector doméstico al igual que el sector agrícola en el periodo 1980-2003 es creciente.

**Tabla 17. Tabla recapitulativa del cálculo del volumen de la demanda dinámica durante el periodo 1980-2003 en el sector doméstico de Costa de Marfil**

	1980	1990	2000	2002	2003
<b>Población*</b> (x 1000 personas)	8.419	12.610	17.281	18.075	18.453
<b>DD km<sup>3</sup>/año</b>			0,220**		
<b>m<sup>3</sup>/persona y año</b>			12,73		
<b>Cálculo previo a la DD</b> <b>km<sup>3</sup>/año</b>	0,107	0,161	0,220	0,230	0,235
<b>PIB constante 2000***</b> (x 10 <sup>6</sup> US\$)	7.727	8.297	10.417	10.266	10.010
<b>Factor corrector = PIB x 9,6 x 10<sup>-5</sup> US\$</b>	0,742	0,797	1,000	0,985	0,970
<b>Volumen de la DD = Factor corrector x cálculo previo de la DD (km<sup>3</sup>/año)</b>	<b>0,095</b>	<b>0,128</b>	<b>0,220</b>	<b>0,222</b>	<b>0,222</b>

Fuente: \* UNPD, 2008; \*\* AQUASTAT, 2009; \*\*\* Banco Mundial, 2008.

**Tabla 18. Los valores calculados del consumo dinámico durante el periodo 1980-2003 en el sector doméstico de Costa de Marfil**

	1979-1981	1989-1991	1999-2001	2002	2003
<b>Demanda dinámica (km<sup>3</sup>/año)</b>	0,095	0,128	0,220	0,222	0,222
<b>Ratio* = Consumo/demanda</b>	0,151	0,152	0,147	0,143	0,142
<b>Consumo dinámico = DD x Ratio (km<sup>3</sup>/año)</b>	<b>0,0143</b>	<b>0,0195</b>	<b>0,0323</b>	<b>0,0317</b>	<b>0,0315</b>

Fuente: \*calculados a partir de Shiklomanov, 1999.

Para calcular el consumo dinámico del sector doméstico, nos hemos basado en la base de datos de Shiklomanov, de la cual hemos extraído la ratio consumo-demanda del sector doméstico de la región en la que se incluyen los países del golfo de Guinea. Hemos operado de la misma

manera en la que en el caso del sector agrícola. En la tabla 18, “Los valores calculados del consumo dinámico durante el periodo 1980-2003 en el sector doméstico de Costa de Marfil”, podemos apreciar que las ratios de consumo-demanda en el sector doméstico varían entre 0,151 en el año 1980 y 0,142 en el año 2003.

#### 4.5.2.3.4. El sector industrial

En términos generales la producción industrial continúa incrementándose a medida que crece la economía (Banco Mundial, 2003 en UNESCO y WWAP, 2006). Al igual que en el sector doméstico, realizamos un planteamiento similar analizando la correlación entre la DD industrial y el PIB industrial.

Al igual que en el caso del sector doméstico, hemos llevado a cabo un pequeño análisis de la correlación entre los valores de la DD industrial en km<sup>3</sup> de 132 países en el año 2000 a partir de la base de datos de AQUASTAT (AQUASTAT, 2009a) y los valores de PIB industrial en el año 2000 en US\$ paridad de poder adquisitivo datos extraídos de un recopilativo de informes del Banco Mundial del año 2008 (Banco Mundial, 2008).

Para analizar la correlación entre estas dos variables, nos ha asesorado de nuevo el profesor Miquel Ralló, del Departamento de Matemáticas Aplicada III de la Universitat Politècnica de Catalunya.

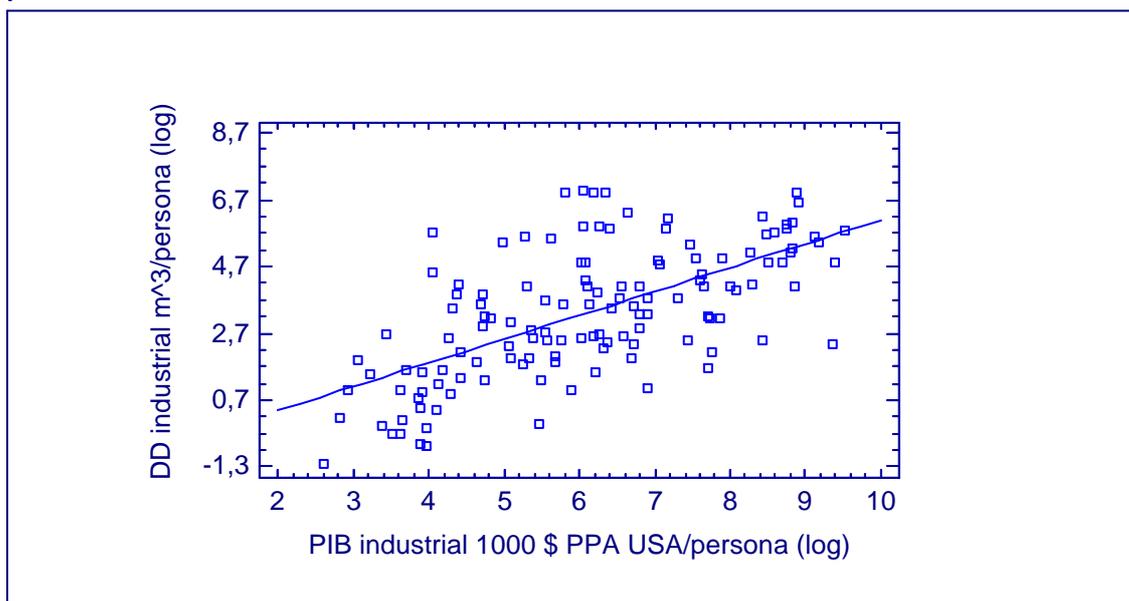
La figura 20, “La correlación entre la demanda dinámica industrial y el PIB industrial en el mundo por países”, muestra que, efectivamente, existe una correlación estadística cuyo coeficiente de correlación equivale a 0,637672 que indica una relación moderadamente fuerte entre las variables. Este modelo explica el 40,21% de las variables.

La correlación entre el PIB industrial y la DD industrial en el mundo por países muestra se refleja en la siguiente ecuación:

$$DD \text{ industrial} = e^{-1,0266} \times (PIB \text{ industrial})^{0,711333}$$

Tal como se comenta en el apartado anterior en relación con la correlación de la DD doméstica y la realidad del PIB, seguramente la correlación es mayor dentro de un mismo país, ya que la identidad de la DD industrial y la realidad del PIB industrial es mucho más proporcional en el tiempo en un mismo país que entre las diferentes realidades de países en un año determinado.

**Figura 20. La correlación entre la demanda dinámica industrial y el PIB industrial en el mundo por países**



Fuente: DD doméstica (AQUASTAT, 2009); PIB (Banco Mundial, 2008).

La situación de falta de datos referentes a los valores de demanda dinámica para este sector es las mismas que en los sectores agrícola y doméstico. En consecuencia, seguiremos las mismas pautas que en los dos casos anteriores, es decir, vincularemos los distintos valores que forman la curva con la referencia del valor conocido del año 2000 de la demanda dinámica industrial de AQUASTAT y con los diferentes valores del PIB industrial correspondientes a los años 1980, 1990, 2000, 2002 y 2003.

Al conocer el porcentaje que representa el PIB industrial sobre el PIB, hallamos el valor del PIB industrial. A continuación asimilamos el PIB industrial a la extracción de agua en la industria, es decir, al conocer el valor correspondiente al año 2000 de demanda de agua dulce industrial, hallamos un factor de conversión:

$$\text{Factor de conversión} = \text{km}^3 / \text{PIB industrial}$$

Este factor de conversión nos servirá para calcular la demanda dinámica de los diferentes años en el sector industrial. Al igual que en el caso de los otros dos sectores, presentamos una tabla, la tabla 19, “Tabla recapitulativa del cálculo del volumen de la demanda dinámica durante el periodo 1980-2003 en el sector industrial de Costa de Marfil”, en la cual se puede apreciar la metodología de cálculo, así como los valores obtenidos de la demanda dinámica. La tendencia

entre el año 1980 y el 2000 es creciente; sin embargo a partir del 2000 se aprecia un leve retroceso en la demanda dinámica del sector industrial.

**Tabla 19. Tabla recapitulativa del cálculo del volumen de la demanda dinámica durante el periodo 1980-2003 en el sector industrial de Costa de Marfil**

	1979-1981	1989-1991	1999-2001	2002	2003
<b>DD*</b> <b>km<sup>3</sup>/año</b>			0,11		
<b>(PIB industrial/PIB) x 100 (%)</b>	19,74	23,17	24,85	22,92	21,65
<b>PIB constante 2000** (x 10<sup>6</sup> US\$)</b>	7.727	8.297	10.417	10.266	10.010
<b>PIB industrial constante 2000** (x 10<sup>6</sup> US\$)</b>	1.525	1.922	2.589	2.353	2.188
<b>Factor de conversión = 0,11 km<sup>3</sup> / PIB industrial</b>			4,2492*10 <sup>7</sup>		
<b>Demanda Dinámica (km<sup>3</sup>)</b>	<b>0,065</b>	<b>0,082</b>	<b>0,110</b>	<b>0,100</b>	<b>0,093</b>

Fuente: \* AQUASTAT, 2009a; \*\* Banco Mundial, 2008.

Para calcular el consumo dinámico del sector industrial, nos basaremos al igual que en el caso de los otros dos sectores en los datos sobre las ratios presentadas en el monográfico de Shiklomanov en el año 1999 dedicado a la región en la que se hallan nuestros países.

**Tabla 20. Los valores calculados del consumo dinámico durante el periodo 1980-2003 en el sector industrial de Costa de Marfil**

	1979-1981	1989-1991	1999-2001	2002	2003
<b>Demanda dinámica (km<sup>3</sup>/año)</b>	0,065	0,082	0,110	0,100	0,093
<b>Ratio* = Consumo/demanda</b>	0,120	0,115	0,104	0,102	0,101
<b>Consumo dinámico = DD x Ratio (km<sup>3</sup>/año)</b>	<b>0,00780</b>	<b>0,00943</b>	<b>0,01144</b>	<b>0,01020</b>	<b>0,00939</b>

Fuente: \* calculados a partir de Shiklomanov, 1999.

La tabla 20, “Los valores calculados del consumo dinámico durante el periodo 1980-2003 en el sector industrial de Costa de Marfil”, nos muestra al igual que en el caso de la demanda dinámica de este mismo sector, una tendencia al alza, entre los años 1980 y 2000 y un leve retroceso durante el periodo comprendido entre los años 2000 y 2003.

#### 4.5.2.3.5. La demanda dinámica y el consumo dinámico: la suma de sectores

Para elaborar los puntos de la curva de la demanda dinámica llevaremos a cabo la suma de los tres sectores (agrícola, doméstico e industrial) punto a punto. Operaremos de la misma manera para confeccionar la curva del consumo dinámico. En la tabla 21, “La demanda dinámica y el consumo dinámico durante el periodo 1980-2003 en Costa de Marfil”, podemos observar que la tendencia de la demanda dinámica y el consumo dinámico del país Costa de Marfil son crecientes.

**Tabla 21. La demanda dinámica y el consumo dinámico durante el periodo 1980-2003 en Costa de Marfil**

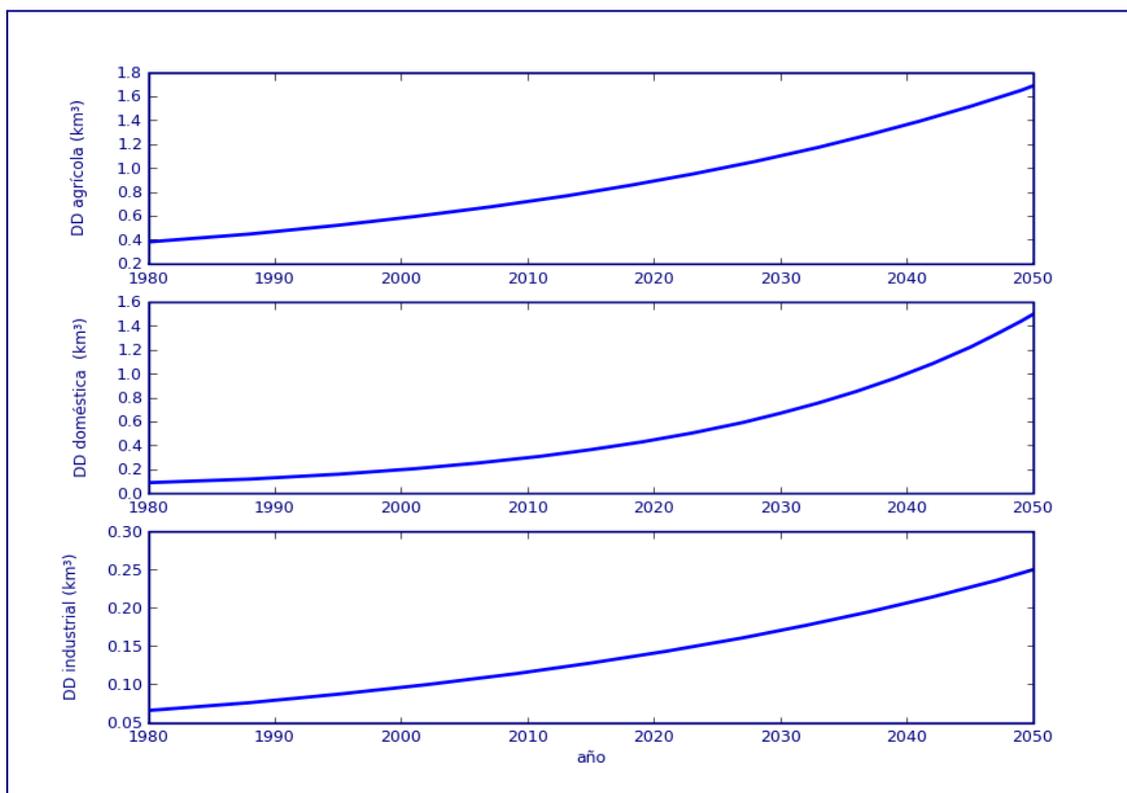
	1979- 1981	1989- 1991	1999- 2001	2002	2003
DD agrícola (km <sup>3</sup> /año)	0,360	0,540	0,600	0,600	0,600
DD doméstica (km <sup>3</sup> /año)	0,095	0,128	0,220	0,222	0,222
DD industrial (km <sup>3</sup> /año)	0,065	0,082	0,110	0,100	0,093
<b>DD total</b> (km <sup>3</sup> /año)	<b>0,520</b>	<b>0,750</b>	<b>0,930</b>	<b>0,922</b>	<b>0,915</b>
<b>DD por persona</b> (m <sup>3</sup> /persona y año)	<b>61,77</b>	<b>70,48</b>	<b>69,15</b>	<b>65,42</b>	<b>63,41</b>
CD agrícola (km <sup>3</sup> /año)	0,260	0,390	0,434	0,439	0,440
CD doméstica (km <sup>3</sup> /año)	0,0143	0,0195	0,0323	0,0317	0,0315
CD industrial (km <sup>3</sup> /año)	0,00780	0,00943	0,01144	0,01020	0,00939
<b>CD total</b> (km <sup>3</sup> /año)	<b>0,28210</b>	<b>0,41893</b>	<b>0,47774</b>	<b>0,48090</b>	<b>0,48089</b>
<b>CD por persona</b> (m <sup>3</sup> /persona y año)	<b>33,51</b>	<b>39,37</b>	<b>35,52</b>	<b>34,12</b>	<b>33,33</b>

#### 4.5.2.3.6. Los escenarios 0 *business as usual* de la demanda dinámica en el periodo 1980-2050 por sectores

Los escenarios *business as usual* se consideran escenarios de futuro que tan sólo tienen en cuenta el pasado y en los que no se aplica ninguna política, por lo que tienen una tendencia continuista. En estos escenarios 0 elaboramos las curvas de la demanda dinámica introduciendo los puntos expuestos en el apartado anterior de la tabla 21, “La demanda dinámica y el consumo

dinámico durante el periodo 1980-2003 en Costa de Marfil”, aplicando el ajuste exponencial hasta el año 2050. Tal como muestra la figura 21, “Los escenarios *business as usual* de la demanda dinámica por sectores en Costa de Marfil entre 1980 y 2050”, las tendencias de los tres sectores es creciente.

**Figura 21. Los escenarios *business as usual* de la demanda dinámica por sectores en Costa de Marfil en el periodo 1980 y 2050**



Para validar los resultados, realizamos los mismos cálculos para los sectores agrícola, doméstico e industrial y los contrastamos con los datos que presenta Eurostat. En la tabla 22, “Los valores de la demanda dinámica durante el periodo 1980-2003 en España: metodología propia versus Eurostat”, podemos apreciar la concordancia entre los valores obtenidos por elaboración propia y los valores de Eurostat es buena con pequeñas discrepancias.

Por un lado, los valores de demanda dinámica del sector agrícola calculados por nosotros son algo superiores a los datos aportados por la base de datos de Eurostat, a diferencia de los valores calculados para el sector industrial, que quedan un poco por debajo. En cambio, los valores calculados para el sector doméstico son muy próximos a los datos de Eurostat. Después de este pequeño análisis, damos por validado el proceso de cálculo de variables para la elaboración de las curvas de la demanda dinámica de los escenarios.

**Tabla 22. Los valores de la demanda dinámica durante el periodo 1980-2003 en España: metodología propia versus Eurostat**

Elaboración propia	1979-1981	1989-1991	1999-2001	2002	2003
Sector agrícola (km <sup>3</sup> )	21,07	23,57	25,88	26,33	26,2
Sector doméstico (km <sup>3</sup> )	2,54	3,50	4,79	5,22	5,46
Sector industrial (km <sup>3</sup> )	4,79	5,87	6,60	7,03	7,24
Suma de sectores	<b>28,40</b>	<b>32,94</b>	<b>37,27</b>	<b>38,55</b>	<b>38,90</b>

Fuente: Elaboración propia.

Eurostat	1995	1999	2000	2001	2002	2003
Sector agrícola (km <sup>3</sup> )	24,11	26,33	24,07	24,57	24,46	25,02
Sector doméstico (km <sup>3</sup> )	4,29	5,00	5,48	5,38	5,30	5,71
Sector industrial (km <sup>3</sup> )	4,87	6,82	7,39	7,40	7,60	7,62
Suma de sectores	<b>33,27</b>	<b>38,28</b>	<b>37,07</b>	<b>37,50</b>	<b>37,52</b>	<b>38,51</b>

Fuente: Eurostat, 2009.

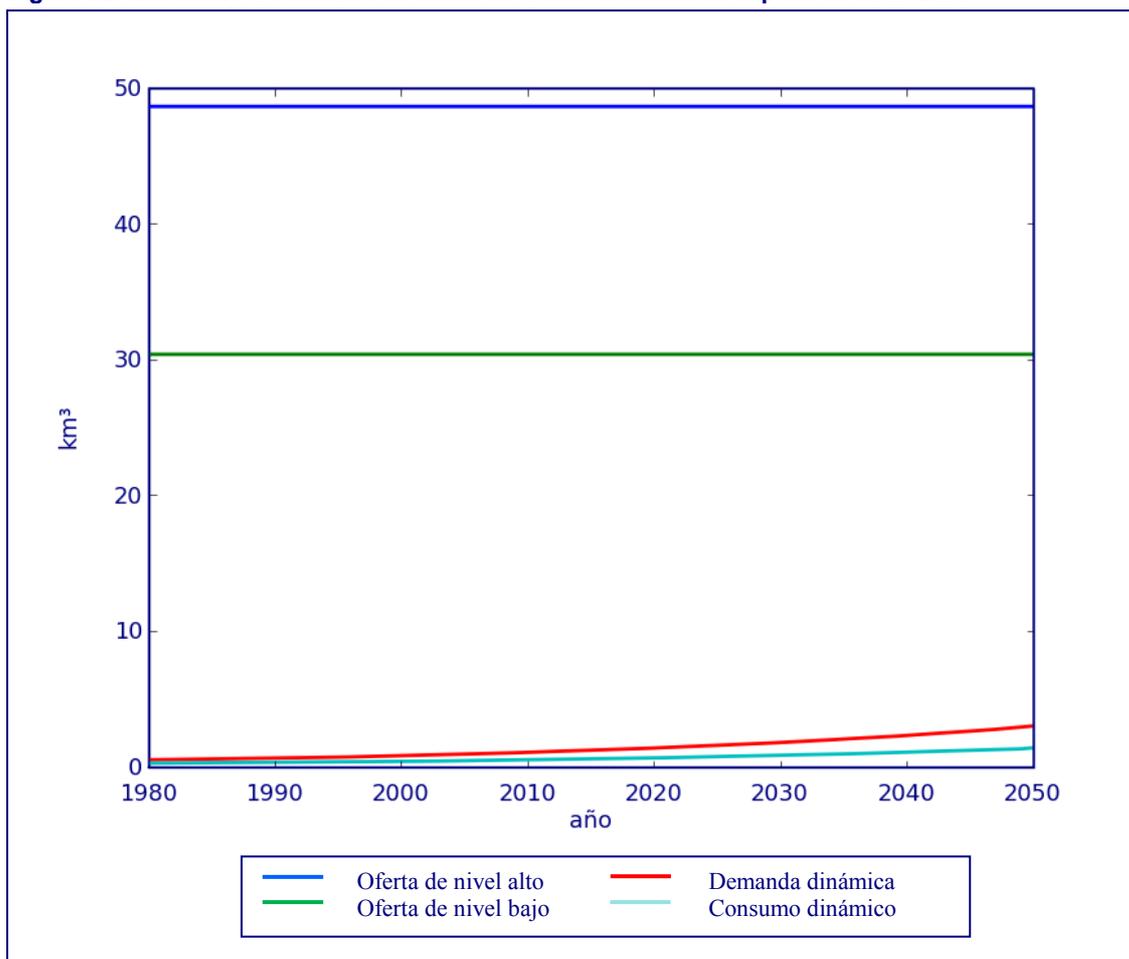
#### 4.5.2.4. Los escenarios globales 0 *business as usual* de la oferta versus demanda dinámica.

##### 4.5.2.4.1. Los escenarios 0 *business as usual* de la oferta versus demanda dinámica en el periodo 1980-2050

El objetivo de este primer escenario 0 es determinar, si mediante la elaboración del escenario *business as usual* (BaU), Costa de Marfil puede cubrir la posible demanda de agua dulce renovable a lo largo del periodo de tiempo comprendido entre el año 1980 y el 2050.

Los escenarios 0 BaU de la oferta *versus* la demanda están definidos de la siguiente manera. En el lado de la oferta se presentan sus dos niveles: la oferta de nivel alto (ONA) y la oferta de nivel bajo (ONB). Estos dos niveles están definidos en el apartado 4.3.6.1.1., "Los dos niveles de oferta de agua dulce renovable", y determinados en el apartado 4.5.2.2., "La determinación de la oferta: la oferta de nivel alto (ONA) y la oferta de nivel bajo (ONB)". En el caso de Costa de Marfil, la ONA es de 48,66 km<sup>3</sup> y la ONB, de 30,41 km<sup>3</sup>.

Figura 22. Escenario 0 *business as usual* de Costa de Marfil en el periodo 1980-2050



En el lado de la demanda se presenta la demanda dinámica (DD) y el consumo dinámico (CD), conceptos que ya quedaron definidos en el apartado 4.3.6.2.1., “La demanda dinámica (DD) y el consumo dinámico (CD) de agua dulce renovable” y su determinación en el apartado 4.5.2.3. “La demanda: la elaboración de las curvas de demanda dinámica (DD) y del consumo dinámico (CD). El ejemplo de Costa de Marfil.”

El resultado del escenario 0 BaU en el periodo 1980-2050 se muestra en la figura 22, “Escenario 0 *business as usual* de Costa de Marfil en el periodo 1980-2050”, en la que podemos apreciar que la demanda dinámica y, por lo tanto, el consumo dinámico pueden ser satisfechos sobradamente hasta el año 2050, ya que, en este caso, la demanda dinámica es de 3,19 km<sup>3</sup> en el año 2050 cifra bastante inferior frente a la oferta de nivel bajo que corresponde al volumen de 30,41 km<sup>3</sup>.

**Tabla 23. Los resultados del escenario 0 *business as usual* de Costa de Marfil en el año 2050**

<b>Año 2050</b>	<b>Demanda dinámica</b>	<b>Consumo dinámico</b>
<b>(km<sup>3</sup>)</b>	3,19	1,45
<b>Población*</b> <b>(personas)</b>	43.373.000	43.373.000
<b>(m<sup>3</sup>/persona)</b>	73,60	33,45
<b>(litros/persona y día)</b>	201,64	91,65

Fuente: \*UNPD, 2008.

Tal como nos muestra la tabla 23, “Los resultados del escenario 0 *business as usual* de Costa de Marfil en el año 2050”, constatamos que la cifra de 73,60 m<sup>3</sup>/persona de la demanda dinámica en el año 2050 es muy próxima a la correspondiente del año 2000 que es 69,15 m<sup>3</sup>/persona (ver tabla 22). El incremento de la demanda dinámica en 50 años es mínimo y, por lo tanto no es de extrañar que en este escenario 0 de Costa de Marfil en el periodo 1980-2050, la demanda de agua dulce se siga situando muy por debajo de la oferta, a pesar de un posible aumento de la población del orden de más de 25 millones de personas entre el año 2000 y el año 2050 (UNPD, 2008).

#### **4.5.2.4.2. Los escenarios 0 *business as usual* de la oferta versus demanda dinámica en el periodo 1980-2170**

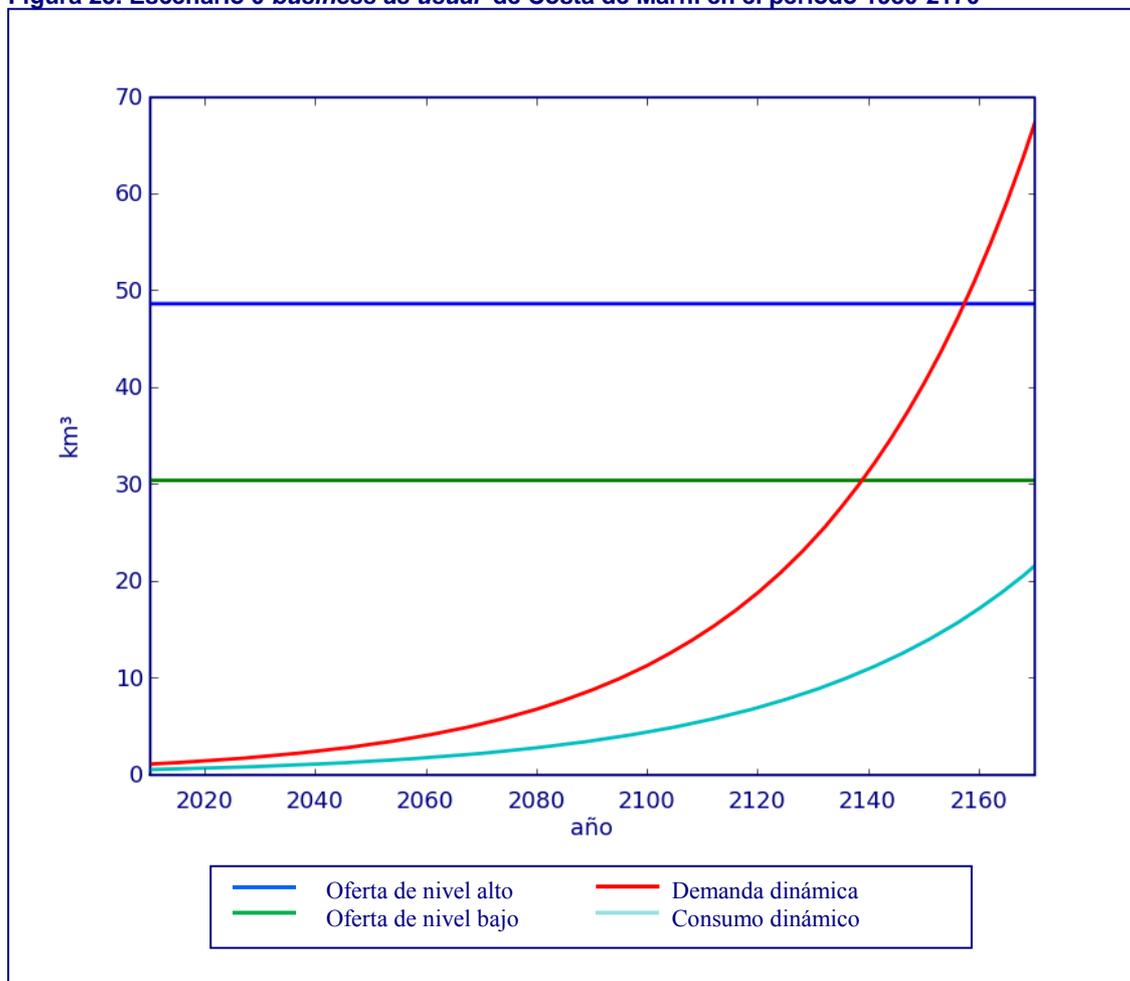
Como hemos visto en la figura del apartado anterior, la oferta es constante y la demanda va en aumento; en consecuencia en un futuro más o menos próximo se producirán dos puntos de intersección o, mejor dicho, dos puntos de equilibrio: el primero sería el par formado por el volumen en km<sup>3</sup> de la ONB, es decir, 30,41 km<sup>3</sup> y el año en que se produce, y el segundo, el par formado por el volumen en km<sup>3</sup> de la ONA, es decir, 48,66 km<sup>3</sup> y su año correspondiente. Para determinar estos puntos, hemos elaborado un escenario 0 BaU a más largo plazo, hasta encontrar los puntos de corte entre la demanda y las ofertas.

En la figura 23, “Escenario 0 *business as usual* de Costa de Marfil en el periodo 1980-2170”, constatamos que la curva de la DD corta los dos niveles de oferta (ONA y ONB). Este escenario lo presentamos simplemente como ejemplo: la población es un parámetro determinante en la demanda de agua y las proyecciones de población de las bases de datos conocidas tan sólo llegan al año 2050. Por lo tanto, mirar más allá del año 2050 nos crea demasiada incertidumbre. Sin embargo, es interesante analizar e interpretar este nuevo escenario.

El punto de equilibrio es el par formado por los kilómetros cúbicos de la ONB y el año al que corresponde el corte entre la ONB y la DD. Este año viene determinado por nuestro programa PySight, y corresponde al año 2139. Este año representa el año límite de demanda por encima

del cual, tal como se explica en el apartado 4.3.6.1.1.2., “La oferta de nivel bajo (ONB)”, no podemos extraer más agua dulce renovable ya que, según el criterio de expertos científicos, pondríamos en peligro la preservación de los ecosistemas acuáticos y su capacidad en relación con la tasa de renovación del agua dulce.

**Figura 23. Escenario 0 *business as usual* de Costa de Marfil en el periodo 1980-2170**



Si siguiendo con la interpretación de este punto par de equilibrio, necesitamos saber la población prevista para el año 2139. Para conocer la población de Costa de Marfil en dicho año, al no disponer de pronósticos de población más allá del 2050, se ha aplicado para el periodo de 2050-2070 la tasa anual de incremento de población pronosticada por la División sobre Población de las Naciones Unidas revisión 2008, en el periodo 2045-2050. La población prevista en dicho año 2139 sería de 127,621 millones de personas. Esta cifra corresponde a una demanda dinámica por persona de 238 m<sup>3</sup>/persona y año o 653 litros /persona y día.

Si comparamos los datos obtenidos para el año 2139 con los datos del 2000 referentes a la DD (AQUASTAT) y a la población (División sobre Población de las Naciones Unidas, revisión del

2008), pasamos de 54 m<sup>3</sup>/persona y año a 238 m<sup>3</sup>/persona y año (cifra muy inferior a los 670 m<sup>3</sup>/persona y año, la que es la media de 153 países), y de 17,281 millones de personas a 127,621 millones de personas. Podemos observar que la población se ha multiplicado por un factor de 7,4 la población mientras que la demanda dinámica de agua dulce tan sólo por un factor de 4,4.

Siguiendo las pautas establecidas para describir el punto par formado por los km<sup>3</sup> de la ONB y el año al que corresponde el corte entre la ONB y la DD, analizamos el punto par formado a su vez por los km<sup>3</sup> de la ONA y el año al que corresponde el corte entre la ONA y la DD. En este caso el año es 2157 y representa el año límite en el que según la FAO, se llega a la máxima extracción potencial de agua para el desarrollo teniendo en cuenta los aspectos socio-económicos y ambientales, tal como se ha definido en el apartado 4.3.6.1.1.1., “La oferta de nivel alto (ONA)”.

En este caso de la ONA el punto par (km<sup>3</sup>, año) correspondería a (48,66 km<sup>3</sup>, 2157), y, la población en dicho año sería de 158,751 millones de personas, lo que significaría una demanda de 381,3 m<sup>3</sup>/persona y año o 1.044 litros /persona y día. A pesar de que en el caso de la ONA la demanda es superior a la de la ONB, seguimos estando por debajo de la media mundial de 670 m<sup>3</sup>/persona y año. La población se ha multiplicado por 9,1 veces y la demanda de agua dinámica, por 7,1.

Trazando una vertical imaginaria desde el punto de corte (DD, ONB), cortamos con la curva del consumo y determinamos el volumen de agua referente a dicho consumo, que en este caso es de 10,7 km<sup>3</sup>, una cifra que representa un 35,2% de la demanda dinámica. Este cálculo es una aportación del programa PySight. Hacemos lo mismo con el otro punto de corte (DD, ONA), y el resultado es que el consumo es de 16,2 km<sup>3</sup> y representa el 33,3% de la demanda dinámica y, por consiguiente, de la oferta de nivel alto.

Para visualizar mejor de los diferentes resultados del escenario 0, hemos elaborado a modo de recapitulación la tabla 24, “Los resultados del escenario 0 *business as usual* de Costa de Marfil en el periodo 1980-2170”.

La población juega un papel decisivo. Los datos de población son las proyecciones de la tasa media de crecimiento anual elaboradas por la División de Población de las Naciones Unidas para Costa de Marfil. Estas proyecciones llegan hasta el año 2050, año a partir del cual nosotros hemos aplicado la tasa media de crecimiento anual utilizada para el periodo 2045-2050. Esta medida es extensible al resto de países de la región del golfo de Guinea, siendo conscientes del probable margen de error en dicha proyección.

**Tabla 24. Los resultados del escenario 0 *business as usual* de Costa de Marfil en el periodo 1980-2170**

	Oferta nivel bajo 30,41 km <sup>3</sup>	Oferta nivel alto 48,66 km <sup>3</sup>
<b>Año de corte de la DD (año)</b>	2.139	2.157
<b>Población en el año de corte (10<sup>3</sup> personas)*</b>	127.621	158.751
<b>DD en (m<sup>3</sup>/persona y año)</b>	<b>238,0</b>	<b>381,3</b>
<b>Consumo en el año de corte de la DD (km<sup>3</sup>/año) (m<sup>3</sup>/persona y año)</b>	10,7 <b>83,8</b>	16,2 <b>126,9</b>

Fuente: \*calculados a partir de UNPD, 2008.

#### **4.5.3. Etapa 2: la implementación de políticas alternativas en los escenarios oferta-demanda dinámica en el periodo 2010-2050**

##### **4.5.3.1. Justificación de los estándares EURO y USACAN**

Tal como comentábamos en el apartado 4.5.1., “Introducción y etapa 0”, la no existencia de un estándar de bienestar en agua dulce nos conduce a plantearnos una alternativa de estándares. El objetivo de la implementación de estos estándares es analizar la viabilidad de satisfacer la demanda dinámica de los países que forman la región del golfo de Guinea identificados con los países que gozan de “bienestar” socioeconómico y, en consecuencia, de “bienestar” de agua dulce.

A pesar de la subjetividad del concepto de *bienestar en agua dulce*, después de haber analizado las diferentes realidades de los países, las regiones y los continentes de todo el mundo, hemos escogido dos referencias consideradas estables y reconocidas en materia de bienestar.

Por un lado, estos países disfrutaban de una calidad de vida y en desarrollo altos y, por el otro, la demanda dinámica es viable y suficiente para cubrir las diferentes necesidades de la población de forma estable en los últimos diez años. Todos estos factores los podemos considerar buenos “indicadores” en materia de bienestar en agua dulce. Así, el primer estándar escogido agrupa los países que forman el continente europeo y el segundo corresponde a la región formada por los Estados Unidos de América y Canadá.

#### 4.5.3.1.1. El estándar EURO

El estándar EURO es la referencia en demanda dinámica de agua dulce renovable que utilizamos para detectar si los países de la región del golfo de Guinea poseen la capacidad de satisfacer las mismas demandas en agua dulce que tenían los países europeos en el año 2000.

El estándar EURO es el volumen medio total de agua dulce renovable extraída (suma del agua extraída en el sector agrícola más la extraída en los sectores doméstico e industrial) por persona en los países europeos en el año 2000. La unidad de medida es m<sup>3</sup>/ persona y año.

El cálculo del estándar EURO es:

$$\text{EURO (m}^3\text{/ persona y año)} = \frac{\sum \text{Total agua extraída año 2000 (m}^3\text{)}}{\sum \text{Población año 2000 (personas)}}$$

La fuente de datos utilizada para dicho cálculo es AQUASTAT, en la que 30 de los 46 países europeos presentan el dato de extracción del año 2000, mientras que los 16 países restantes carecen de este dato. En la tabla 25, “La extracción de agua dulce en los países europeos en el año 2000”, se muestran los datos de extracción de agua dulce, así como la población de los 30 países que hemos utilizado para calcular el estándar EURO. El resultado del cálculo es de 582,6 m<sup>3</sup>/persona y año, que nosotros hemos redondeado a 585 m<sup>3</sup>/ persona y año.

La cifra media europea de demanda dinámica de 585 m<sup>3</sup>/persona y año coincide con los datos de Islandia en el año 2000. La evolución que ha tenido este país durante el periodo comprendido entre 1996 y 2005 es bastante estable, si bien con tendencia a la baja, pasando de 604,6 m<sup>3</sup>/persona y año en 1996 a 562,0 en el 2005 (Eurostat, 2009); por lo tanto, la cifra de 585 m<sup>3</sup>/persona y año, al ser bastante estable en el tiempo (siempre y cuando no se creen nuevas necesidades en los distintos sectores), parece ser bastante representativa del bienestar en agua dulce. Por otro lado, Islandia es un ejemplo representativo de país con un buen estado de bienestar social y económico al ocupar un puesto destacado y estable del índice del desarrollo humano del programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo durante el periodo comprendido entre 1996 y 2005.

**Tabla 25. La extracción del agua dulce en los países europeos en el año 2000**

<b>País</b>	<b>Extracción de agua DD</b> (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año)	<b>Población</b> (10 <sup>3</sup> personas)	<b>País</b>	<b>Extracción de agua DD</b> (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año)	<b>Población</b> (10 <sup>3</sup> personas)
<b>Albania</b>	1,71	3.068	<b>Italia</b>	44,40	57.116
<b>Alemania</b>	47,00	82.075	<b>Letonia</b>	0,30	2.374
<b>Austria</b>	2,11	8.005	<b>Lituania</b>	0,27	3.501
<b>Bielorrusia</b>	2,79	10.054	<b>Malta</b>	0,05	389
<b>Bulgaria</b>	10,50	8.006	<b>Moldavia</b>	2,31	4.100
<b>Dinamarca</b>	1,27	5.335	<b>Noruega</b>	2,19	4.484
<b>España</b>	35,60	40.264	<b>Países Bajos</b>	7,94	15.915
<b>Estonia</b>	0,16	1.370	<b>Polonia</b>	16,20	38.433
<b>Finlandia</b>	2,48	5.170	<b>Portugal</b>	11,30	10.226
<b>Francia</b>	40,00	59.128	<b>República Checa</b>	2,58	10.224
<b>Gran Bretaña</b>	9,54	58.907	<b>Rumanía</b>	23,20	22.138
<b>Grecia</b>	7,77	10.942	<b>Rusia</b>	76,70	146.670
<b>Hungría</b>	7,64	10.215	<b>Suecia</b>	2,96	8.860
<b>Irlanda</b>	1,13	3.804	<b>Suiza</b>	2,57	7.184
<b>Islandia</b>	0,15	281	<b>Ucrania</b>	37,50	48.870

**Sin datos:** Andorra, Bosnia y Herzegovina, Croacia, Eslovaquia, Eslovenia, Gibraltar, Islas Faeroe, Liechtenstein, Luxemburgo, Mónaco, Montenegro, San Marino, Serbia, Vaticano (Hoy See), Yugoslavia de Macedonia

**Fuente:** AQUASTAT, 2009a.

Resumiendo, lo que queremos determinar es si un país de la región del golfo de Guinea como por ejemplo Costa de Marfil puede alcanzar el mismo bienestar en agua dulce que el de la media europea en un futuro más o menos próximo.

#### **4.5.3.1.2. El estándar USACAN**

La región formada por Estados Unidos y Canadá denominada, USACAN, se identifica, al igual que el estándar EURO, con el bienestar social y económico por la situación de los dos países en el IDH (Canadá ocupa el número 4 y Estados Unidos, en el número 12) y por su estabilidad en los últimos años, puesto que disfrutaban de una oferta suficiente y de una DD capaz de cubrir sus necesidades de agua dulce. Tal como se aprecia en la tabla 26, “La demanda dinámica por persona y año en los Estados Unidos y Canadá”, esta demanda dinámica ha descendido levemente en los últimos años hasta llegar al año 2002.

**Tabla 26. La demanda dinámica por persona y año los Estados Unidos y Canadá**

	1987	1992	2002
<b>Canadá</b> (m <sup>3</sup> / persona y año)	1.589		1468
<b>Estados Unidos</b> (m <sup>3</sup> / persona y año)		1080	972

Fuente: AQUASTAT, 2009a.

El estándar USACAN, al igual que el estándar EURO, es la referencia en demanda dinámica de agua dulce renovable que utilizamos para detectar si los países de la región del golfo de Guinea poseen la capacidad de satisfacer las mismas demandas en agua dulce que en los Estados Unidos y Canadá en el año 2000.

Los criterios de cálculo del estándar USACAN es el volumen medio total de agua dulce renovable extraída (suma del agua extraída en el sector agrícola más la extraída en los sectores domésticos e industrial) por persona en los Estados Unidos y Canadá en el año 2000. La unidad de medida es m<sup>3</sup>/ persona y año.

El cálculo del estándar USACAN es:

$$\text{USACAN (m}^3\text{/ persona y año) = } \frac{\sum \text{Total agua extraída año 2000 (m}^3\text{)}}{\sum \text{Población año 2000 (personas)}}$$

La fuente de datos utilizada para dicho cálculo es AQUASTAT. En la tabla 27, “La demanda dinámica de agua dulce y la población en los países Estados Unidos y Canadá en el año 2000”, se muestran los datos de extracción de agua dulce, así como la población de ambos países para calcular el estándar USACAN. El resultado del cálculo es de 1.042 m<sup>3</sup>/persona y año que nosotros hemos redondeado a 1.045 m<sup>3</sup>/ persona y año. El interés de la aplicación de este nuevo estándar es el hecho de que es bastante superior al estándar EURO.

**Tabla 27. La demanda dinámica de agua dulce y la población en los países de Estados Unidos y Canadá en el año 2000**

<b>País</b>	<b>Demanda Dinámica*</b> (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año)	<b>Población**</b> (10 <sup>3</sup> personas)
<b>Canadá</b>	45,97	30.687
<b>Estados Unidos</b>	285,80	387.842

Fuente: \*AQUASTAT, 2009a; \*\*UNPD, 2008.

### 4.5.3.2. Los escenarios 1: la implementación del estándar EURO

#### 4.5.3.2.1. Fase 1: el escenario 1-1 2010-2050

El escenario 1-1 tiene como objetivo determinar si un país en este caso; Costa de Marfil posee los suficientes recursos hídricos renovables para vivir como la media de las personas europeas considerando las ofertas propias de nivel alto y bajo. El periodo de tiempo que proponemos para alcanzar esta meta es de 40 años, desde el año 2010 hasta el año 2050, siguiendo un camino exponencial, como uno de los caminos posibles. Las ofertas determinadas en la tabla 14, “La oferta de nivel alto y la oferta de nivel bajo de los países de nuestra región”, del apartado 4.5.2.2., “La determinación de la oferta: la oferta nivel bajo y oferta nivel alto”, en el caso de Costa de Marfil son las siguientes: la ONA de 48,66 km<sup>3</sup> y la ONB de 30,41 km<sup>3</sup>.

Tal como hemos comentado, el objetivo de este escenario 1-1 es detectar si en el año 2050, los habitantes de Costa de Marfil podrán acceder al volumen de 585 m<sup>3</sup> de agua dulce. Para calcular la demanda dinámica en el año 2050, aplicamos el estándar a los 43.373 miles de personas (UNPD, 2008) que constituirían la población de este país en ese año.

La demanda dinámica objetivo EURO en el año 2050 sería:

$$DD \text{ (km}^3\text{)} = 585 \text{ m}^3\text{/persona y año} \times 10^{-9} / 43.373 \times 10^3 \text{ personas} = 25,37 \text{ km}^3$$

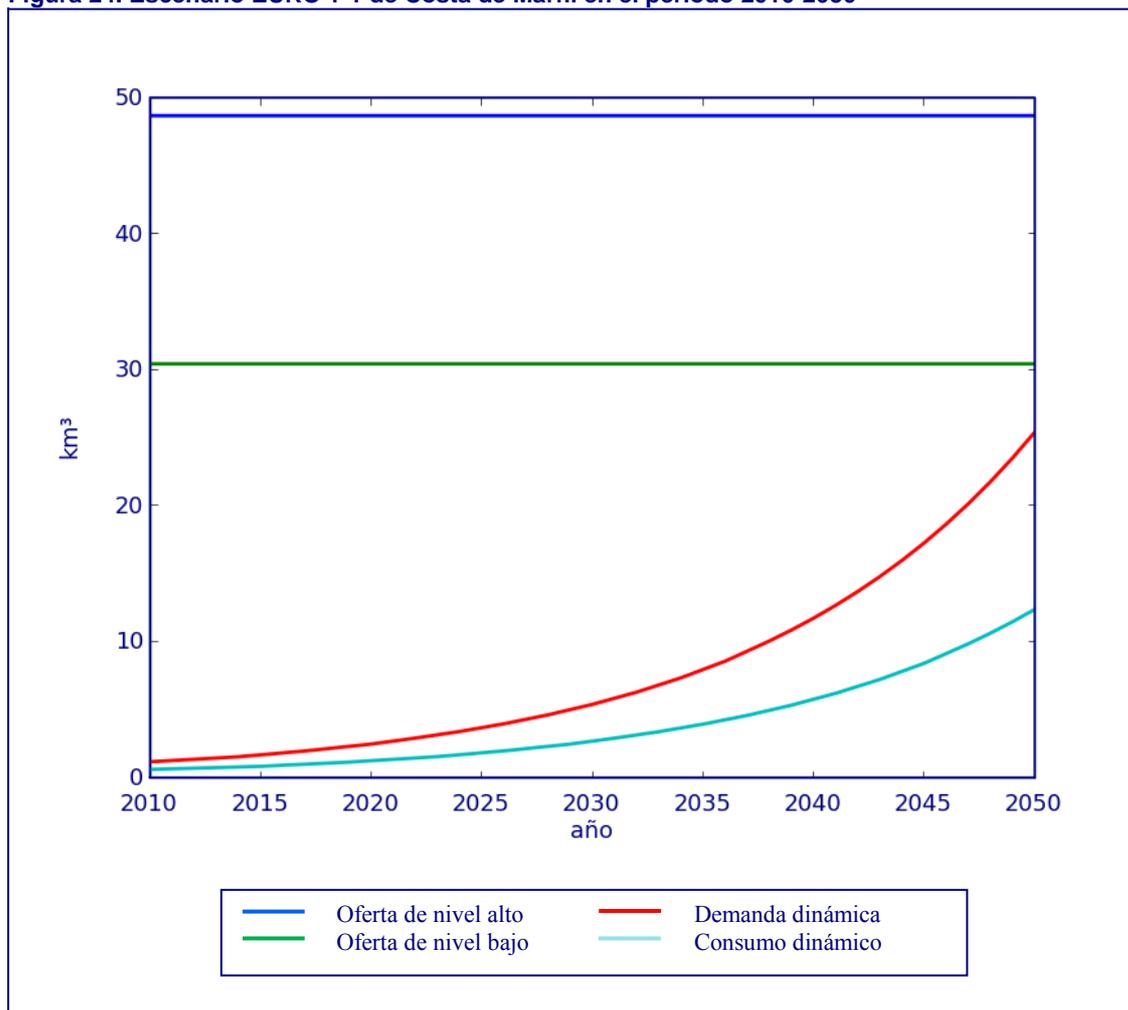
La ratio del consumo dinámico en relación con la demanda dinámica es del 48,66%, valor calculado a partir de la base de datos de Shiklomanov (Shiklomanov, 1999).

El consumo dinámico objetivo EURO en el año 2050 sería:

$$CD \text{ (km}^3\text{)} = 25,37 \text{ km}^3 \times 0,4866 = 12,35 \text{ km}^3$$

La figura 24, “Escenario EURO 1-1 de Costa de Marfil en el periodo 2010-2050”, nos muestra que el objetivo EURO 2050 es alcanzable, ya que la demanda dinámica en el año 2050 es de 25,37 km<sup>3</sup>, por debajo de la ONB (30,41 km<sup>3</sup>). Este volumen satisface a las necesidades de una población de 43.373.000 personas a nivel del estándar EURO.

Figura 24. Escenario EURO 1-1 de Costa de Marfil en el periodo 2010-2050



#### 4.5.3.2.2. Fase 2: el escenario 1-2 2050 → ¿?

Elaboraremos el escenario 1-2 tomando como origen el año 2050 (el año final del escenario 1-1) año a partir del cual, demandaremos agua dulce satisfaciendo el estándar EURO a todo el incremento de población que se vaya produciendo de acuerdo con las predicciones de las Naciones Unidas en relación con Costa de Marfil hasta que lleguemos al punto de corte con los dos niveles de oferta.

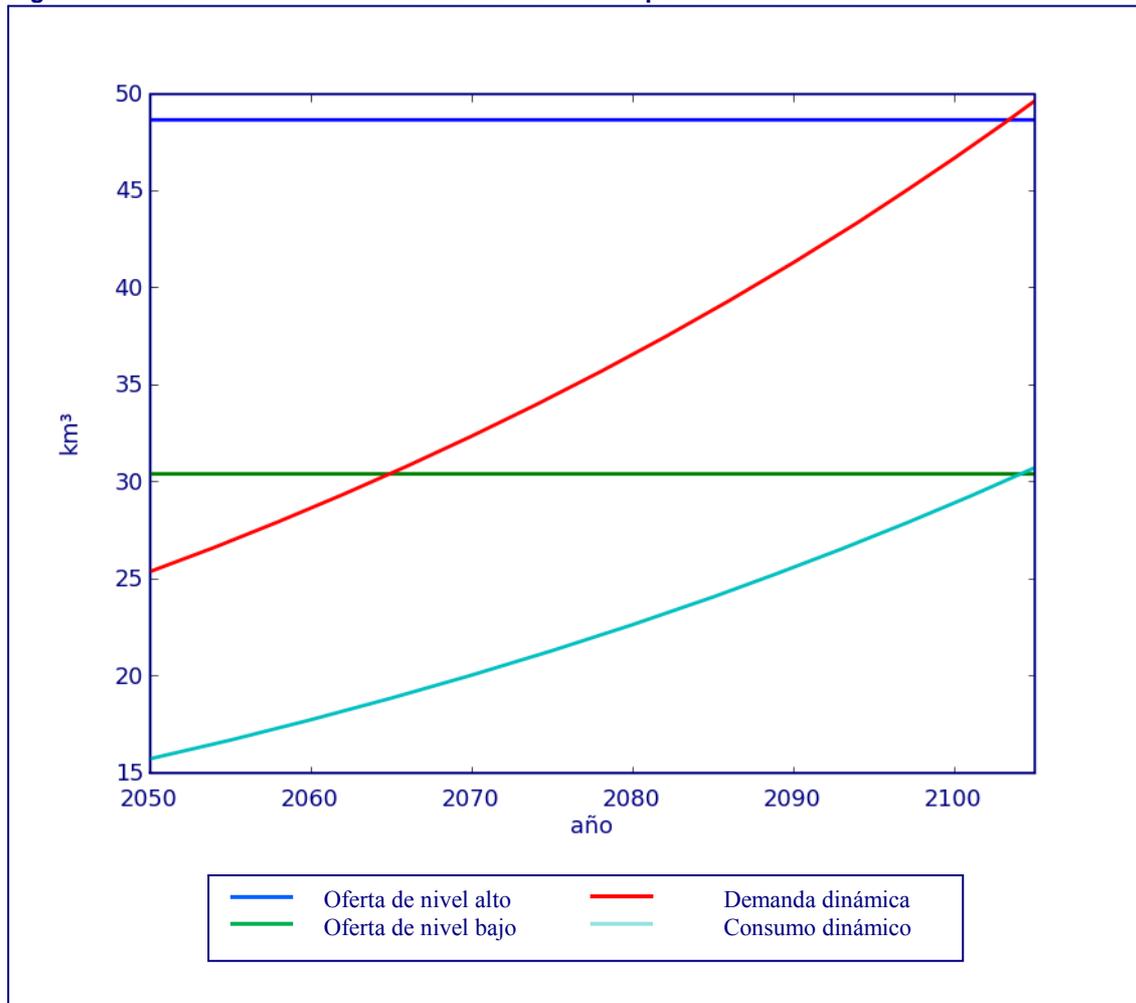
Siguiendo las pautas ya descritas en la interpretación del escenario 0 del apartado 4.5.2.4.2, “Los escenarios 0: *business as usual* de la oferta versus demanda dinámica en el periodo 1980-2170”, hallamos los puntos de corte.

El primer punto de corte entre la curva de la DD y la horizontal de oferta de nivel bajo corresponde al año 2065 y, nos dibuja el par (km<sup>3</sup>, año), donde el año es el año límite de

extracción la oferta de nivel bajo  $30,41 \text{ km}^3$  en el cual podríamos satisfacer las demandas de una población de 52.025.000 personas a nivel del estándar EURO. Al trazar la vertical imaginaria desde el punto de corte hacia el eje de las abscisas, cortamos la curva de consumo dinámico y hallamos el volumen correspondiente a dicho consumo que es de  $18,84 \text{ km}^3$  en el año 2065.

El segundo punto de corte entre la curva de la DD y la horizontal de la oferta de nivel alto corresponde al año 2103, año en que se identificaría al límite de extracción la oferta de nivel alto ( $48,66 \text{ km}^3$ ) en el cual podríamos satisfacer las demandas de una población de 82.484.000 personas. Al trazar la vertical en el punto de corte, hallamos el volumen correspondiente al consumo, que es de  $30,14 \text{ km}^3$  en el año 2103. En la figura 25, “Escenario EURO 1-2 de Costa de Marfil en el periodo 2050-2105”, podemos apreciar la evolución de la DD y de la CD, así como los puntos de corte en el periodo 2050-2105.

**Figura 25. Escenario EURO 1-2 de Costa de Marfil en el periodo 2050-2105**

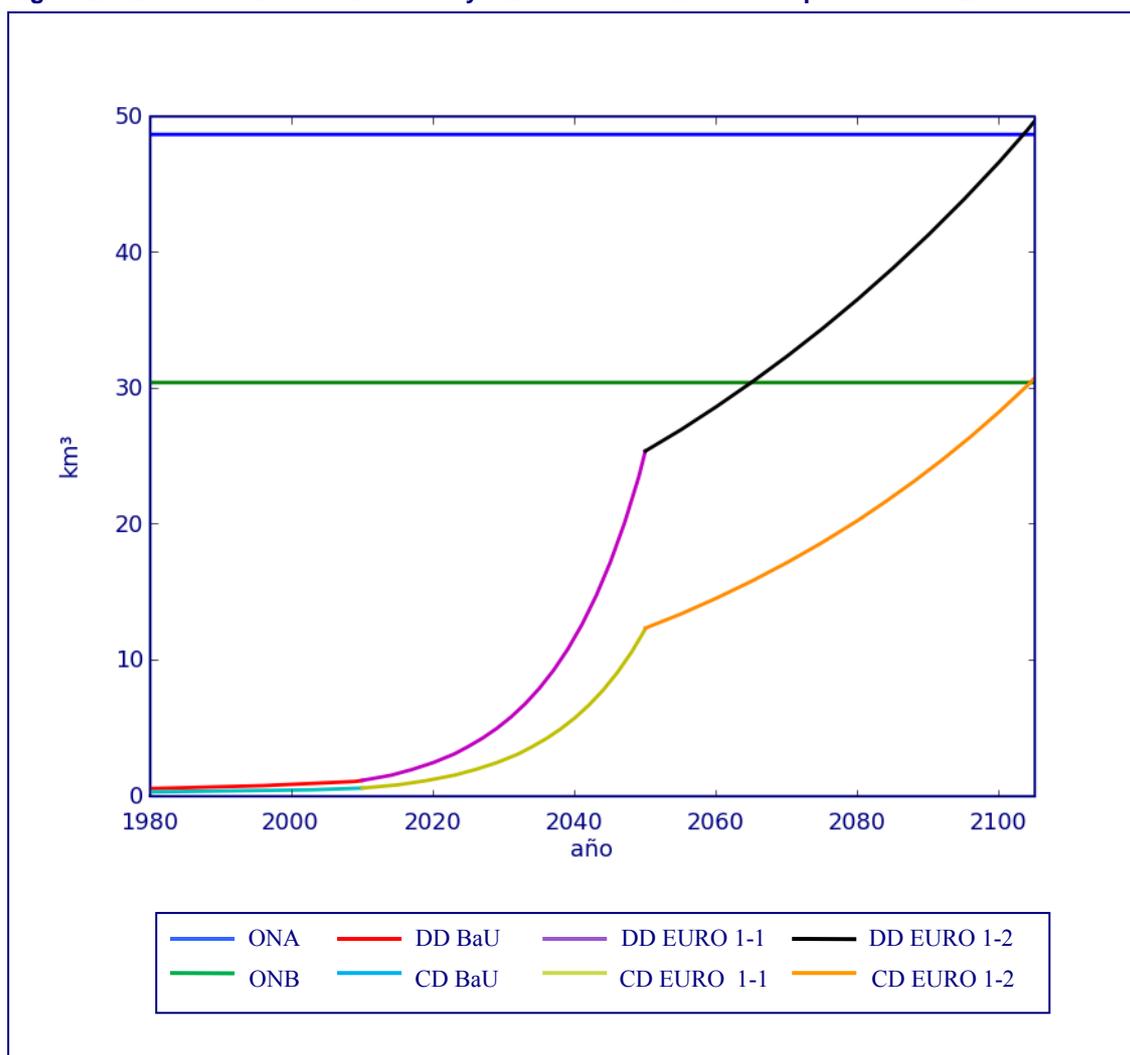


#### 4.5.3.2.3. Representación consecutiva de los escenarios 0 *business as usual* con los escenarios EURO 1-1 y 1-2

Para tener una visión global de cómo evolucionan los escenarios 0 *business as usual*, 1-1 y 1-2 estándar EURO en su conjunto, hemos elaborado un escenario donde los hemos unido en un mismo escenario (uno detrás de otro). El primero el corresponde a la curva del escenario *business as usual* desde el año 1980 hasta el 2010, seguido por el escenario 1-1, donde aplicamos el objetivo estándar EURO. Y, en el caso de Costa de Marfil, cómo se alcanza el estándar EURO en el año 2050, se enlaza con el escenario 1-2 hasta el año 2103 (año de corte con la ONA).

En la figura 26, “Escenario BaU 0 + EURO 1-1 y 1-2 de Costa de Marfil en el periodo 1980-2105”, se observa una gran diferencia entre la tendencia BaU en el periodo 1980-2010 y el encadenamiento de la curva objetivo EURO, seguida de una discontinuidad a partir del año 2050 debida a que sólo nos adaptamos al crecimiento de la población.

Figura 26. Escenario BaU 0 + EURO 1-1 y 1-2 de Costa de Marfil en el periodo 1980-2105



### 4.5.3.3. Los escenarios 2: la implementación del estándar USACAN

#### 4.5.3.3.1. Fase 1: el escenario 2-1 2010-2050

Para elaborar el escenario 2-1, seguiremos las mismas pautas que en el apartado 4.5.3.2.1., “Fase 1: el escenario 1-1 2010-2050”. En esta fase el objetivo es comprobar si Costa de Marfil puede satisfacer el volumen de agua dulce necesario para que su población viva como la media de las personas de los Estados Unidos y Canadá en el año 2000 considerando las ofertas (ONA-ONB). El periodo para alcanzar esta meta es de 40 años; desde el año 2010 hasta el año 2050.

El punto de partida del año 2010 es el mismo que en el escenario 1-1, cuya determinación está explicada en el apartado mencionado en el párrafo anterior. Para calcular la DD, es decir el volumen necesario para que la posible población del año 2050, pueda vivir según el estándar USACAN, debemos conocer dicha población y aplicar dicho estándar.

La demanda dinámica objetivo USACAN en el año 2050 sería:

$$DD \text{ (km}^3\text{)} = (1.045 \text{ m}^3\text{/persona y año} \times 10^9) / (43.373 \times 10^3 \text{ personas}) = 45,32 \text{ km}^3$$

La ratio del consumo dinámico en relación con la demanda dinámica es del 48,66%, valor calculado a partir de la base de datos de Shiklomanov (Shiklomanov, 1999).

El consumo dinámico objetivo USACAN en el año 2050 sería:

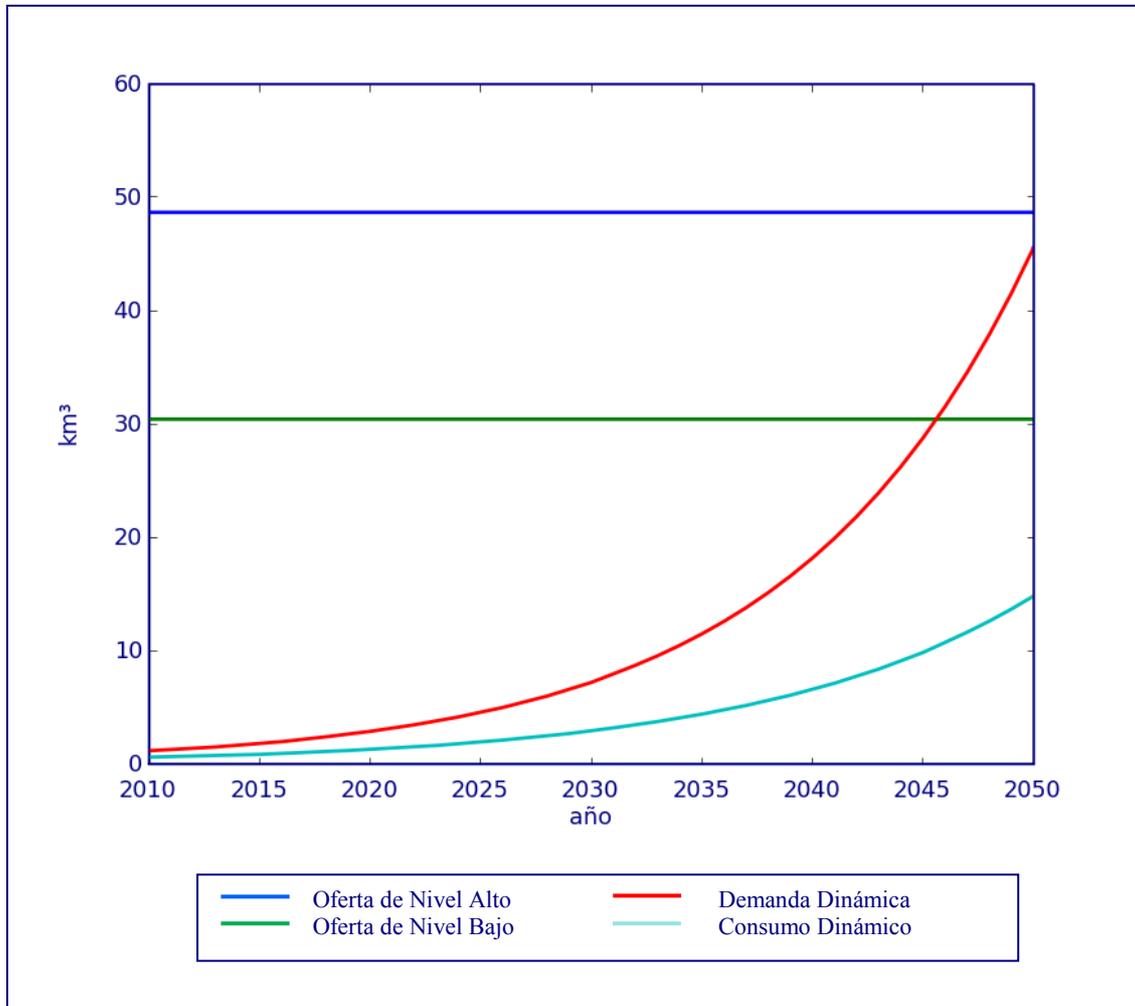
$$CD \text{ (km}^3\text{)} = 25,37 \text{ km}^3 \times 0,4866 = 22,05 \text{ km}^3$$

La gráfica del escenario 2-1 nos muestra que el objetivo 2050 no es alcanzable para la oferta de nivel bajo, ya que la demanda dinámica en el año 2050 es de 45,32 km<sup>3</sup>, por encima de la ONB (30,41 km<sup>3</sup>), pero sí que es viable para la ONA (48,66 km<sup>3</sup>).

En este caso, tal como muestra la figura 27, “Escenario USACAN 2-1 de Costa de Marfil en el periodo 2010-2050”, el primero y único punto de corte que encontramos se halla entre la curva de la DD y la horizontal de la oferta de nivel bajo. Dicho corte corresponde al año 2046, nos dibuja el par (km<sup>3</sup>, año), donde el año es el año límite de extracción la oferta de nivel bajo 30,41

km<sup>3</sup> en el cual podríamos satisfacer las demandas de una población de 39.495.000 personas a un nivel del estándar USACAN. Al trazar la vertical imaginaria desde el punto de corte hacia el eje de las abscisas, cortamos la curva de consumo dinámico y hallamos el volumen correspondiente a dicho consumo, que es de 10,38 km<sup>3</sup> en el año 2046.

**Figura 27. Escenario USACAN 2-1 de Costa de Marfil en el periodo 2010-50**



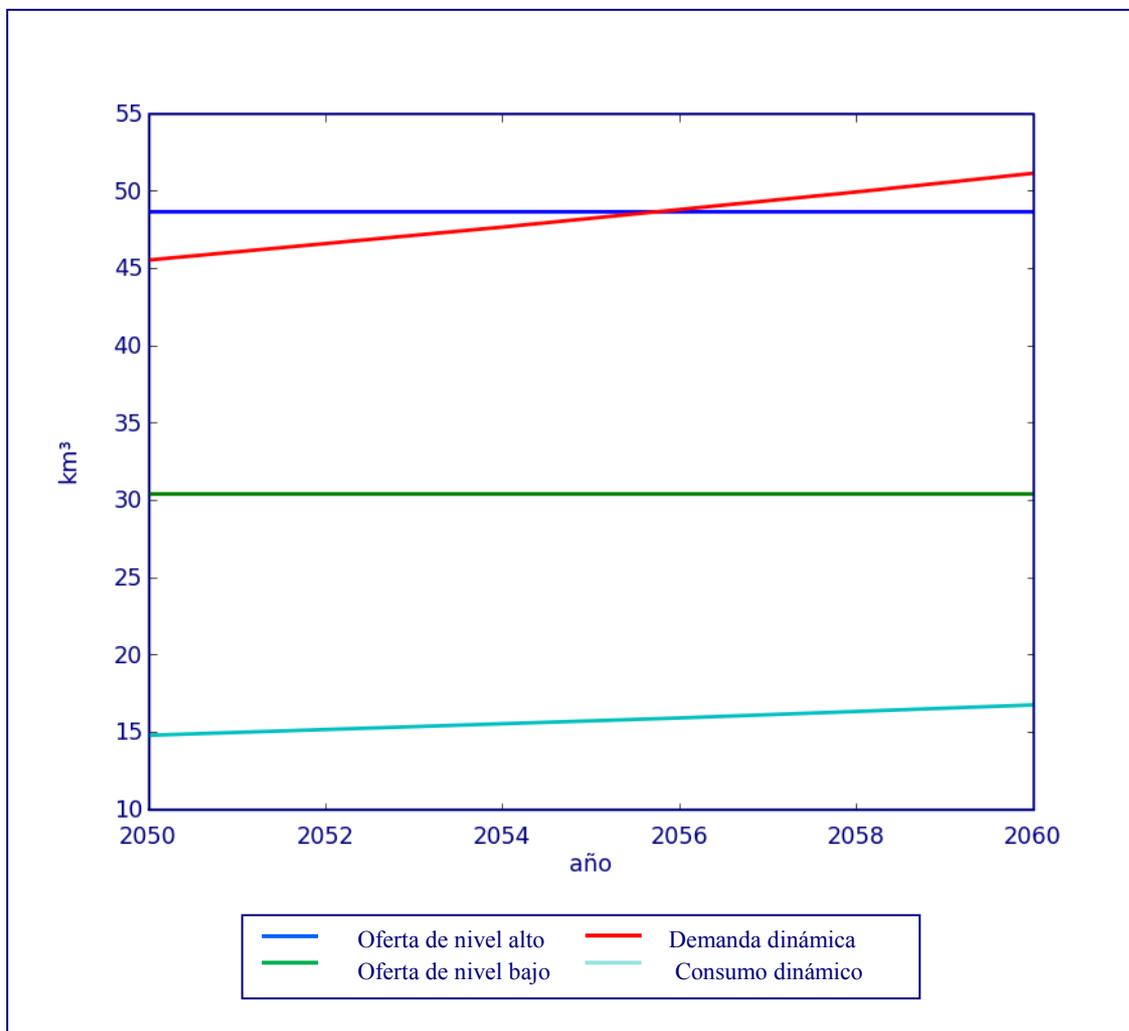
#### 4.5.3.3.2. Fase 2: el escenario 2-2 2050 → ¿?

Elaboraremos el escenario 2-2, tomando como origen el año 2050 (el año final del escenario 2-1) año a partir del cual, demandaremos agua dulce satisfaciendo el estándar USACAN a las personas de Costa de Marfil hasta que lleguemos al punto de corte con la ONB y ONA.

El punto de corte entre la curva de la DD y la horizontal de oferta de nivel alto corresponde al año 2056, este año se identificaría con el límite de extracción la oferta de nivel alto (48,66 km<sup>3</sup>) en el cual podríamos satisfacer una población de 46.646.000 personas. Al trazar la vertical en el

punto de corte, hallamos el volumen correspondiente al consumo, que es de 15,90 km<sup>3</sup> en el año 2056, tal como se aprecia en la figura 28, “Escenario USACAN 2-2 de Costa de Marfil en el periodo 2050-2060”.

**Figura 28. Escenario USACAN 2-2 de Costa de Marfil en el periodo 2050-60**



#### 4.5.3.3.3. Representación consecutiva de los escenarios *business as usual* con los escenarios USACAN 2-1 y 2-2

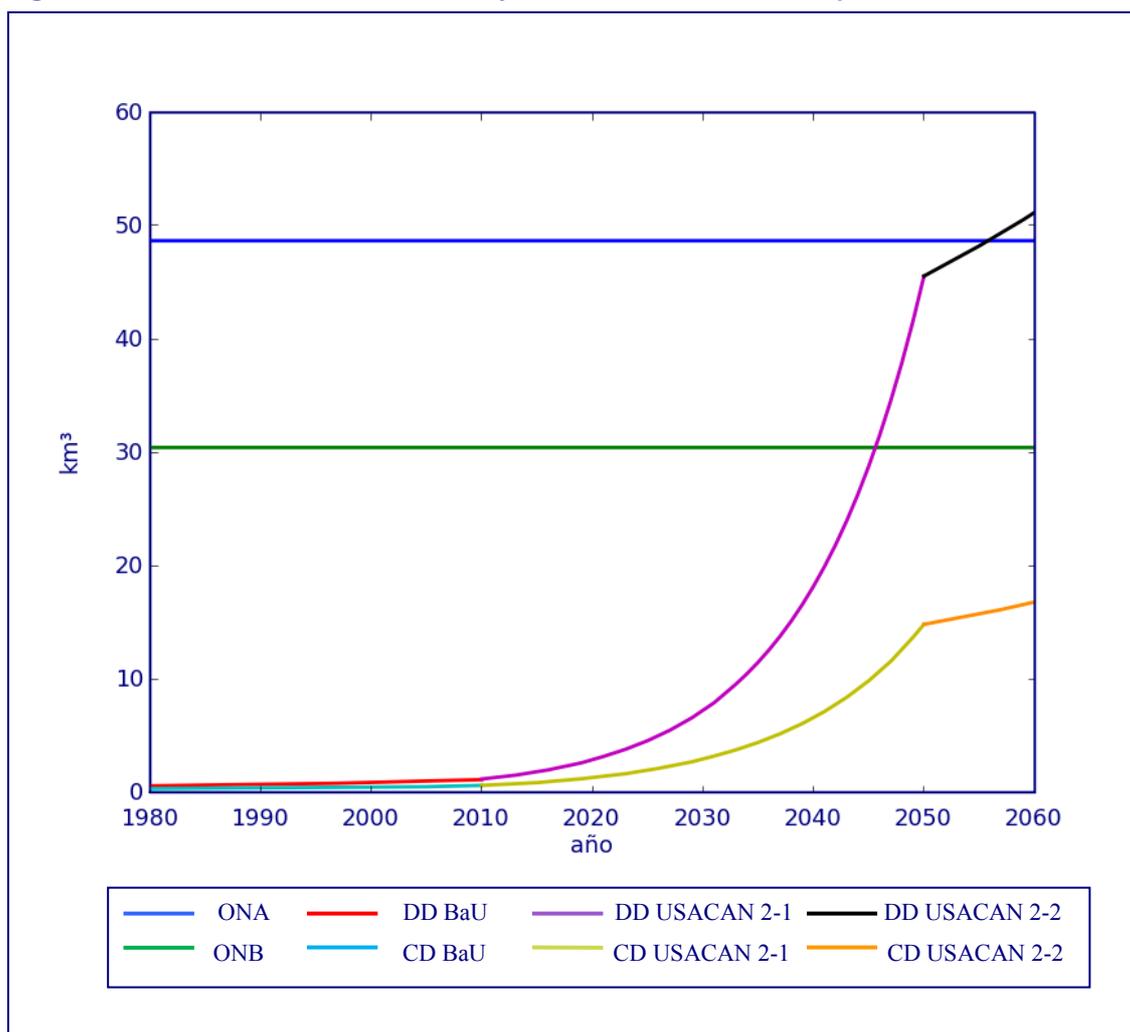
De la misma manera que en el apartado 4.5.3.2.3., “Representación consecutiva de los escenarios 0 *business as usual* con los escenarios EURO 1-1 y 1-2”, ahora elaboraremos un escenario encadenado para obtener una visión global de las tres fases.

Tal como muestra la figura 29, “Escenario BaU 0 + USACAN 2-1 y 2-2 de Costa de Marfil en el periodo 1980-2060”, la primera fase identificada con el escenario *business as usual* presenta una tendencia muy poco creciente en comparación con la fase objetivo USACAN 2-1 donde se aprecia una pendiente considerable y, en la última fase, a partir del año 2050, en el escenario

USACAN 2-2 se observa una discontinuidad que se debe a que sólo interviene la variable de población.

Si comparamos la figura 29 con la figura 26, “Escenario BaU 0 + EURO 1-1 y 1-2 de Costa de Marfil en el periodo 1980-2105”, detectamos que el periodo en el que la población puede satisfacer el estándar USACAN hasta llegar al año de corte con la ONA es de tan sólo 6 años, en cambio, en el caso del estándar EURO, es de 53.

**Figura 29. Escenario BaU 0 + USACAN 2-1 y 2-2 de Costa de Marfil en el periodo 1980-2060**



#### 4.5.4. Análisis de los escenarios 0, 1 y 2 en el ejemplo Costa de Marfil

En el escenario 0 *business as usual* desde 1980 hasta 2050, en lo que respecta a la situación de Costa de Marfil en el año 2050, podemos ver que la demanda dinámica de agua dulce, tal como muestra la tabla 28, “Los resultados de los escenarios 0, 1 y 2 de Costa de Marfil”, es de 3,19 km<sup>3</sup>, frente a una ONB de 30,41 km<sup>3</sup>. Por lo tanto, Costa de Marfil no tiene ningún problema de

oferta si su demanda se dibuja en el escenario *business as usual*. En lo referente, a la DD por persona, el incremento en los 50 años (que van del año 2000 al año 2050) es mínimo ya que pasamos de 69,15 m<sup>3</sup>/persona y año del 2000 a tan solo 73,60.

En el escenario 1, los resultados de la primera fase (el escenario1-1), tal como nos indica la figura 27 al aplicar el estándar EURO al periodo 1980-2050, en el año 2050, se sitúan con una DD por debajo de las ofertas ONB-ONA. En consecuencia, continuamos con la segunda fase y el resultado del escenario 1-2 son los años de corte de 2065 para la ONB y 2103 para la ONA.

Finalmente en el escenario 2, el resultado de aplicar el estándar USACAN a la fase del escenario 2-1, en el periodo 1980-2050 es que la DD supera a la ONB a partir del año 2046; por lo tanto en este caso ya no podemos acceder a la siguiente fase que es el escenario 2-2. Sin embargo, en el caso de la DD frente ONA, en el año 2050, la DD es inferior a la ONA y, por lo tanto, da lugar a trabajar en el escenario 2-2. En dicha fase, la elaboración de dicho escenario se identifica con el año de corte 2056, año límite hasta el cual Costa de Marfil puede disfrutar del estándar USACAN.

**Tabla 28. Los resultados de los escenarios 0,1 y 2 de Costa de Marfil**

<b>Escenario 0</b> <i>Business as usual</i> 69,15 m <sup>3</sup> /persona y año (referencia del año 2000)		<b>Escenario 1</b> <b>Estándar EURO</b> 585 m <sup>3</sup> /persona y año		<b>Escenario 2</b> <b>Estándar USACAN</b> 1.045 m <sup>3</sup> /persona y año	
<b>ONB</b> 30, 41 km <sup>3</sup>	<b>ONA</b> 48,66 km <sup>3</sup>	<b>ONB</b> 30, 41 km <sup>3</sup>	<b>ONA</b> 48,66 km <sup>3</sup>	<b>ONB</b> 30, 41 km <sup>3</sup>	<b>ONA</b> 48,66 km <sup>3</sup>
<b>1980→2050</b> <b>Año 2050:</b> <b>DD &lt; ONB</b>	<b>1980→2050</b> <b>Año 2050:</b> <b>DD &lt; ONA</b>	<b>Escenario</b> <b>1-1</b> <b>2010→2050</b> <b>Año 2050:</b> <b>DD &lt; ONB</b>	<b>Escenario</b> <b>1-1</b> <b>2010→2050</b> <b>Año 2050:</b> <b>DD &lt; ONA</b>	<b>Escenario</b> <b>2-1</b> <b>2010→2050</b> <b>Año 2050:</b> <b>DD ≥ ONB</b>	<b>Escenario</b> <b>2-1</b> <b>2010→2050</b> <b>Año 2050:</b> <b>DD &lt; ONB</b>
↓	↓	↓	↓	↓	↓
<b>DD: 3,19 km<sup>3</sup></b> <b>CD: 1,45 km<sup>3</sup></b>  <b>Población:</b> 43.344.000 Personas ↓		<b>Escenario</b> <b>1-2</b> <b>2050→¿?</b>  ↓ <b>Año de corte de</b> <b>la DD: 2065</b>	<b>Escenario</b> <b>1-2</b> <b>2050→¿?</b>  ↓ <b>Año de corte de</b> <b>la DD: 2103</b>	<b>Año de corte de</b> <b>DD: 2046</b>  ↓	<b>Escenario</b> <b>2-2</b> <b>2050→¿?</b>  ↓ <b>Año de corte de</b> <b>la DD: 2056</b>
<b>DD : 73,60 m<sup>3</sup>/persona</b>		<b>Población:</b> 52.025.000 personas	<b>Población:</b> 82.484.000 personas	<b>Población:</b> 39.495.000 personas	<b>Población:</b> 52.025.000 personas
<b>CD : 33,45 m<sup>3</sup>/persona</b>		<b>CD:</b> 18,84 km <sup>3</sup> ↓ 362,13 m <sup>3</sup> /persona	<b>CD:</b> 30,14 km <sup>3</sup> ↓ 365,40 m <sup>3</sup> /persona	<b>CD:</b> 10,38 km <sup>3</sup> ↓ 262,81 m <sup>3</sup> /persona	<b>CD:</b> 15,90 km <sup>3</sup> ↓ 305,62 m <sup>3</sup> /persona

#### 4.5.5. Esquema recapitulativo de las etapas de la propuesta metodológica en el ejemplo de Costa de Marfil

Figura 30. El proceso por etapas de la implementación del estándar EURO en el ejemplo de Costa de Marfil

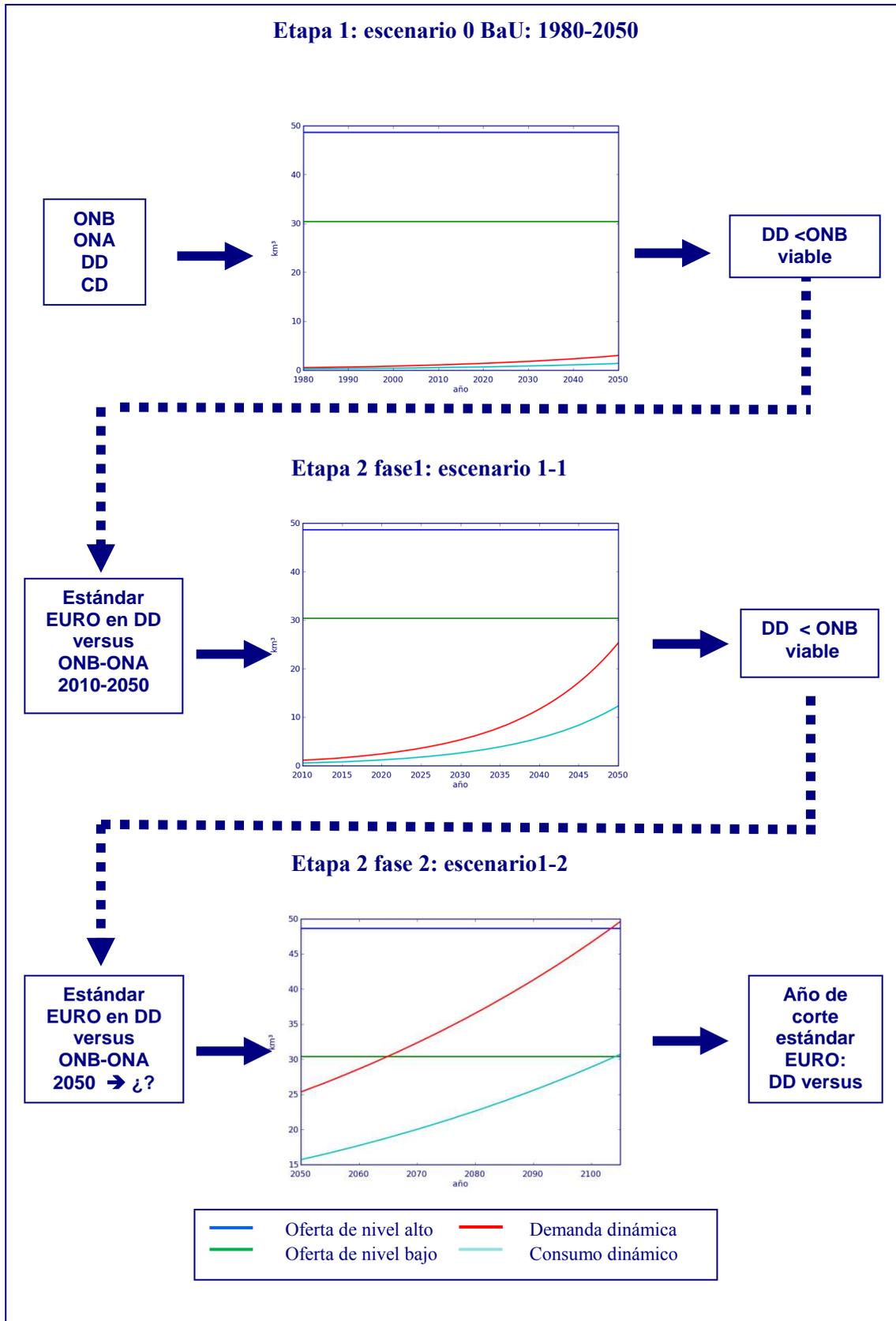
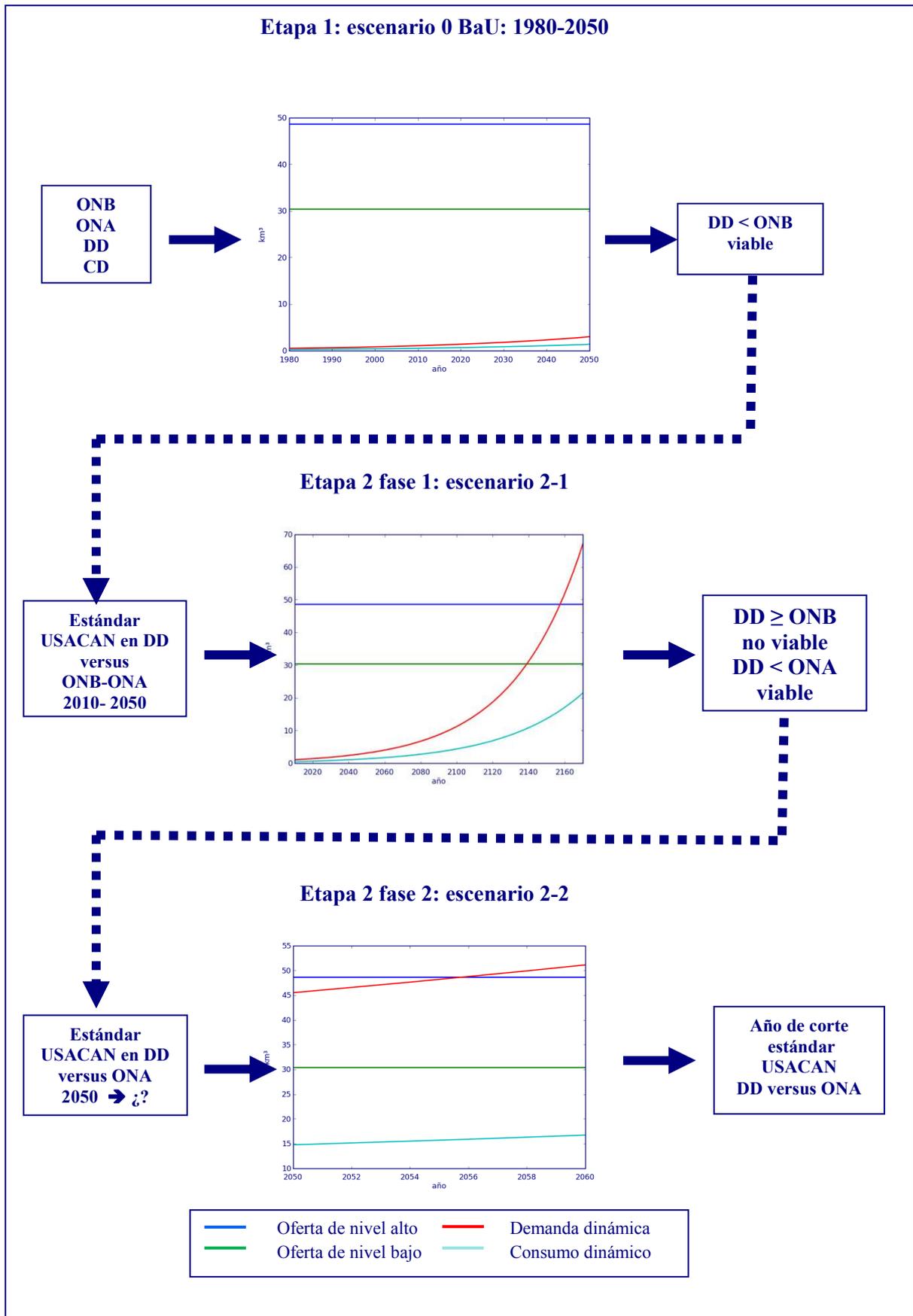


Figura 31. El proceso por etapas de la implementación del estándar USACAN en el ejemplo de Costa de Marfil



En este apartado pretendemos dar paso a paso una visión esquemática de las distintas etapas que conforman el desarrollo de la propuesta metodológica para Costa de Marfil. En concreto, la figura 30, “El proceso por etapas de la implementación del estándar EURO en el ejemplo de Costa de Marfil”, y la figura 31, “El proceso por etapas de la implementación del estándar USACAN en el ejemplo de Costa de Marfil”, nos muestran de forma recapitulativa cómo y cuándo los objetivos asociados a los estándares de calidad de vida son o no viables a medida que avanzamos por las etapas valorando la escasez de agua en función de las diversas demandas dinámicas frente a la ONA-ONB.

#### 4.5.6. Recapitulación de las etapas de la propuesta metodológica

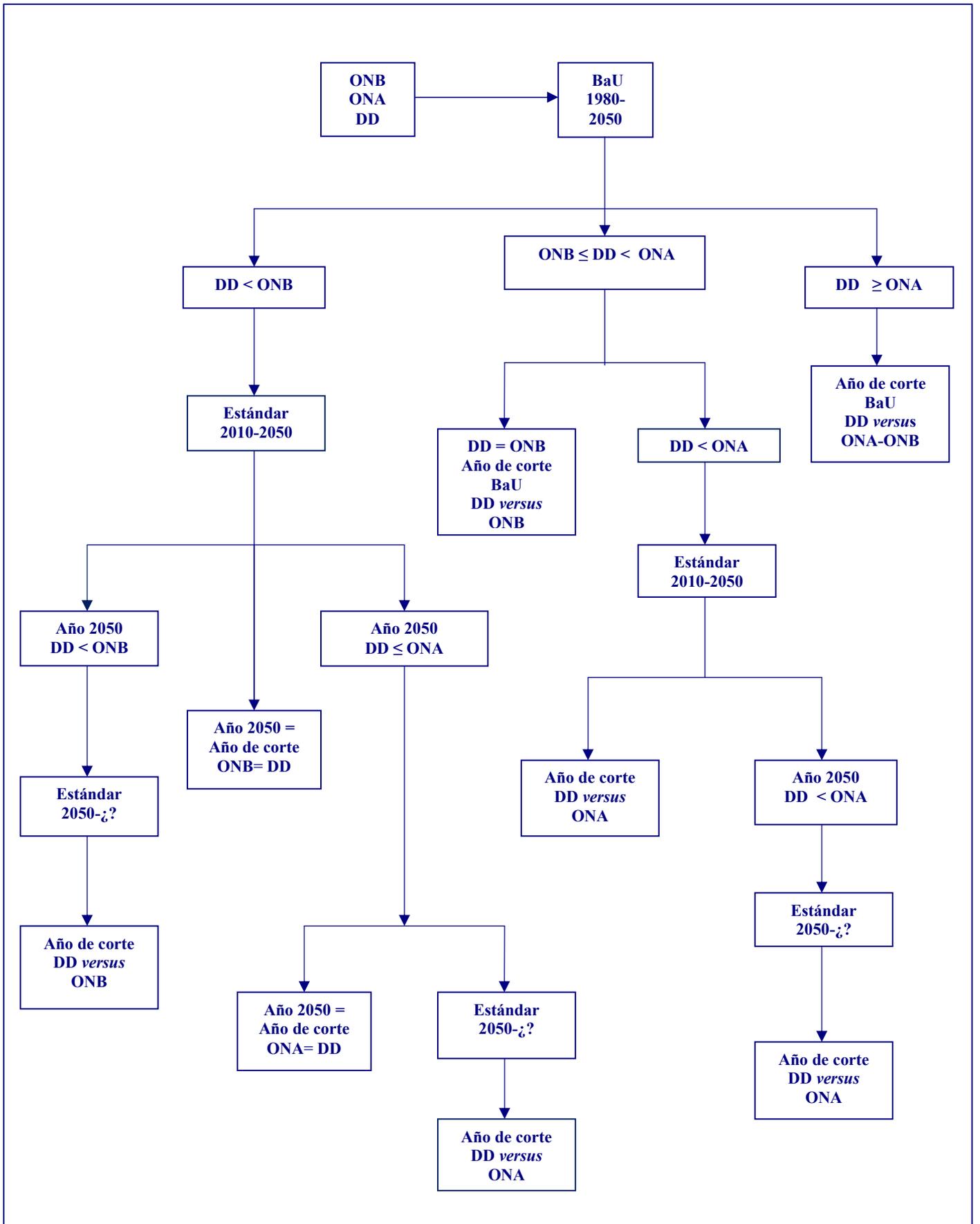
En la tabla 29, “Resumen de los distintos escenarios de Costa de Marfil”, a modo de recapitulación, se muestran las diferentes alternativas de escenarios que hemos elaborado para cada uno de los países que forman la región del golfo de Guinea.

**Tabla 29. Resumen de los distintos escenarios de Costa de Marfil**

<b>Escenario 0</b> <i>Business as usual</i> 69,15 m <sup>3</sup> /persona y año (referencia del año 2000)	<b>Escenario 1</b> <b>Estándar EURO</b> 585 m <sup>3</sup> /persona y año	<b>Escenario 2</b> <b>Estándar USACAN</b> 1.045 m <sup>3</sup> /persona y año
<b>ONB - ONA</b>	<b>ONB - ONA</b>	<b>ONB - ONA</b>
<b>Escenario 0</b>	<b>Escenario 1-1</b>	<b>Escenario 2-1</b>
<b>1980→2050</b>	<b>2010→ 2050</b>	<b>2010→ 2050</b>
<b>Por sectores</b>	<b>↓</b>	<b>↓</b>
<b>1980→2050</b>	<b>Escenario 1-2</b>	<b>Escenario 2-2</b>
<b>Global</b>	<b>2050→ ¿?</b>	<b>2050→ ¿?</b>

A continuación, la figura 32, “Árbol de los posibles escenarios”, presenta los diferentes circuitos que se establecen a medida que avanzamos en las etapas. Como podemos apreciar en ella, partimos del escenario 0 *business as usual* hasta llegar a los puntos par de equilibrio (DD, año), que definen la escasez de agua dulce en relación con la demanda dinámica (DD) *versus* las ofertas de nivel bajo y de nivel alto (ONA-ONB).

Figura 32. Árbol de los posibles escenarios



## **Capítulo 5. Aplicación de los escenarios de futuro en los casos de estudio de Guinea, Benín y Nigeria**

### **5.1. Justificación de la elección de Guinea, Benín y Nigeria como países tipo de casos de estudio**

Tal como analizamos en el apartado 4.5., “El proceso metodológico: las etapas a través del ejemplo de Costa de Marfil”, procedemos a aplicar los diferentes escenarios a los ocho países restantes que forman la región del golfo de Guinea. Una vez puesta en marcha la propuesta metodológica, vamos a identificar las diferentes problemáticas que se plantean en los países del golfo de Guinea.

Al hallar resultados y comportamientos bastante similares entre los países de esta región, hemos decidido exponer sólo los escenarios de tres países tipo como representantes de los ocho restantes de la región. Debemos recordar que nuestro objetivo es la implementación de una propuesta metodológica; por consiguiente, el interés en los casos de estudio es visualizar las diferentes respuestas de la aplicación de los distintos escenarios.

El criterio de elección de estos tres países ha estado en función de las diferentes tipologías resultantes de los escenarios 0 *business as usual*, de los escenarios 1 estándar EURO y de los escenarios 2, estándar USACAN. Las apreciaciones que hacemos a continuación sobre la demanda dinámica y la oferta de nivel bajo son a título comparativo entre los países de la región del golfo de Guinea.

En este sentido nos adelantamos a los resultados obtenidos en los distintos escenarios. El primer país escogido es Guinea, que se caracteriza por una diferencia elevada entre la oferta de nivel bajo en relación con su demanda dinámica. Benín, el segundo país elegido, tiene una diferencia media entre la oferta de nivel bajo y su demanda dinámica. Por último, el tercer país escogido es Nigeria, presenta una diferencia más pequeña que los anteriores entre la oferta de nivel bajo y la demanda dinámica. En el siguiente apartado podemos comprobar el comportamiento de estos tres países tipo en los tres escenarios: escenario 0 *business as usual*, escenario 1 estándar EURO y escenario 2 estándar USACAN. Las representaciones de los escenarios de los cinco países restantes están recogidas en el anexo A.

## 5.2. Los escenarios 0 *business as usual* (BaU)

Figura 33. Escenario 0 BaU de Guinea en el periodo 1980-2050

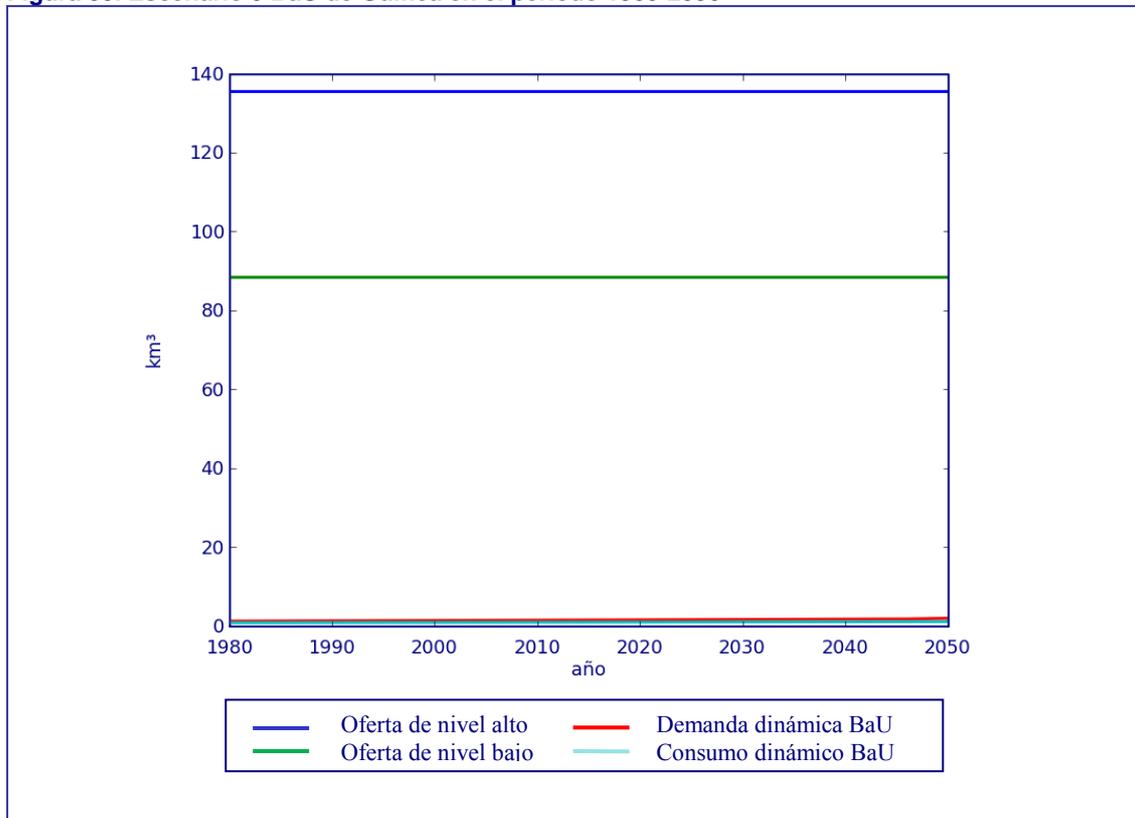


Figura 34. Escenario BaU de Benín en el periodo 1980-2050

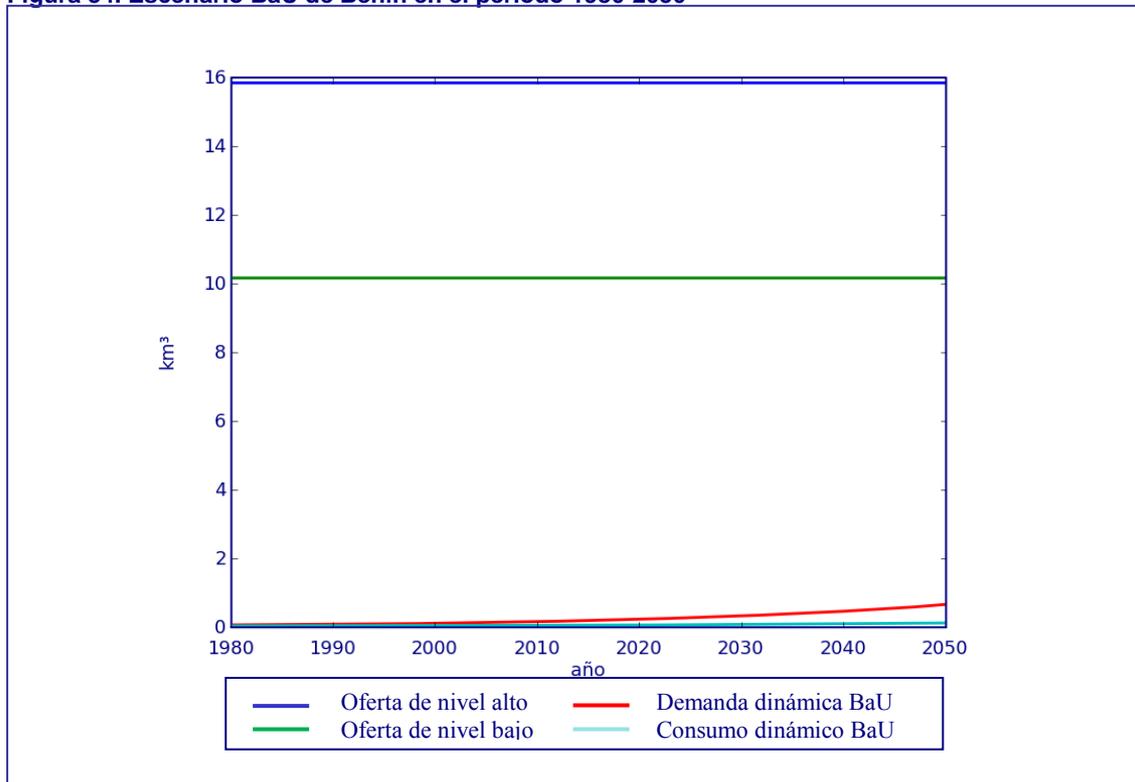
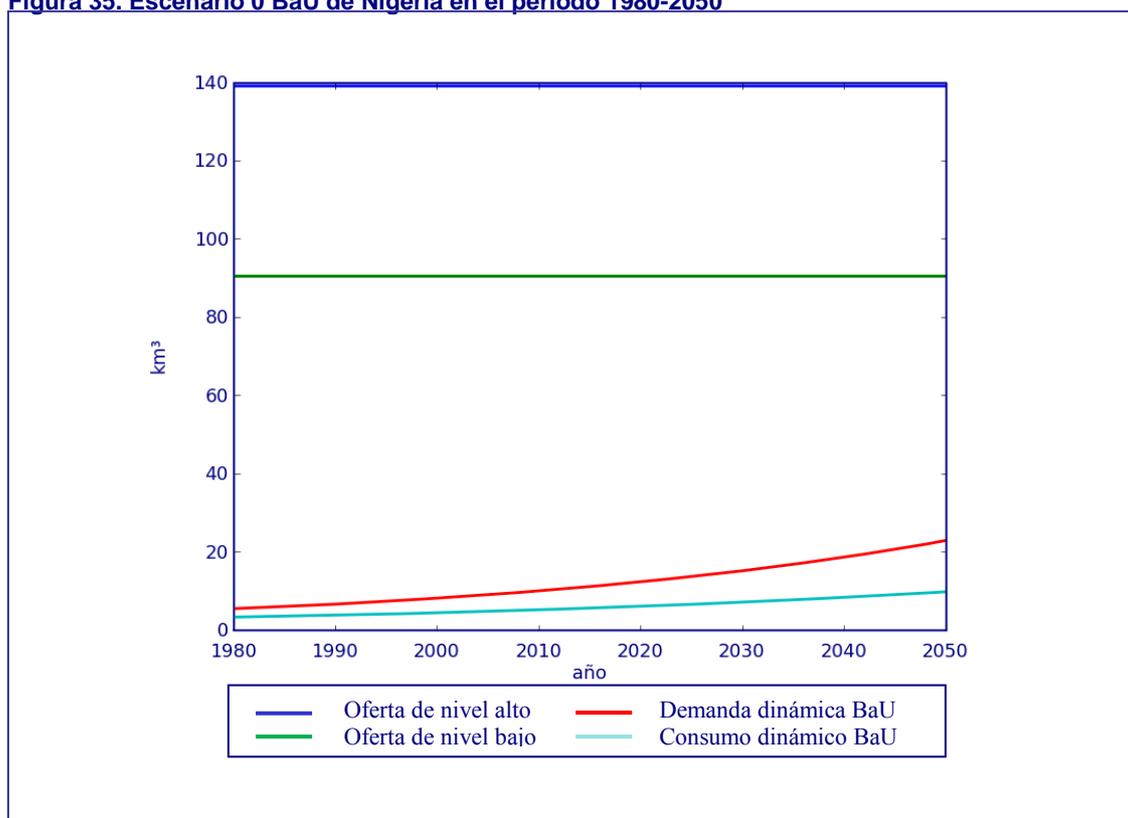


Figura 35. Escenario 0 BaU de Nigeria en el periodo 1980-2050



Tal como podemos apreciar en las figura 33, 34 y 35, relativas a los escenarios 0, *business as usual*, éstas nos indican que ningún país tiene problemas en ir demandando agua dulce en el periodo 1980-2050, y que todos ellos llegan al año 2050 con una demanda dinámica al año 2050 muy por debajo de la oferta de nivel bajo. En el año 2050, Nigeria será el mayor demandante de agua dulce, seguido de Benín y de Guinea. Esta situación es extensible a los demás países de nuestra región, como se puede comprobar en el anexo A, y, en el caso de Costa de Marfil de foma específica en el apartado 4.5.2.4., “Los escenarios globales 0: “*business as usual*” oferta versus demanda dinámica”.

Para visualizar mejor los diferentes resultados de los distintos escenarios 0, la tabla 30, “Los resultados del escenario 0 BaU de Guinea, Benín y Nigeria en el periodo 1980-2050”, muestra los datos más relevantes que se han obtenido en estos escenarios. La demanda dinámica aumenta en todos los casos, y el país que más se aproxima a la oferta de nivel bajo es Nigeria, que llega a un 39% del volumen de dicha oferta.

Este escenario 0 *business as usual* nos indica cómo evoluciona la situación de escasez de agua dulce a partir de los dos niveles de oferta (ONB-ONA) frente una demanda dinámica donde no aplicamos ningún tipo de política “nueva” durante el periodo 1980-2050. El escenario del año 2050 muestra que estos países no tienen ningún tipo de problemas para satisfacer la demanda

dinámica *business as usual* pero tal demanda implica una demanda dinámica por persona muy por debajo de los estándares de bienestar en agua dulce (EURO 585 m<sup>3</sup> por persona y año, y USACAN 1.045 m<sup>3</sup> por persona y año) establecidos en nuestra metodología. De los tres países representativos de la región del golfo de Guinea, el de mayor demanda es Guinea, que alcanza los 244,51 m<sup>3</sup> por persona y año; a continuación se sitúa Nigeria, con 79,73 m<sup>3</sup> por persona y año, y, por último, Benín con tan sólo 30,03 m<sup>3</sup> por persona y año.

**Tabla 30. Los resultados del escenario 0 BaU de Guinea, Benín y Nigeria en el periodo 1980-2050**

	Guinea ONA = 135,6 km <sup>3</sup> ONB = 88,5 km <sup>3</sup>	Benín ONA = 15,84 km <sup>3</sup> ONB = 10,16 km <sup>3</sup>	Nigeria ONA = 139,20 km <sup>3</sup> ONB = 90,55 km <sup>3</sup>
Referencia : Demanda dinámica por persona en el 2000 (m <sup>3</sup> /persona)	180,10	19,52	64,16
Demanda dinámica en el 2050 (km <sup>3</sup> )	2,05	0,66	23,05
Consumo dinámico en el 2050 (km <sup>3</sup> )	1,23	0,13	9,93
Población en el 2050* (1000 personas)	8.384	21.982	289.083
Demanda dinámica por persona en el 2050 (m <sup>3</sup> /persona)	244,51	30,03	79,73
Demanda dinámica por persona en el 2050 (litros/persona y día)	668,07	82,03	217,02

Fuente: \*UNPD, 2008.

### 5.3. Los escenarios 1: estándar EURO

Figura 36. Escenario EURO 1-1 de Guinea en el periodo 2010-2050

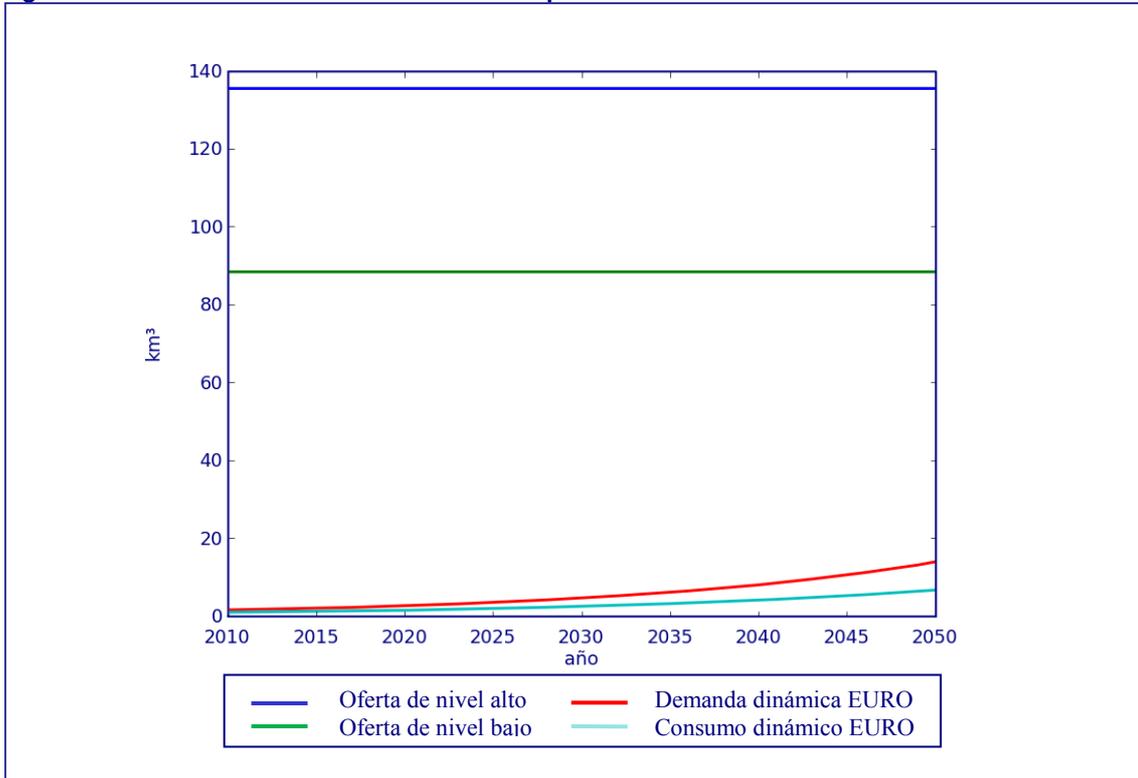
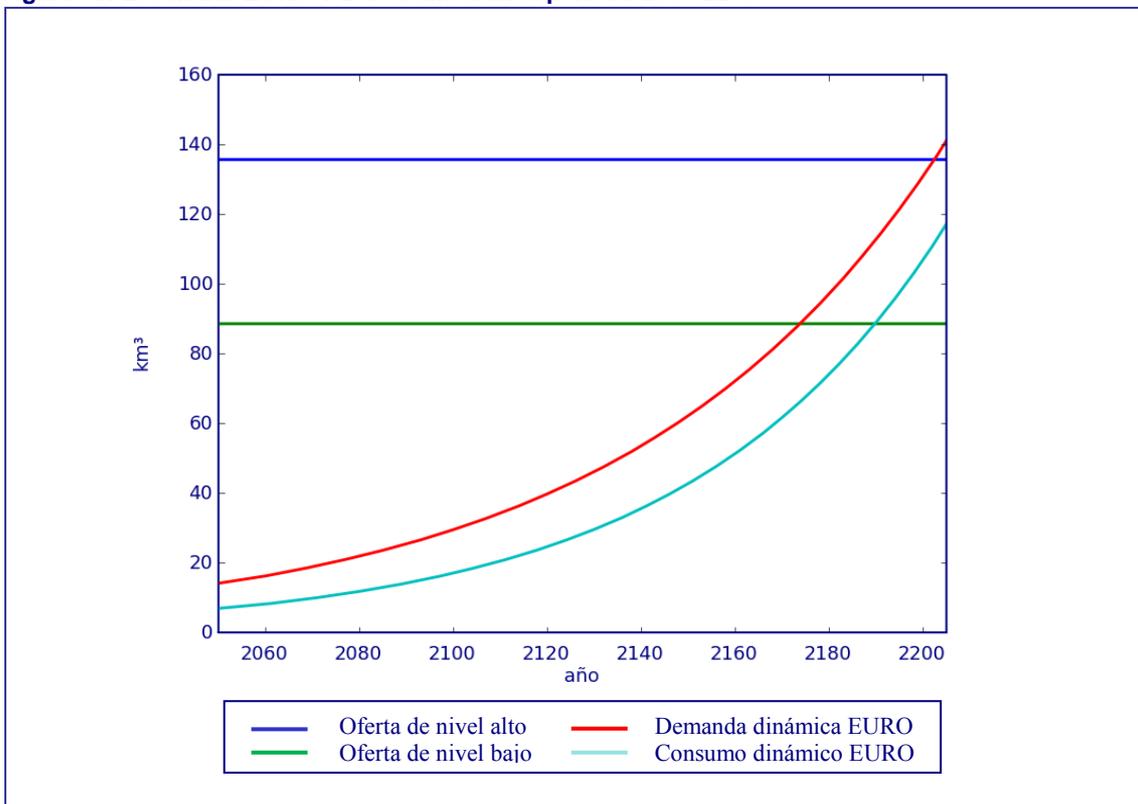
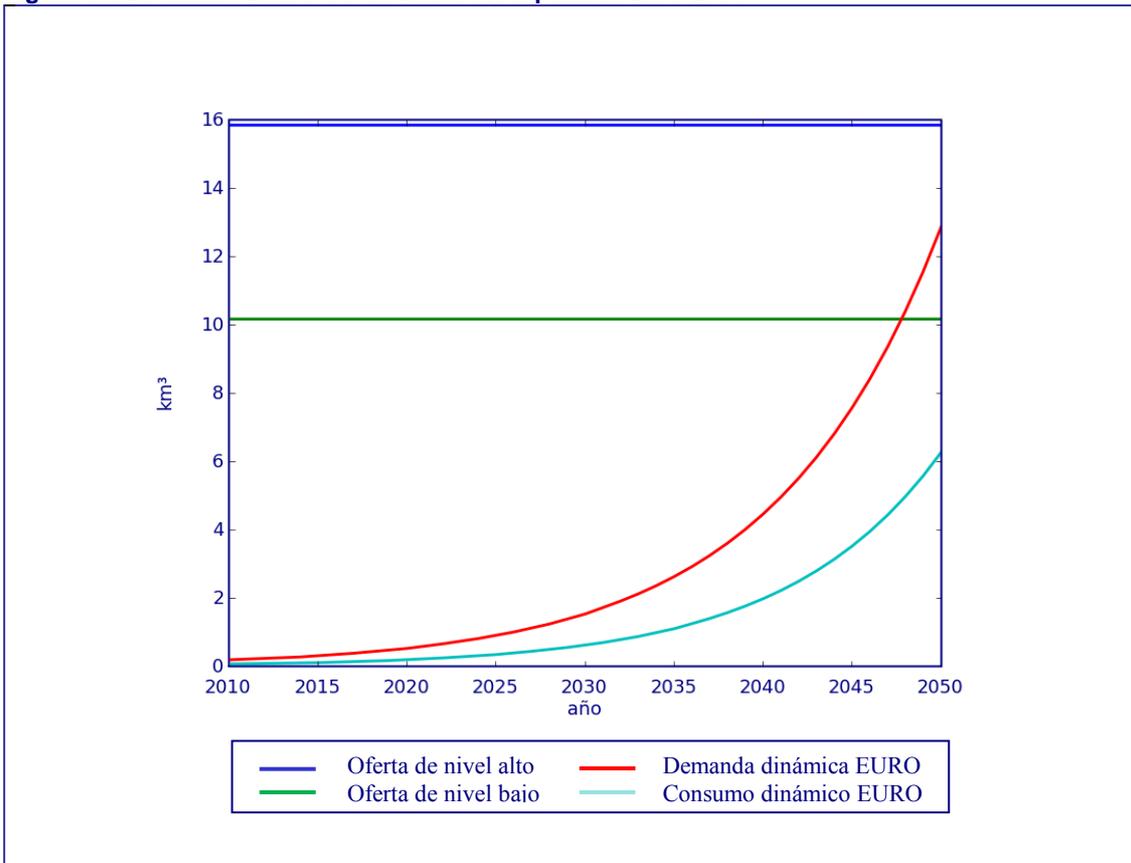


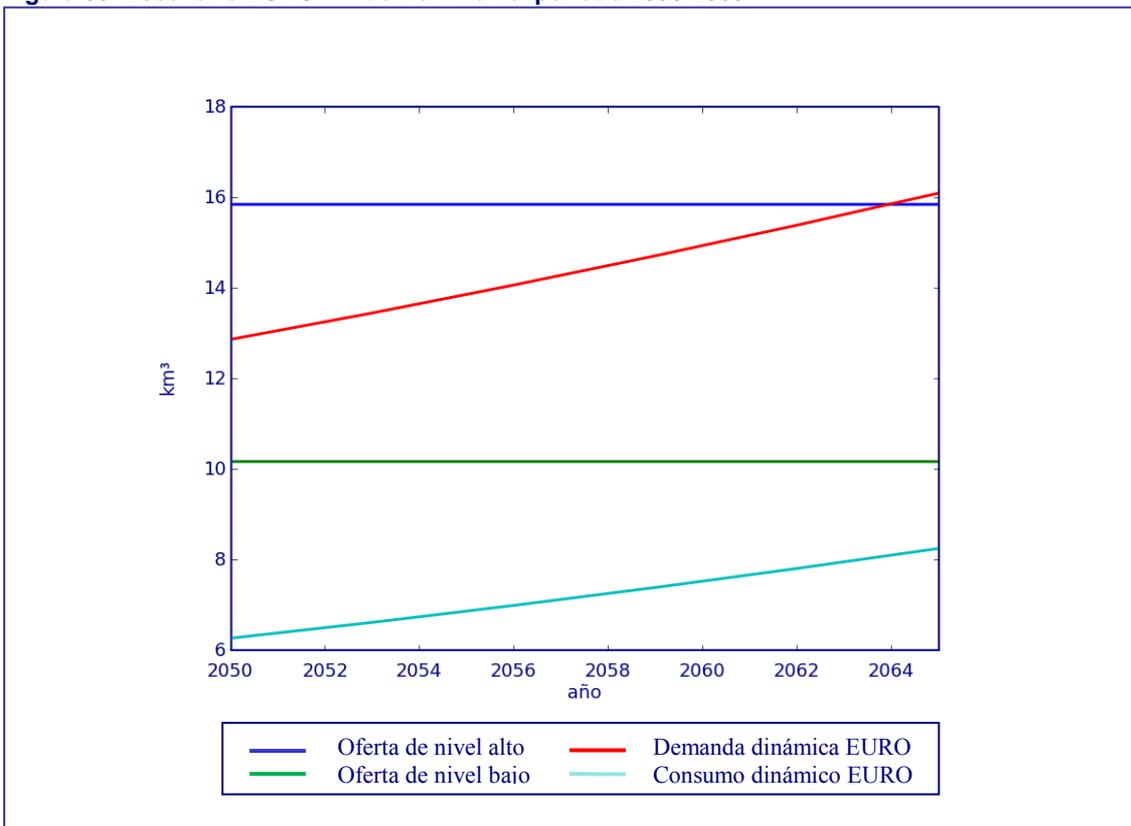
Figura 37. Escenario EURO 1-2 de Guinea en el periodo 2050-2205



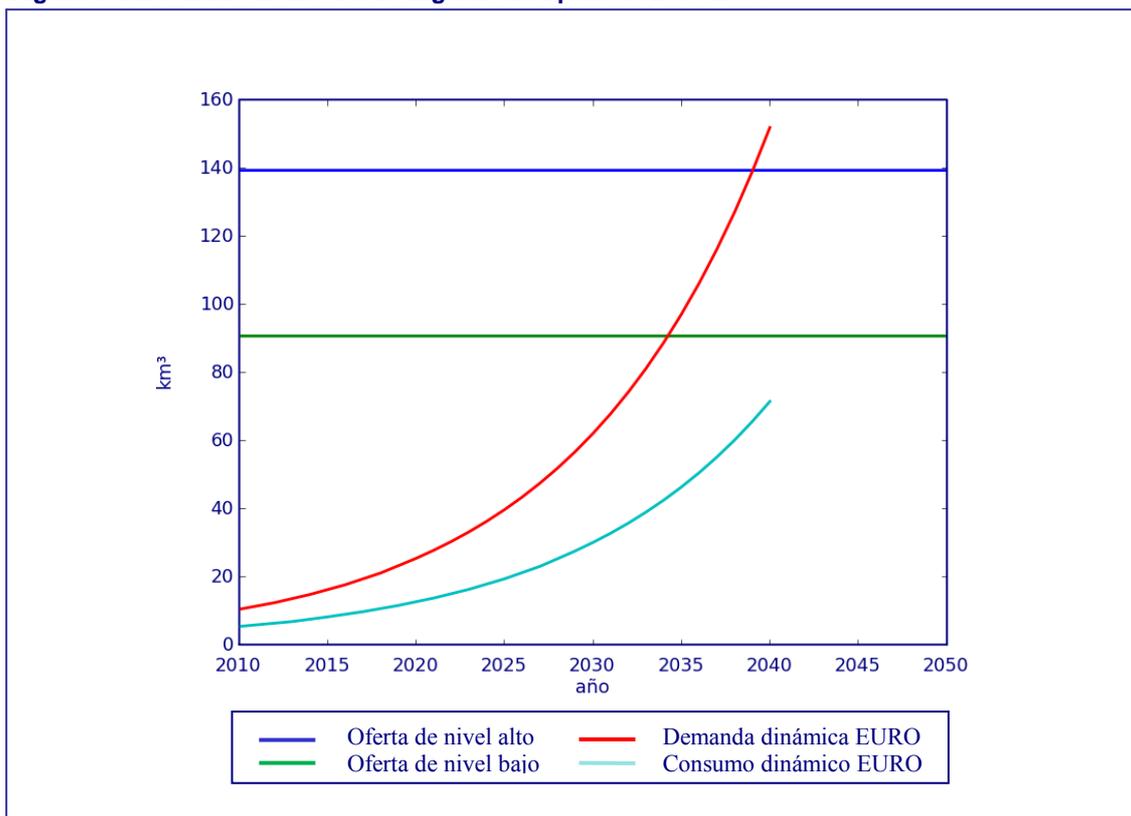
**Figura 38. Escenario EURO 1-1 de Benín en el periodo 2010-2050**



**Figura 39. Escenario EURO 1-1 de Benín en el periodo 2050-2065**



**Figura 40. Escenario EURO 1-1 de Nigeria en el periodo 2010-2050**



Como podemos apreciar en las figuras de este apartado relativas a los escenarios 1 resultado de la aplicación del estándar EURO, existen tres tipologías de respuesta. La primera se muestra en el caso de Guinea, donde, tal como se puede comprobar en la figura 36, “Escenario EURO 1-1 de Guinea en el periodo 2010-2050”, la demanda dinámica en el año 2050 se sitúa bastante por debajo de la oferta de nivel bajo. En consecuencia, continuamos con el escenario 1-2, en el que, tal como vemos en la figura 37, “Escenario EURO 1-2 de Guinea en el periodo 2205”, la demanda dinámica corta los dos niveles de la oferta, hacia el año 2200.

En el caso de Benín, constatamos que en la figura 38, “Escenario EURO 1-1 de Benín en el periodo 2010-2050”, antes de llegar al año 2050, la demanda dinámica supera a la oferta de nivel bajo, pero no en cambio a la oferta dinámica de nivel alto; por lo tanto se elabora el escenario 1-2 para localizar el año de corte de la demanda dinámica con la oferta de nivel alto. En la figura 39, “Escenario EURO 1-2 de Benín en el periodo 2050-2065”, podemos observar que es justo antes del año 2065 cuando la demanda dinámica corta este segundo nivel.

Y en el caso de Nigeria, en la figura 40, “Escenario EURO 1-1 de Nigeria en el periodo 2010-2050”, se evidencia un comportamiento distinto de los dos anteriores, ya que la demanda dinámica objetivo EURO supera a la oferta de nivel bajo antes de llegar al año 2050.

**Tabla 31. Resultados de los escenarios estándar EURO 1-1 y 1-2 de Guinea, Benín y Nigeria**

Guinea		Benín		Nigeria	
<b>Estándar EURO: 585 m<sup>3</sup> por persona y año</b>					
ONB 88,50 km <sup>3</sup>	ONA 135,60 km <sup>3</sup>	ONB 15,84 km <sup>3</sup>	ONA 10,16 km <sup>3</sup>	ONB 90,55 km <sup>3</sup>	ONA 139,20 km <sup>3</sup>
Escenario 1-1 2010→ 2050 Año 2050: DD < ONA	Escenario 1-1 2010→ 2050 Año 2050: DD < ONA	Escenario 1-1 2010→ 2050 Año 2050: DD > ONB	Escenario 1-1 2010→ 2050 Año 2050: DD < ONA	Escenario 1-1 2010→ 2050 Año 2050: DD > ONB	Escenario 1-1 2010→ 2050 Año 2050: DD > ONA
↓	↓	↓	↓	↓	↓
Escenario 1-2 2050→ ¿?	Escenario 1-2 2050→ ¿?	Año de corte de la DD: 2048	Escenario 1-2 2050→ ¿?	Año de corte de la DD: 2034	Año de corte de la DD: 2039
↓	↓		↓		
Año de corte de la DD: 2174	Año de corte de la DD: 2202		Año de corte de la DD: 2064		
Población **: 151.896.000 personas	Población **: 230.460.000 personas	Población *: 21.351.000 personas	Población **: 27.114.000 personas	Población *: 239.882.000 personas	Población *: 256.190.000 personas
CD: 66,35 km <sup>3</sup>	CD: 110,88 km <sup>3</sup>	CD: 4,97 km <sup>3</sup>	CD: 8,10 km <sup>3</sup>	CD: 42,36 km <sup>3</sup>	CD: 65,40 km <sup>3</sup>
↓	↓	↓	↓	↓	↓
436,81 m <sup>3</sup> /persona	481,12 m <sup>3</sup> /persona	232,77 m <sup>3</sup> /persona	298,74 m <sup>3</sup> /persona	176,59 m <sup>3</sup> /persona	255,27 m <sup>3</sup> /persona

Fuente: \*UNPD, 2008; \*\* calculados a partir de UNPD, 2008.

La tabla 31, “Resultados de los escenarios estándar EURO 1-1 y 1-2 de Guinea, Benín y Nigeria”, nos indica los diferentes valores del año de corte, la población y el consumo dinámico resultado de la implementación del estándar de bienestar EURO en los tres países. Como se puede apreciar, tenemos tres tipos de comportamiento en la tabla 31 (cuestión que también se puede comprobar en las figuras de este apartado).

En el primer caso tipo, Guinea llega al año de corte de la demanda dinámica con las dos ofertas a partir del año 2050 en el escenario 1-2. En el año 2174, la demanda dinámica corta la oferta de nivel bajo que correspondería a una población de casi 152 millones de personas y a un consumo dinámico de 437 m<sup>3</sup> por persona. En la oferta de nivel alto, el año de corte corresponde al año 2202, con más de 230 millones de personas y con un consumo dinámico de 481 m<sup>3</sup> por persona.

En el segundo caso tipo, Benín supera la demanda dinámica versus la oferta de nivel bajo aplicando el escenario 1-1 objetivo EURO. Y, es el escenario 1-2 el que da lugar al año de corte

entre la demanda dinámica versus la oferta de nivel alto. En el escenario 1-1, el año de corte corresponde al 2048, con una población de más de 21 millones de personas y con un consumo dinámico de 232 m<sup>3</sup> por persona. En el escenario 1-2, el año de corte corresponde al año 2064, con una población de más de 27 millones de personas y con un consumo dinámico de 299 m<sup>3</sup> por persona.

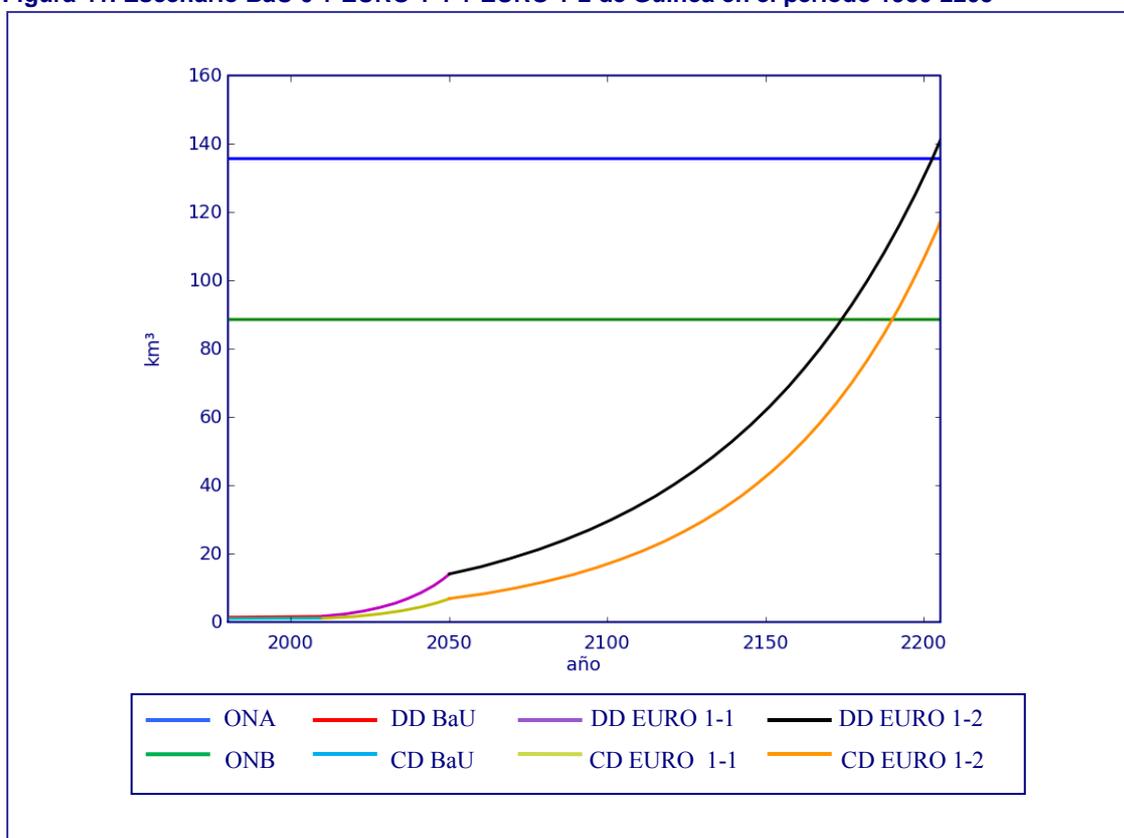
En el caso de Nigeria, el año de corte de la demanda dinámica de las dos ofertas se encuentra aplicando el escenario 1-1. El año de corte con el primer nivel de la oferta se presenta en el 2034, con casi 240 millones de personas y con un consumo en dicho año de 177 m<sup>3</sup> por persona. Y, el año de corte con la oferta de nivel alto se sitúa en el 2039, con una población de más de 256 millones de personas y con un consumo dinámico de 255 m<sup>3</sup> por persona.

Los tres países tipo nos muestran (una vez superada la fase de la implementación del escenario 1-1) las tres diferentes opciones que pueden darse en la aplicación del escenario 1-2. Como es natural, se observa que, cuanto más deprisa aumenta la demanda con respecto a la oferta, más próximos son los años de corte de la demanda dinámica versus los dos niveles de oferta.

#### 5.4. Representación consecutiva de los escenarios 0 *business as usual* con los escenarios 1 estándar EURO 1-1 y 1-2

Tal como hicimos en el apartado 4.5.3.2.3., “Representación consecutiva de los escenarios 0 *business as usual* con los escenarios EURO 1-1 y 1-2”, para tener una visión global de cómo evolucionan los escenarios 0 *business as usual*, 1-1 y 1-2 estándar EURO en su conjunto, los hemos unido en un mismo escenario (uno detrás de otro). El primero corresponde a la curva del escenario *business as usual* desde el año 1980 hasta el 2010 conseguido con el escenario 1-1, donde aplicamos el objetivo estándar EURO. Y, este último siempre y cuando se cumpla el estándar EURO en el año 2050, se enlaza con el escenario 1-2 hasta encontrar el año de corte.

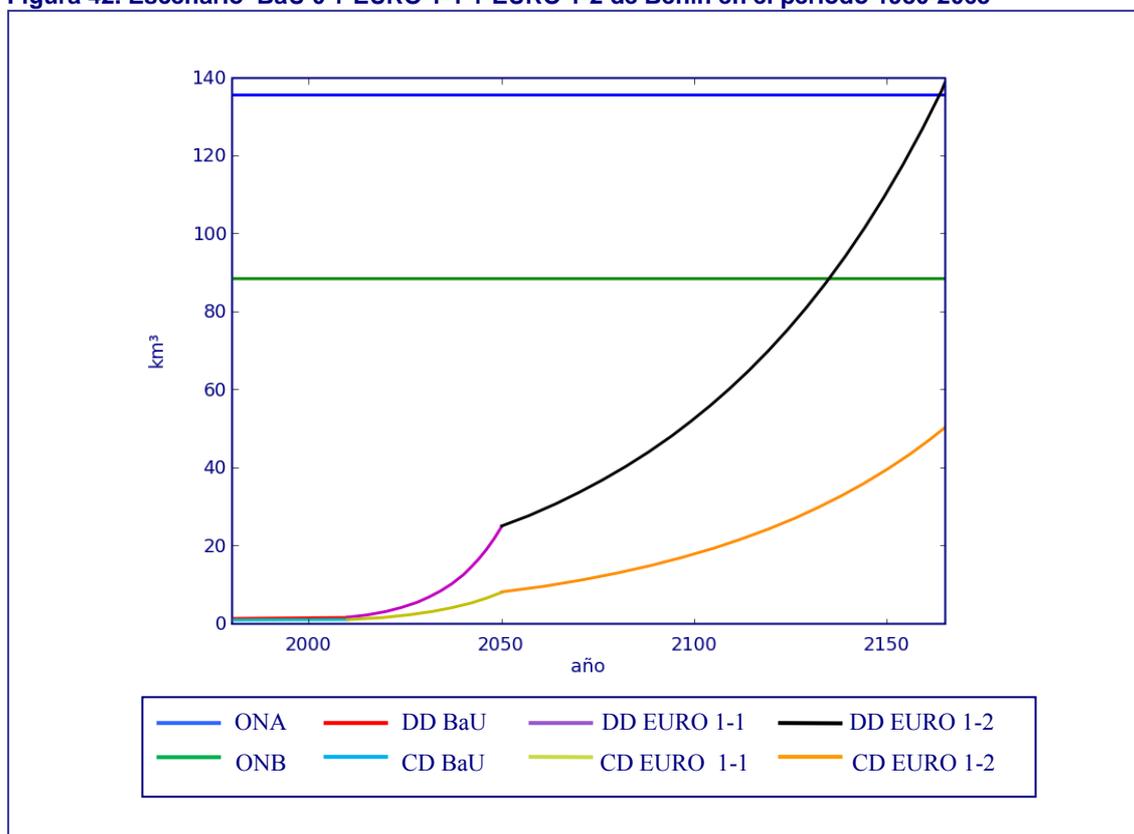
Figura 41. Escenario BaU 0 + EURO 1-1 + EURO 1-2 de Guinea en el periodo 1980-2205



Tal como podemos observar en la figura 41, “Escenario BaU 0+ EURO 1-1 + EURO 1-2 de Guinea en el periodo 1980-2205”, en Guinea se podrá disfrutar hasta el año 2203 de un bienestar en agua según el estándar EURO. En cambio, el escenario *business as usual* como ya sabemos, se caracteriza por una tendencia de la demanda dinámica muy inferior a la del estándar EURO. Se observa una discontinuidad debida al hecho de que a partir del 2050 sólo nos adaptamos al aumento de población.

Somos conscientes de que los pronósticos a tan largo plazo son inciertos, sobre todo si el tema en cuestión se refiere a la población, factor determinante en nuestros escenarios. Sin embargo, a pesar de ello, la figura 41 nos muestra un posible escenario de futuro donde la escasez de agua dulce no es el motivo por el cual las personas de ese país no puedan vivir según el estándar de bienestar en agua dulce EURO.

**Figura 42. Escenario BaU 0 + EURO 1-1 + EURO 1-2 de Benín en el periodo 1980-2065**

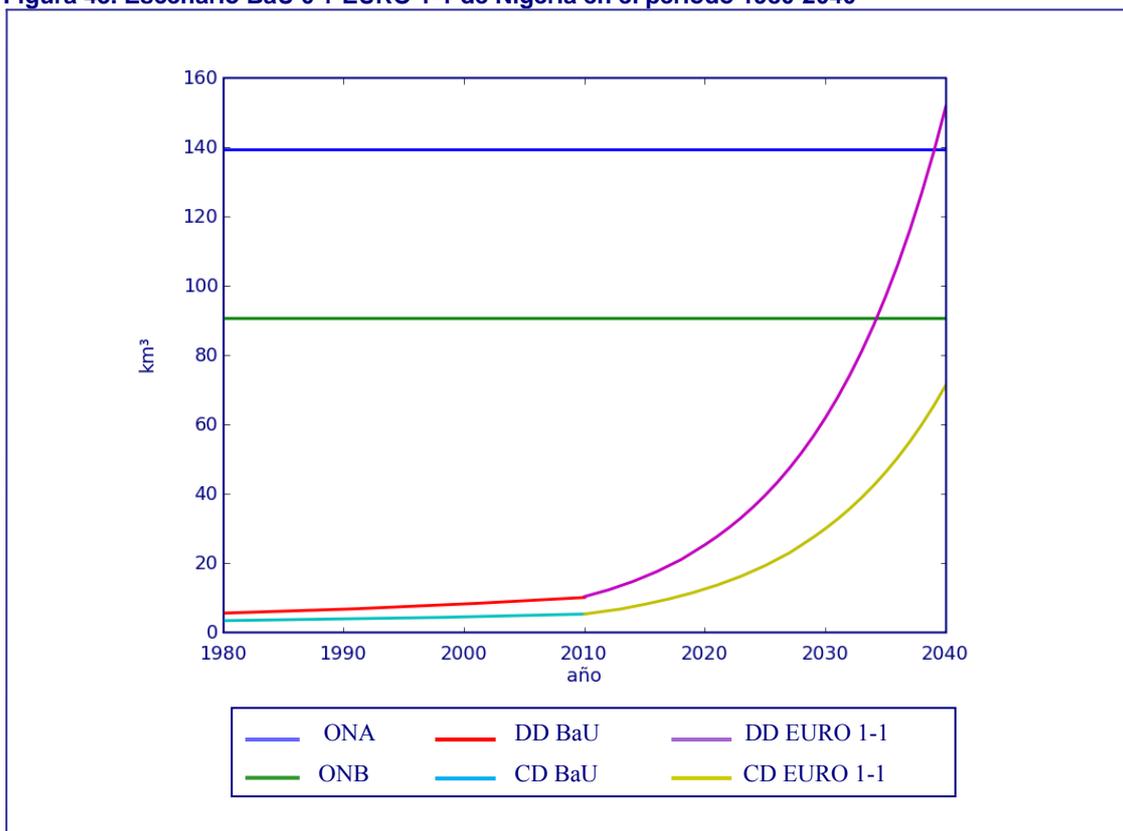


En la figura 42, “Escenario BaU 0 + EURO 1-1 + EURO 1-2 de Benín en el periodo 1980-2065”, podemos apreciar una situación completamente distinta de la de Guinea. Benín consigue el objetivo y alcanza el estándar EURO en el escenario 1-1, sin embargo el tiempo en el cual puede mantener este nivel de bienestar es inferior a los quince años.

La tendencia de la curva de la demanda dinámica del escenario 0 *business as usual* está mucho más próxima a la evolución de la curva de la aplicación del estándar EURO que en el caso de Guinea. Sin embargo, en el año 2050 la demanda dinámica en el escenario 0 sería de 30 m<sup>3</sup> por persona frente a los 585 m<sup>3</sup> por persona del estándar EURO, cuestión muy preocupante para el bienestar de los habitantes de Benín.

Tal como podemos observar en la figura 43, “Escenario BaU 0+ EURO 1-1 de Nigeria en el periodo 1980-2040”, la tipología de comportamiento, como ya hemos visto en el apartado anterior, en este caso no optamos al escenario 1-2, ni cumplimos el objetivo del escenario 1-1. La grave situación de este país se debe a que no tiene opción a satisfacer el bienestar en agua. Por otro lado, su futuro en el escenario *business as usual* no es muy alentador, ya que en el año 2050 cada persona de Nigeria tendrá una demanda de tan sólo 80 m<sup>3</sup>.

**Figura 43. Escenario BaU 0 + EURO 1-1 de Nigeria en el periodo 1980-2040**



## 5.5. Los escenarios 2: estándar USACAN

Figura 44. Escenario 2-1 de Guinea en el periodo 2010-2050

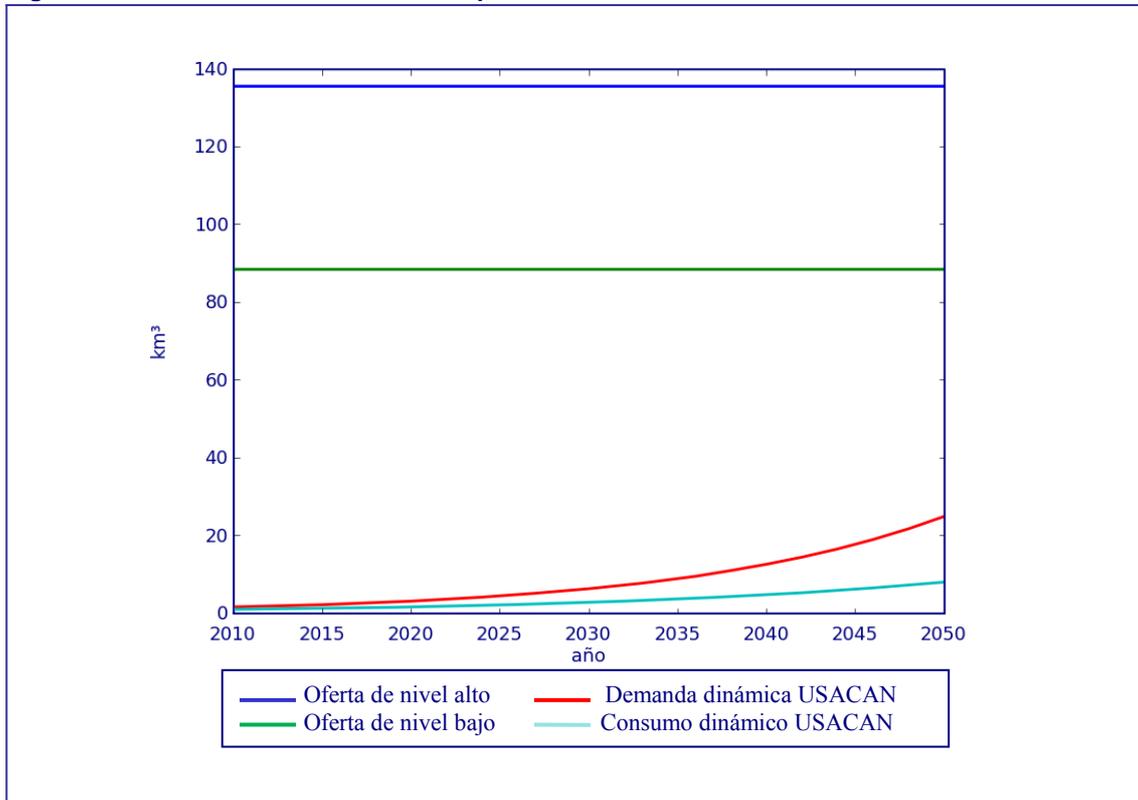


Figura 45. Escenario 2-2 de Guinea en el periodo 2050-2165

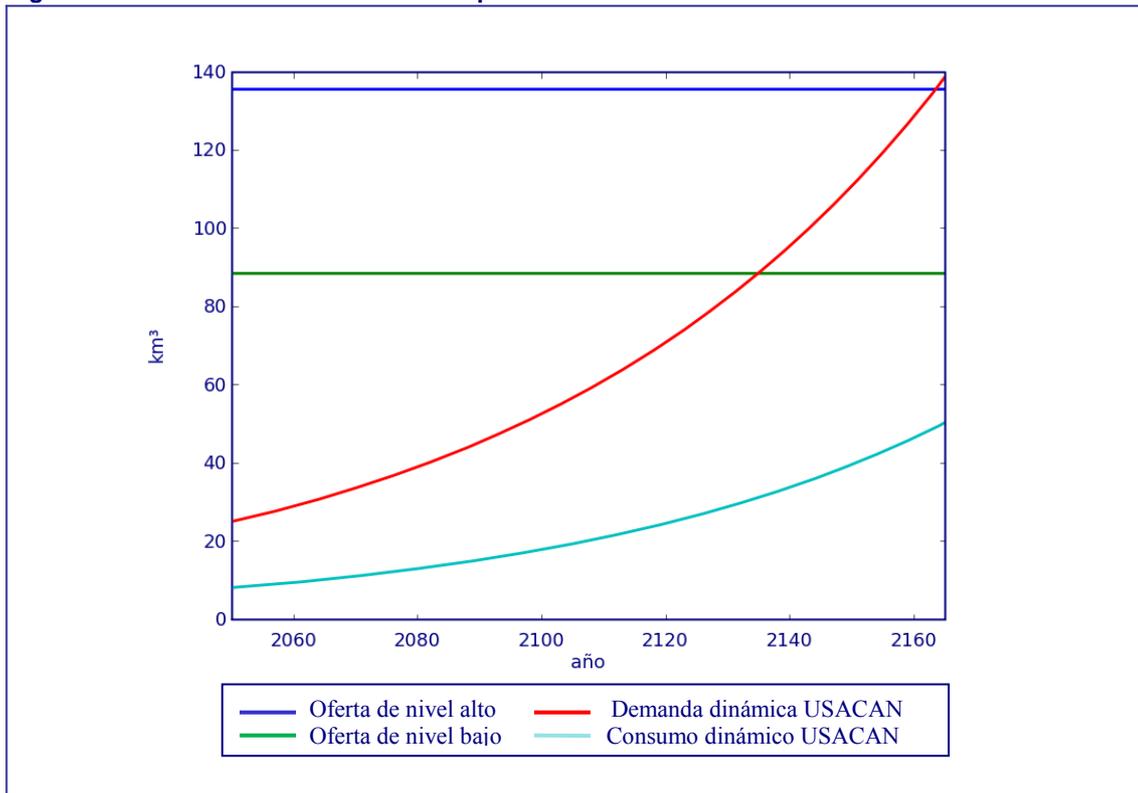


Figura 46. Escenario 2-1 de Benín en el periodo 2010-2050

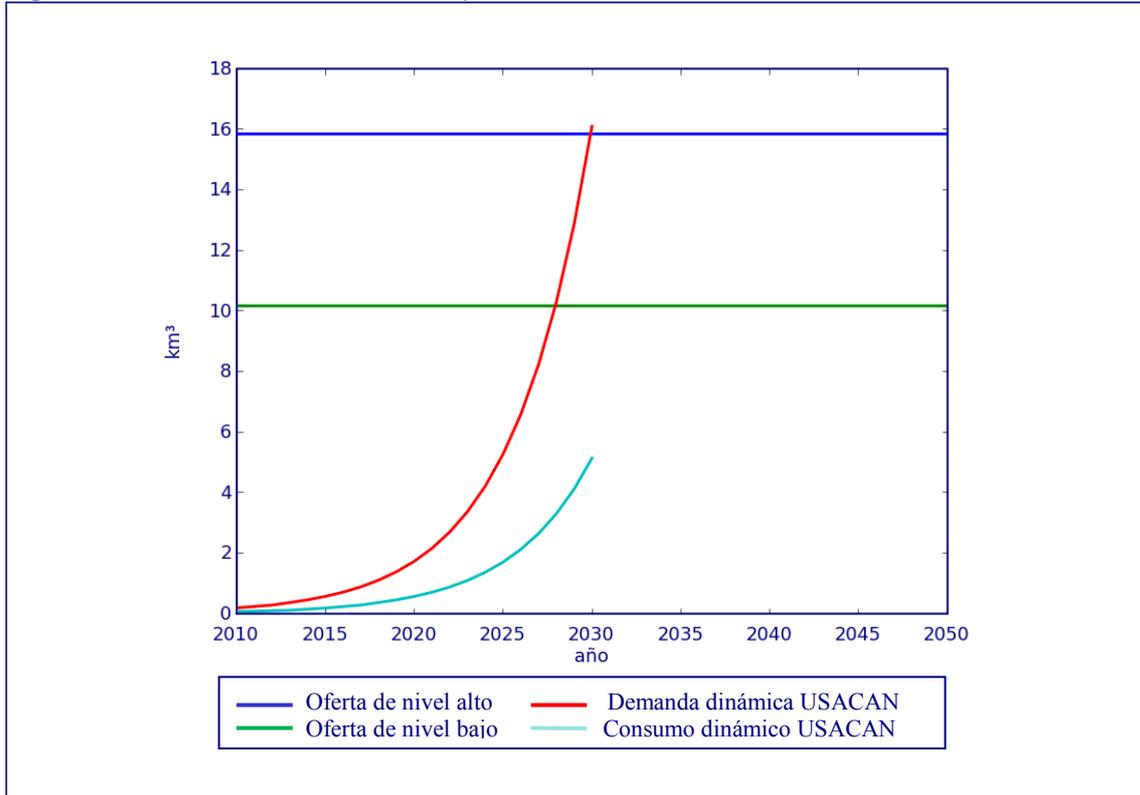
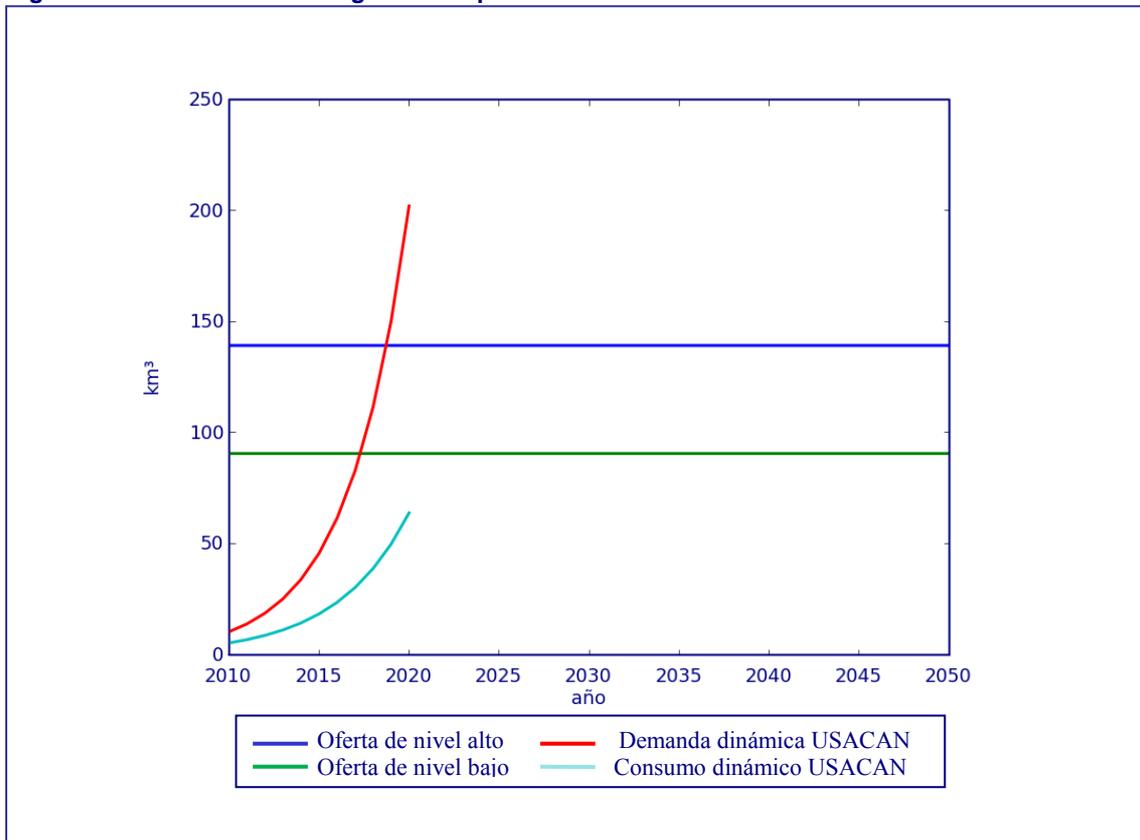


Figura 47. Escenario 2-1 de Nigeria en el periodo 2010-2050



En la aplicación de los escenarios 2-1 estándar USACAN a los tres países tipo, podemos observar dos tipos de comportamiento. El primero de ellos es el de Guinea, donde tal como se aprecia en la figura 44, “Escenario 2-1 de Guinea en el periodo 2010-2050”, la demanda dinámica en el año 2050 es inferior a la oferta de nivel bajo. Al estar en esta situación, elaboramos el escenario 2-2, que corresponde a la figura 45, “Escenario 2-2 de Guinea en el periodo 2050-2165”, donde apreciamos que el corte en los dos niveles de la oferta se produce en el año 2160.

El segundo tipo de comportamiento es el que presentan tanto Benín en la figura 46, “Escenario 2-1 de Benín en el periodo 2010-2050”, como Nigeria en la figura 47, “Escenario 2-1 de Nigeria en el periodo 2010-2050”, donde se aplica el estándar USACAN al escenario 2-1. En estas figuras observamos que las demandas dinámicas respectivas de los dos países cortan sus correspondientes dos niveles de oferta durante el periodo 2010-2050.

Al igual que en el apartado anterior 5.4., “Representación consecutiva de los escenarios 0 *business as usual* con los escenarios EURO 1-1 y 1-2”, la tabla 32, “Resultados de los escenarios estándar USACAN 2-1 y 2-2 de Guinea, Benín y Nigeria”, nos muestra de forma recapitulativa los diferentes resultados de la implementación de ese estándar.

Guinea, a diferencia de los otros dos países tipo, llega al escenario 2-2 donde la demanda dinámica corta con la oferta de nivel bajo en el año 2135, con una población de casi 85 millones de habitantes y con un consumo dinámico de 368 m<sup>3</sup> por persona. La curva de la demanda dinámica corta la oferta de nivel alto en el año 2165, con una población de casi 129 millones de personas y con un consumo dinámico de 379 m<sup>3</sup> por persona.

En cambio, los escenarios Benín y Nigeria tienen otro tipo de comportamiento, ya que alcanzarían el año de corte mucho más deprisa, con valores mucho más cercanos al año 2010. En el caso de Benín, las curvas de la demanda dinámica frente a las ofertas dan, en primer lugar, 2028 como año de corte en el nivel bajo y, en segundo lugar, a 2030 como año de corte en el nivel alto. El primero se relaciona con una población de más de 14 millones de personas y con un consumo dinámico de 224 m<sup>3</sup> por persona y el segundo, con una población por encima de los 15 millones de personas y con un consumo dinámico de 333 m<sup>3</sup> por persona.

Finalmente, en los escenarios de Nigeria (asimilables a los escenarios de Benín) se obtiene como resultado años de corte más próximos al 2010. El año de corte de la demanda dinámica con la oferta de nivel bajo se produce en el 2017, con una población de casi 183 millones de personas y con un consumo dinámico de 165 m<sup>3</sup> por persona. En el caso de la oferta de nivel

alto, la curva de la demanda dinámica da el 2019 como año de corte, con casi 190 millones de personas y con un consumo dinámico de 262 m<sup>3</sup> por persona.

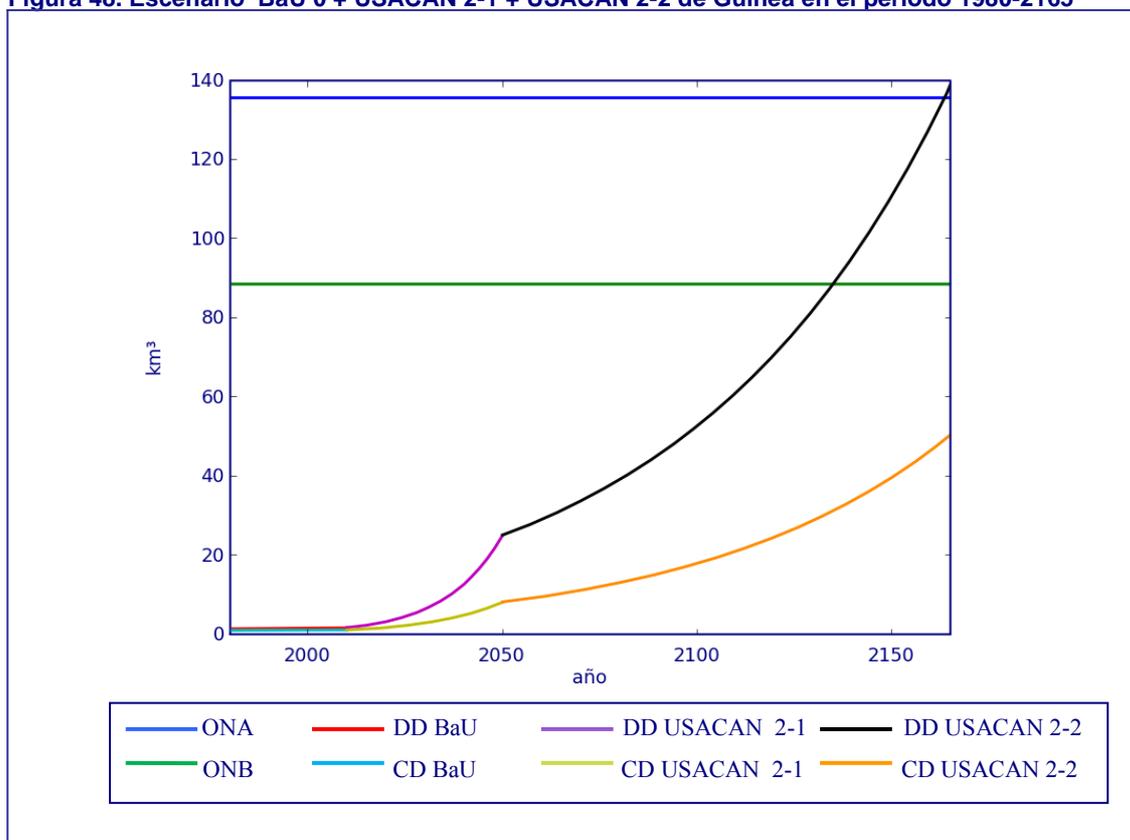
**Tabla 32. Resultados de los escenarios estándar USACAN 2-1 y 2-2 de Guinea, Benín y Nigeria**

Guinea		Benín		Nigeria	
<b>Estándar USACAN: 1.045 m<sup>3</sup> por persona y año</b>					
<b>ONB</b> 88,50 km <sup>3</sup>	<b>ONA</b> 135,60 km <sup>3</sup>	<b>ONB</b> 10,16 km <sup>3</sup>	<b>ONA</b> 15,84 km <sup>3</sup>	<b>ONB</b> 90,55 km <sup>3</sup>	<b>ONA</b> 139,20 km <sup>3</sup>
<b>Escenario 2-1</b> 2010→2050 Año 2050: DD < ONA	<b>Escenario 2-1</b> 2010→2050 Año 2050: DD < ONA	<b>Escenario 2-1</b> 2010→2050 Año 2050: DD > ONB	<b>Escenario 2-1</b> 2010→2050 Año 2050: DD > ONA	<b>Escenario 1-1</b> 2010→2050 Año 2050: DD > ONB	<b>Escenario 1-1</b> 2010→2050 Año 2050: DD > ONA
↓	↓	↓	↓	↓	↓
<b>Escenario 2-2</b> 2050→ ¿?	<b>Escenario 2-2</b> 2050→ ¿?	<b>Año de corte de la DD: 2028</b>	<b>Año de corte de la DD: 2030</b>	<b>Año de corte de la DD: 2017</b>	<b>Año de corte de la DD: 2019</b>
↓	↓				
<b>Año de corte de la DD: 2135</b>	<b>Año de corte de la DD: 2163</b>				
<b>Población:</b> 84.990.000 personas	<b>Población:</b> 128.950.000 personas	<b>Población:</b> 14.742.000 personas	<b>Población:</b> 15.399.000 personas	<b>Población:</b> 182.919.000 personas	<b>Población:</b> 189.830.000 personas
<b>CD:</b> 31,32 km <sup>3</sup>	<b>CD:</b> 48,83 km <sup>3</sup>	<b>CD:</b> 3,30 km <sup>3</sup>	<b>CD:</b> 5,13 km <sup>3</sup>	<b>CD:</b> 30,19 km <sup>3</sup>	<b>CD:</b> 49,72 km <sup>3</sup>
↓	↓	↓	↓	↓	↓
368,51 m <sup>3</sup> /persona	378,67 m <sup>3</sup> /persona	223,85 m <sup>3</sup> /persona	333,14 m <sup>3</sup> /persona	165,05 m <sup>3</sup> /persona	261,92 m <sup>3</sup> /persona

## 5.6. Representación consecutiva de los escenarios 0 *business as usual* con los escenarios 2 estándar USACAN 2-1 y 2-2

Al igual que en el apartado 5.4., “Representación consecutiva de los escenarios 0 *business as usual* con los escenarios 1 estándar EURO 1-1 y 1-2”, para tener una visión global de cómo evolucionan los escenarios 2-1 y 2-2 estándar USACAN en su conjunto, los hemos unido en un escenario hemos (uno detrás de otro). Primero va el escenario 0 *business as usual* (1980-2010) y, en segundo lugar, el escenario objetivo USACAN 2-1 (2010-2050) y que va enlazado, en su caso, con el escenario 2-2 (2050-¿?).

**Figura 48. Escenario BaU 0 + USACAN 2-1 + USACAN 2-2 de Guinea en el periodo 1980-2165**

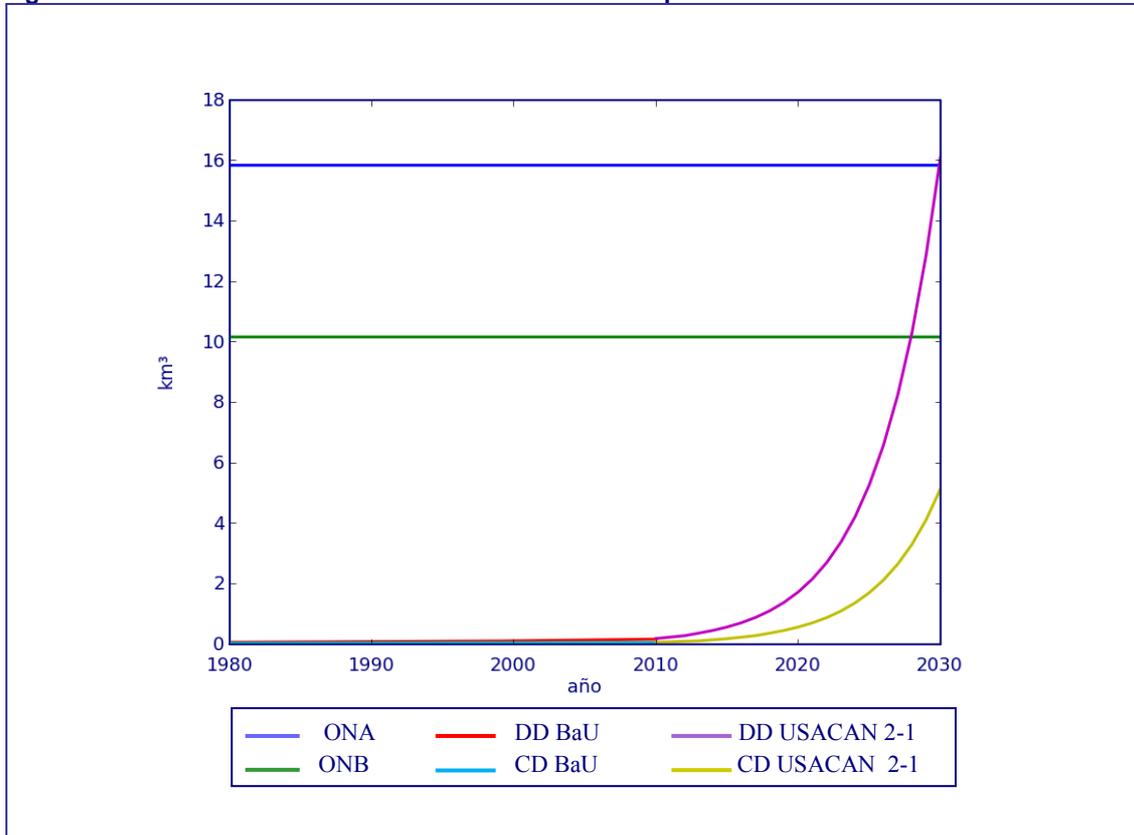


El dibujo que representa la figura 48, “Escenario BaU 0 + USACAN 2-1 + USACAN 2-2 de Guinea en el periodo 1980-2165”, muestra, al igual que en el escenario EURO, la posibilidad de alcanzar y poder disfrutar del estándar USACAN en un plazo de tiempo bastante largo. La demanda dinámica USACAN supera ampliamente la demanda dinámica *business as usual* tal como podemos observar en la figura 48 a partir del año 2050.

Tal como se aprecia en la figura 49, “Escenario BaU 0 + USACAN 2-1 de Benín en el periodo 1980-2030”, la máxima demanda dinámica USACAN (1.045 m³ por persona y año) se alcanza en el año 2030, con 15,84 km³ frente a los 0,34 km³ del escenario *business as usual* que

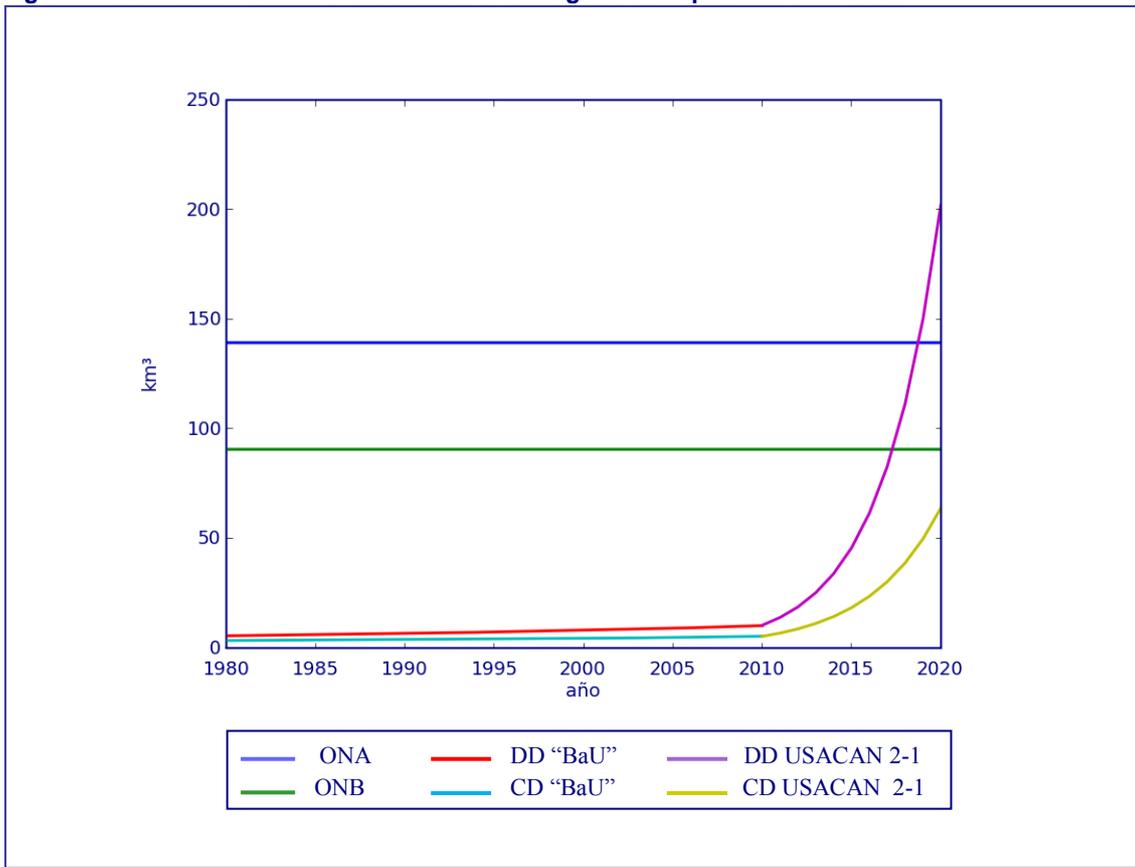
representa tan sólo 22,08 m<sup>3</sup> por persona para ese año. Se aprecia un desequilibrio importante entre las dos demandas.

**Figura 49. Escenario BaU 0+ USACAN 2-1 de Benín en el periodo 1980-2030**



Tal como vimos en el apartado anterior en la aplicación del estándar EURO, este último caso tipo de Nigeria se asemeja al caso tipo de Benín. Este tipo de comportamiento se repite con la aplicación del estándar USACAN, de manera que el año límite de máxima demanda es el 2019, con un volumen de 139,20 km<sup>3</sup> frente a los 12,23 km<sup>3</sup> del escenario *business as usual* que representa tan sólo 64,42 m<sup>3</sup> por persona en dicho año. Este desnivel entre las dos demandas dinámicas se muestra en la figura 50, “Escenario BaU 0 + USACAN 2-1 de Nigeria en el periodo 1980-2020”.

Figura 50. Escenario BaU 0 + USACAN 2-1 de Nigeria en el periodo 1980-2020



## 5.7. Conclusiones relativas a los países tipo de la región objeto de caso de estudio

Los escenarios *business as usual* de los tres países tipo Guinea, Benín y Nigeria no son preocupantes desde el punto de vista de la demanda dinámica *versus* la oferta. Todos ellos se posicionan en el año 2050 con una oferta muy superior a su demanda, situación extrapolable a un periodo de tiempo más bien largo a partir de dicho año. Esta evidencia nos conduce a considerar que estos países no se hallan en situación de no padecer escasez de agua física, sino económica, tal como ya apuntan todos los análisis existentes en el estado del arte y en el apartado 4.2., “Nuestro caso de estudio: los países de la región del golfo de Guinea”. Sin embargo estos países tipo tienen distintas características en relación con su capacidad de satisfacer su bienestar en agua, ya que su demanda dinámica se sitúa muy por debajo del estándar EURO y aún más del estándar USACAN.

Los escenarios EURO ponen en evidencia distintas realidades futuras. Estas representaciones nos indican que, por un lado, existe la posibilidad de que un país como Guinea pueda disfrutar del bienestar de agua en clave europea. En cambio, en el caso de Benín, los escenarios 1 muestran una situación límite hacia el año 2050, fecha a partir de la cual el aumento de la población ya no permitiría seguir satisfaciendo las demandas de agua a nivel del estándar EURO. Y, por último, en el caso tipo de Nigeria, la situación es mucho más preocupante, al no poder optar a alcanzar para el año 2050 la calidad de vida en agua correspondiente al estándar EURO.

Los escenarios USACAN, caracterizados por una mayor presión de la demanda dinámica, crean escenarios de futuro en los que se supera la oferta con mayor facilidad. Al igual que en la aplicación del estándar EURO, Guinea puede satisfacer su bienestar en agua identificado con el estándar USACAN. En cambio los escenarios USACAN de Benín y Nigeria indican que no tienen suficiente oferta para alcanzar el objetivo en el 2050.

## **Capítulo 6. El Índice de capacidad de demanda dinámica de agua según el estándar EURO 2010- 2050 (ICDDAE-50)**

### **6.1. Justificación del ICDDAE-50**

Tal como hemos podido comprobar en el capítulo anterior 5, “Aplicación de los escenarios de futuro en los casos de estudio de Guinea, Benín y Nigeria”, la propuesta metodológica aplicada a los casos de estudio evalúa la escasez de agua dulce mediante representaciones gráficas numéricas de posibles escenarios de futuro correspondientes a una determinada “búsqueda de objetivos”. Esta metodología se aplica para valorar el balance de agua dulce demandada dinámicamente frente a los dos niveles de oferta en un país determinado.

Una vez desarrollado y concluido el trabajo de la implementación de nuestra metodología, hemos observado que, a partir de los conceptos y los pasos fundamentales de ésta, es posible también dotarse de una herramienta sintética y rápida para caracterizar nuestra aportación para la valoración de la escasez de agua. Hemos propuesto, en este sentido, el concepto de un nuevo índice que recoge y expresa los resultados principales obtenidos a partir de nuestra metodología.

El contexto escogido para este indicador se ubica en el escenario 1.1 del estándar EURO y concretamente en el año 2050. La elección del estándar EURO y no del USACAN, es una cuestión de mayor identificación. El hecho de vivir en un país que forma parte de la Unión Europea nos identifica más con el estándar EURO que con el estándar USACAN. Evidentemente, también sería aplicable a otros estándares que puedan proponerse y consensuarse en un futuro.

## 6.2. Concepto, definición y cálculo del ICDDAE-50 en el ejemplo de Costa de Marfil

El concepto del índice de capacidad de demanda dinámica de agua en el estándar EURO en el año 2050 (ICDDAE-50) se basa en valorar como su nombre indica la capacidad que tiene un país de demanda dinámica de agua dulce aplicando el estándar de bienestar en agua EURO en el año 2050. Esta capacidad de demanda dinámica está relacionada con los dos niveles de oferta.

En consecuencia para determinar el ICDDAE-50, debemos conocer la relación en porcentaje entre el volumen de la demanda dinámica resultante del escenario 1-1 en el año 2050 y el volumen de la oferta de nivel bajo y el de la oferta de nivel alto.

De la misma manera que en el apartado 4.5., “El proceso metodológico: las etapas a través del ejemplo Costa de Marfil”, utilizamos Costa de Marfil como ejemplo de cálculo, y de acuerdo con el apartado 4.5.3.2.1., “Fase 1: el escenario 1-1 2010-2050” aplicamos el estándar EURO y calculamos el valor de la demanda dinámica para el año 2050.

En Costa de Marfil la demanda dinámica es:

$$\text{DD objetivo EURO en el año 2050} = 25,37 \text{ km}^3$$



El porcentaje en volumen de la demanda dinámica en el año 2050 respecto a la oferta de nivel bajo es:

$$(25,37 \text{ km}^3 / 30,41 \text{ km}^3) \times 100 = 83,43\%$$

A este porcentaje que hemos introducido, lo denominamos *agotamiento del nivel bajo* (ANB) y su unidad se expresa en % en volumen.

El porcentaje en volumen de la demanda dinámica en el año 2050 respecto a la oferta de nivel alto es:

$$(25,37 \text{ km}^3 / 48,66 \text{ km}^3) \times 100 = 52,14\%$$

Siguiendo el mismo criterio que en el nivel bajo, a este porcentaje lo denominamos *agotamiento del nivel alto* (ANA) y su unidad se expresa en % en volumen.

El ICDDAE establecerá tres niveles: capacidad elevada, capacidad baja y ninguna capacidad. Las consideraciones para clasificar el ICDDAE-50 en relación con los dos tipos de agotamientos (ANB y ANA) se muestran en la tabla 33, “Los criterios de clasificación del ICDDAE-50”.

El índice de capacidad de demanda dinámica de agua en el estándar EURO en el año 2050 (ICDDAE-50) lo definimos como aquel índice que clasifica el agotamiento de nivel bajo y el agotamiento de nivel alto en el año 2050 en función de los tres niveles de capacidad (elevada, baja y ninguna) siguiendo las pautas establecidas en la tabla 33, “Los criterios de clasificación del ICDDAE-50”.

**Tabla 33. Los criterios de clasificación del ICDDAE-50**

Agotamiento	Nivel de consideración de ICDDAE-50
ANB < 100%	Capacidad elevada
ANB ≥ 100% y ANA < 100%	Capacidad baja
ANA > 100%	Ninguna capacidad

Según la tabla 33, “Los criterios de clasificación del ICDDAE-50”, en el ejemplo de Costa de Marfil la situación es la siguiente:

ANB = 83,43% → ANB < 100% → capacidad elevada

El ICDDAE-50 designa tres niveles cualitativos a tres niveles cuantitativos fundamentados en los agotamientos de los dos niveles; en consecuencia el ICDDAE no tiene una unidad física.

### 6.3. El ICDDAE-50 en los países de la región del golfo de Guinea

En la tabla 34, “Cálculos de los agotamientos de nivel bajo y nivel alto en el año 2050 en los países de la región del golfo de Guinea”, se exponen los resultados de los cálculos de los dos agotamientos a partir de la demanda dinámica del año 2050 y las dos ofertas. Los valores del agotamiento de nivel bajo oscilan entre el mínimo de 5,72% de Liberia y un máximo de 186,76% en el país de Nigeria. En lo referente al agotamiento de nivel alto, los resultados correspondientes a estos dos países varían del 3,72% al 121,49%, respectivamente.

**Tabla 34. Cálculos de los agotamientos de nivel bajo y nivel alto en el año 2050 en los países de la región del golfo de Guinea**

País	Demanda Dinámica (DD) en 2050 (km <sup>3</sup> )	Oferta Nivel Bajo (ONB) (km <sup>3</sup> )	Agotamiento Nivel Bajo ANB = DD/ONB*100 (%)	Oferta Nivel Alto (ONA) (km <sup>3</sup> )	Agotamiento Nivel Alto ANA = DD/ONA*100 (%)
Guinea-Bissau	2,08	11,50	18,09	18,60	11,18
Guinea	14,02	88,50	15,84	135,60	10,34
Sierra Leona	7,28	62,25	11,69	96,00	7,58
Liberia	5,18	90,55	5,72	139,20	3,72
Costa de Marfil	25,37	30,41	83,43	48,66	52,14
Ghana	25,01	19,90	125,68	31,92	78,35
Togo	7,72	5,56	138,85	8,82	87,53
Benín	12,86	10,16	126,57	15,84	81,19
Nigeria	169,11	90,55	186,76	139,20	121,49

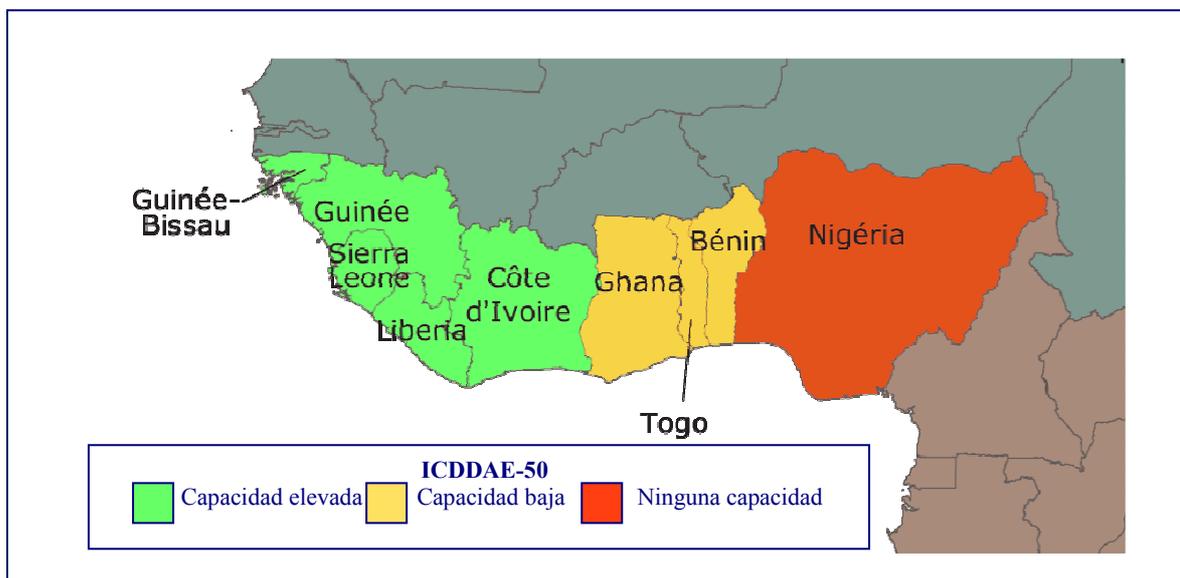
**Tabla 35. ICDDAE-50 en los países de la región del golfo de Guinea**

País	ICDDAE-50
Guinea-Bissau	Capacidad elevada
Guinea	Capacidad elevada
Sierra Leona	Capacidad elevada
Liberia	Capacidad elevada
Costa de Marfil	Capacidad elevada
Ghana	Capacidad baja
Togo	Capacidad baja
Benín	Capacidad baja
Nigeria	Ninguna capacidad

La tabla 35, “ICDDAE-50 en los países de la región del golfo de Guinea”, nos muestra la variabilidad de la valoración según el ICDDAE-50 en los nueve países. De estos nueve países, los cinco situados en la zona occidental de la región (Guinea-Bissau, Guinea, Sierra Leona, Liberia y Costa de Marfil) son considerados de capacidad elevada. De los cuatro países

restantes, tres de ellos, Ghana, Togo y Benín, tienen una capacidad baja. Y, el restante, Nigeria es clasificado con ninguna capacidad.

**Mapa 22. El ICDDAE-50 en los países de la región del golfo de Guinea**



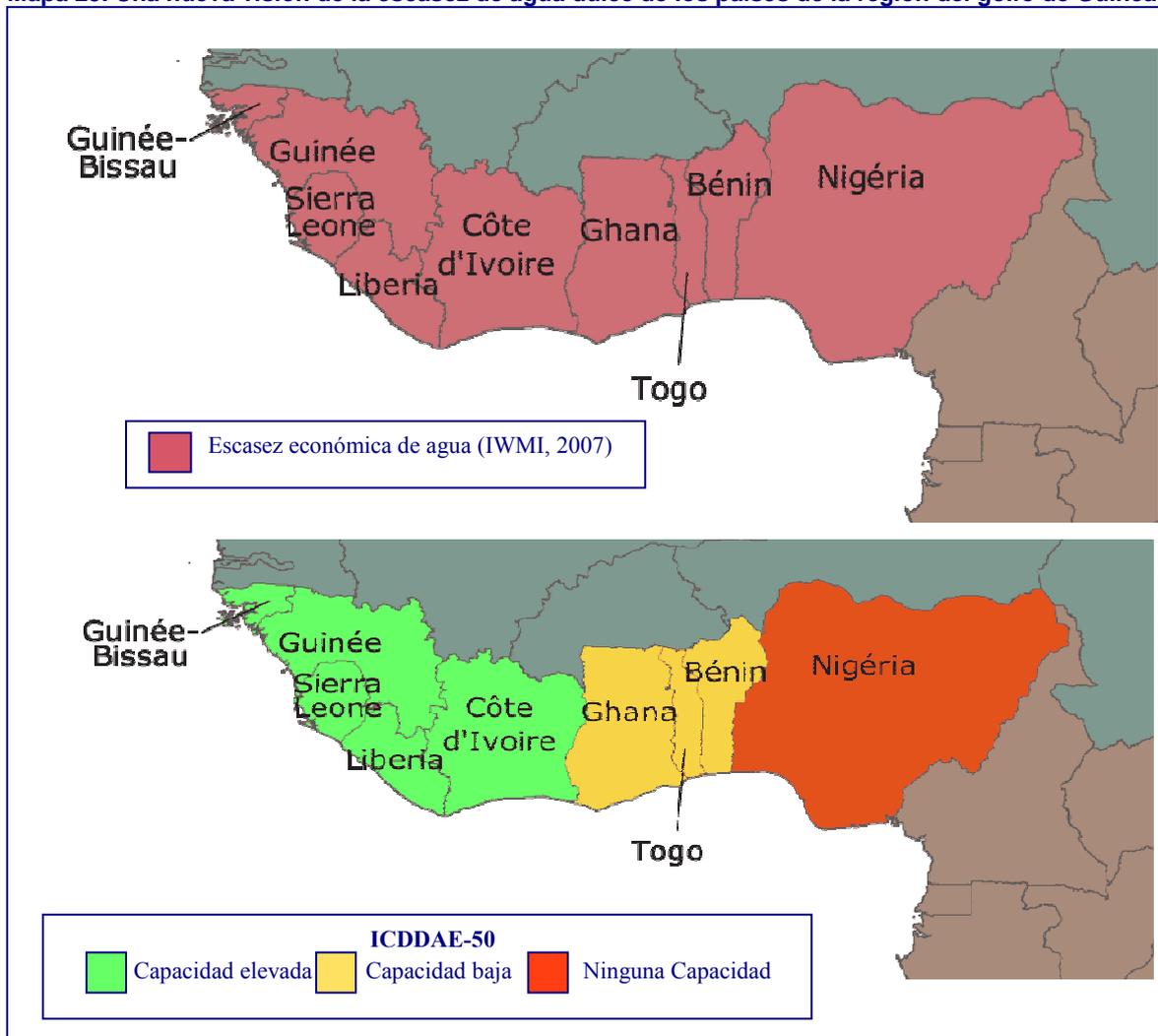
Fuente: Mapa base, FAO, 2005.

Por lo tanto, podemos considerar los países que forman la región del Golfo de Guinea como un conjunto de países, que si tal como se comenta en el apartado 4.2., “Nuestro caso de estudio: los países de la región del golfo de Guinea”, si bien tienen una afinidad común en aspectos como la zona geográfica, el clima, la agricultura, la demografía y el desarrollo humano, también tienen identidades propias internas en lo que respecta a la escasez de agua..

Para visualizar mejor la aplicación del ICDDAE-50 de la región del golfo de Guinea, hemos elaborado el mapa 22, “El ICDDAE-50 en los países de la región del golfo de Guinea”, que identifica por colores los tres niveles de capacidad.

#### 6.4. Conclusiones: una nueva visión de la problemática de la escasez de agua dulce de los países de la región del golfo de Guinea.

Mapa 23. Una nueva visión de la escasez de agua dulce de los países de la región del golfo de Guinea



Fuente: Mapa base, FAO, 2005.

Todos los países de la región del golfo de Guinea se caracterizan tal como vimos en el apartado 4.2., “Nuestro caso de estudio: los países de la región del Golfo de Guinea” y más concretamente en el mapa 18, “Zonas con escasez física y económica de agua”, por la escasez económica y no por la escasez física. Recordemos que la escasez económica se da cuando que a pesar de la disponibilidad de suficiente agua en la naturaleza para satisfacer las demandas de la población local, el capital financiero, institucional y humano limita el acceso de este bien. Los recursos hídricos son abundantes con respecto a su uso, pues menos del 25% del agua de los ríos se extrae para uso de la población, pero existe subnutrición.

Después de aplicar el índice ICDDAE-50 a los países de la región del golfo de Guinea, aparece un nuevo mapa marcado con identidades propias de países. Para valorar mejor esta aportación,

presentamos el mapa 23, “Una nueva visión de la escasez de agua dulce de los países de la región del golfo de Guinea”, donde detectamos que un posible escenario en relación con la escasez de agua dulce en el año 2050 no es igual para estos nueve países, tal como explicamos en el apartado anterior.

## **6.5. Discusión alrededor del ICDDAE-50: las aportaciones y las limitaciones**

Para valorar las aportaciones y limitaciones del ICDDAE-50, hemos retomado como referencia lo expuesto en el apartado 2.4., “Los indicadores de escasez de agua dulce”, donde se apuntaban las principales funciones de los indicadores y se identificaban las diferentes características y particularidades de los indicadores de mayor interés en la temática de la escasez de agua dulce vinculados a nuestro trabajo.

Las aportaciones más interesantes del ICDDAE-50 nos proporcionan una información relevante y visible de una manera sintética y rápida, ya sea en forma de tabla o de mapa. Las bases de datos actuales nos permiten, por un lado, calcular la demanda dinámica en el estándar EURO para el año 2050, tal como se explica en el apartado 4.5.3.2., “Los escenarios 1: la implementación del estándar EURO”. Y, por el otro, calcular los dos niveles de las ofertas tal como se expone en el apartado 4.5.2.2., “La determinación de la oferta: la oferta de nivel bajo (ONB) y la oferta de nivel alto (ONA)”. La accesibilidad de la recogida de los datos necesarios como se explica en el apartado 6.3. “El ICDDAE-50 en los países de la región del golfo de Guinea”, y la sencillez del cálculo del índice son características relevantes de éste.

La elección del año 2050 nos parece interesante por dos motivos; en primer lugar, por su relativa proximidad y, en segundo lugar, porque la fuente de base de datos de la división de población de las Naciones Unidas del año 2008 proporciona pronósticos de alta probabilidad hasta el año 2050. Evidentemente a medida que vaya pasando el tiempo se puede ir adaptando el ICDDAE a décadas posteriores.

Este índice nos aporta, en definitiva, una alerta temprana que nos permite tomar decisiones a escala social, ambiental, económica e institucional con la suficiente antelación para evitar posibles situaciones problemáticas futuras de escasez de agua dulce, consideradas éstas en función de unos determinados estándares deseables de bienestar. El hecho de poder calcular el ICDDAE-50 de forma sintética y rápida, lo hace accesible en general a todas las personas que tienen alguna responsabilidad vinculada a la temática de la escasez de agua dulce.

La mayor limitación del ICDDAE-50 viene determinada por los atributos que definen los niveles de capacidad de la oferta y los estándares de bienestar. Tales atributos deben ser considerados como buenas referencias, pero en ningún caso como límites absolutos. Este tipo de limitación es bastante común en los indicadores, tal como se expone en el apartado 2.4., “Los indicadores de escasez de agua dulce”.

Resumiendo, consideramos que el ICDDAE-50 es sintético, fácil de calcular y relaciona aspectos muy importantes; por un lado, la demanda dinámica ligada a la población y al estándar de bienestar EURO, y, por el otro los dos niveles de ofertas físicas (ONA-ONB). Los dos niveles de oferta y la demanda dinámica dan lugar a dos niveles de agotamiento (ANB-ANA), que a su vez determinan el nivel de capacidad dando una información sintética, de alerta temprana y cualitativamente relevante. Sobre todo nos informa de las capacidades de un país en desarrollo para alcanzar unos niveles de bienestar determinados en un futuro próximo.

Los alertas actuales se basan recordemos, en el análisis de la escasez física o escasez económica, pero no tienen en cuenta en general cuáles son las necesidades de agua para el bienestar de la población.

## **Capítulo 7. Conclusiones**

### **7.1. El grado y las características de alcance de los objetivos**

Consideramos que tanto el objetivo último dotarse de una metodología como los aspectos concretos a los que debía responder esta nueva metodología, se han alcanzado de una forma muy satisfactoria. En un sentido global, nuestra propuesta metodológica consigue analizar de forma dinámica en el tiempo la evaluación de la escasez de agua dulce en función de dos niveles de oferta y de la demanda dinámica.

Desde un aspecto más operativo y considerando las variaciones de sus factores conductores y entre ellos sobre todo el de las necesidades del desarrollo humano, la metodología se maneja de forma ágil, en ella podemos introducir de manera rápida y sencilla los cambios pertinentes en las variables que definen la oferta y la demanda dinámica de agua dulce.

La metodología es una herramienta de soporte en la visualización de la valoración de la escasez de agua dulce en el marco de un deseado desarrollo humano sostenible y, por lo tanto, puede ser útil a todas aquellas personas que trabajan o estudian en el ámbito de la problemática de la escasez de agua

La metodología se ha aplicado a los nueve países que forman la región del golfo de Guinea como caso de estudio; ello era y ha sido imprescindible para la comprensión y el desarrollo de la implementación del proceso metodológico a través de las diferentes etapas.

## **7.2. La tipología y las características de las conclusiones principales de la propuesta metodológica en su conjunto y a través de cada una de sus etapas**

### **7.2.1. Etapa 1: las propuestas conceptuales y terminológicas**

El hecho de clarificar y crear nuevos términos alrededor de los conceptos de *oferta y demanda dinámica* en un marco bien identificado nos ha permitido avanzar con confianza a lo largo de nuestro proceso investigador hasta llegar a la propuesta metodológica final. El trabajo de avance terminológico y conceptual ha sido, en algunos casos solamente de revisión o reconceptualización, pero, en otros, se ha tratado de propuestas novedosas y operativas, como demuestra la propia tesis, conceptual y metodológicamente hablando.

En este sentido, destacamos los conceptos recogidos en los glosarios que el lector, a la luz ahora de la lectura completa de la tesis, puede valorar en su justa medida. El nuevo glosario puede ser un soporte cognitivo de base para nuevos trabajos y, evidentemente, para dar continuidad al nuestro.

### **7.2.2. Etapa 2: los escenarios *business as usual***

De esta etapa se ha podido concluir principalmente que las bases de nuestra aproximación teórica, conceptual y también metodológica en sí misma expuestas en el apartado 4.4., “Generación de escenarios de futuro”, son adecuadas para nuestro trabajo en la medida en que, de entrada y de momento en el ámbito de los escenarios *business as usual*, reproducen fielmente la visión que sobre los países de nuestra región objeto de estudio se tiene desde los distintos puntos de vista del estado actual del arte.

### **7.2.3. Etapa 3: los escenarios resultantes de las políticas alternativas**

En el camino hacia el desarrollo humano sostenible (social, económico y ambiental) no podemos quedarnos en el análisis y el estudio de la realidad, sino que debemos mirar al futuro replanteándonos cuáles son nuestros objetivos, su consistencia o su alcanzabilidad en el marco del paradigma sostenibilista.

Hasta ahora, en el caso del agua dulce, sólo se contemplaban, por describirlo de alguna manera, los componentes ambientales (escasez física) y económicos (escasez por falta de recursos económicos para la extracción y distribución) de la escasez de agua dulce.

Consideramos y entendemos que la siguiente es una de las conclusiones principales de nuestra tesis; la demanda de agua debe responder también, y de forma muy importante, a la satisfacción de unas determinadas necesidades sociales que supongan un cierto bienestar o calidad de vida.

En este sentido, la tesis presenta una primera propuesta de calificar este objetivo de bienestar en la caracterización de los estándares EURO y USACAN, y, después, y gracias otra vez a la opción teórico-conceptual-metodológica de base recogida en el apartado 4.4. “Generación de escenarios de futuro”, en concreto en esta etapa, aplicando el *goal seeking paradigm*, paradigma de búsqueda de objetivos; hemos construido los escenarios de futuro correspondientes (en uno de sus múltiples caminos posibles) a la consecución de estos objetivos.

Justamente es esta nueva visión la que nos aporta, realmente, información muy relevante sobre la problemática de estos países en relación con la escasez de agua teniendo en cuenta, ahora sus vertientes ambientales y económicas, pero también las sociales.

Esta etapa, después sintetizada en la propuesta de índice ICDDAE-50, es la que nos permite extraer conclusiones, realmente novedosas, sobre las problemáticas de escasez de agua dulce en estos países.

### **7.3. Los países de la región del golfo de Guinea como caso de estudio**

Implementar la metodología en los países de la región del golfo de Guinea como caso de estudio era en primer lugar, una necesidad inherente a nuestra investigación y, de la misma manera que lo ha sido su propio desarrollo, el cual nos ha permitido contrastar su viabilidad y obtener los diferentes comportamientos tipo que seguramente son extrapolables al resto de países del mundo.

Aquí nos remitimos a las conclusiones de los apartados 5.7., “Conclusiones relativas a los países tipo de la región objeto de estudio” y 6.4., “Conclusiones: una nueva visión de la problemática de la escasez de agua dulce de los países de la región”, para no reescribirlos innecesariamente, si bien también son conclusiones relevantes de este trabajo.

## 7.4. Las consideraciones finales

En este momento, la complejidad e incertidumbre de este mundo globalizado, y, la necesidad de contar con una previsión prospectiva del futuro y de tener herramientas de valoración de éste hacen que la propuesta metodológica presentada sea una respuesta de interés y de utilidad para dar soporte a la toma de decisiones en el marco de la sostenibilidad.

Para materializar nuestra propuesta metodológica, el instrumento de apoyo ha sido el programa PySight que ha estado en constante evolución, ya que ha ido incorporando nuevas prestaciones en función de las necesidades surgidas a lo largo del trabajo. Aunque el programa ha sido creado especialmente para este trabajo, existe la intención de que el producto final sea distribuido como código libre para que los investigadores dispongan de una herramienta abierta para construir escenarios de futuro.

Como ya hemos comentado, nuestra metodología cumple los objetivos marcados en un inicio. Dicha valoración se identifica fundamentalmente con visualizar posibles escenarios de futuro *business as usual* y alternativos. En estos últimos se analizan las opciones que tienen los países del Sur para, a partir del año 2010, alcanzar el bienestar en agua dulce que disfrutaban los países del Norte.

Todo ello nos invita a seguir trabajando en esta línea y a analizar las situaciones de países de otras regiones con problemáticas parejas hasta conseguir completar el mapa mundial. Los países que forman nuestro caso de estudio se consideran los de mayor dificultad en lo que respecta a la recogida de datos y, por lo tanto, en lo que respecta a la elaboración de trayectorias para representar escenarios de futuro. En consecuencia, podemos pensar que la puesta en marcha de nuestra metodología en nuevos casos de estudio será más fácil, ya sea por la existencia de los datos requeridos o por nuestra propia aportación a la obtención indirecta de valores de nuevas variables.

Siguiendo la línea de lo expuesto en el párrafo anterior, también sería interesante aplicar el índice ICDDAE-50 al resto de países del mundo y así poder apreciar su estado en una nueva dimensión en el ámbito de la escasez de agua dulce.

Todo ello es posible y se puede lograr de forma ágil gracias a las características de nuestra metodología: podemos interactuar fácil y constantemente en el tiempo, de manera que con relativamente poco esfuerzo podemos disponer de una información relevante de forma

continuada sobre los posibles escenarios de futuro, los cuales nos aportan alertas tempranas y, por lo tanto, la capacidad de reacción para actuar de forma preventiva.

También creemos que nuestra propuesta es muy válida como referencia base para otras metodologías que pretendan desarrollar la valoración dinámica en el tiempo de otros recursos naturales limitados a partir del planteamiento y la definición de las dos partes de la función de la oferta y la demanda.

Los límites sostenibles de utilización de los recursos naturales y la presión demográfica sobre ellos nos conducen de forma imperativa a desarrollar nuevas herramientas para actuar de forma preventiva frente a las posibles problemáticas futuras. Nosotros pretendemos con este trabajo aportar una metodología que sea realmente útil para potenciar el desarrollo humano sostenible.

## **Anexo A:**

Las figuras de las representaciones de los diferentes escenarios de los países Guinea-Bissau, Sierra leona, Liberia, Ghana y Togo

## Los escenarios 0: *business as usual* (BaU)

Figura 51. Escenario 0 BaU de Guinea-Bissau en el periodo 1980-2050

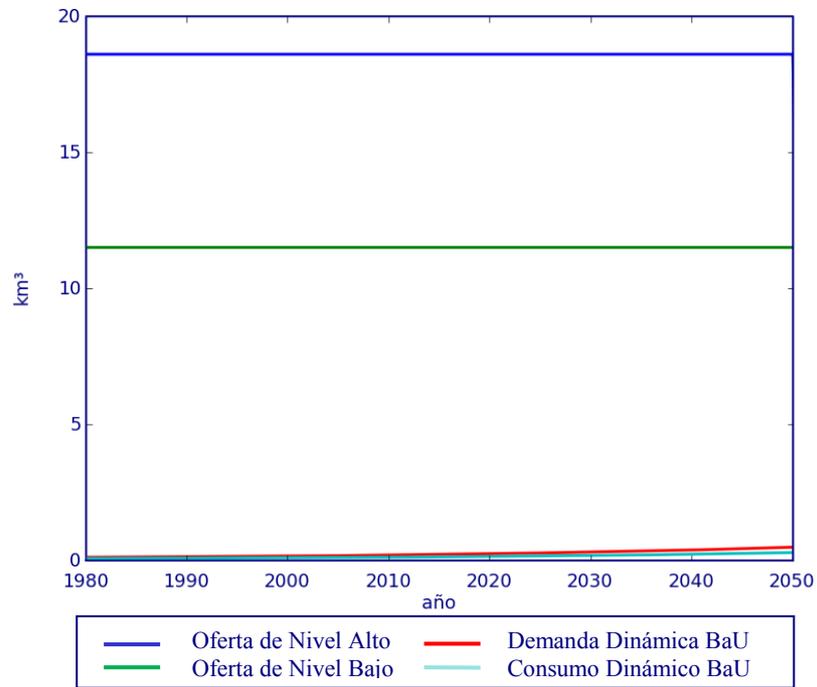
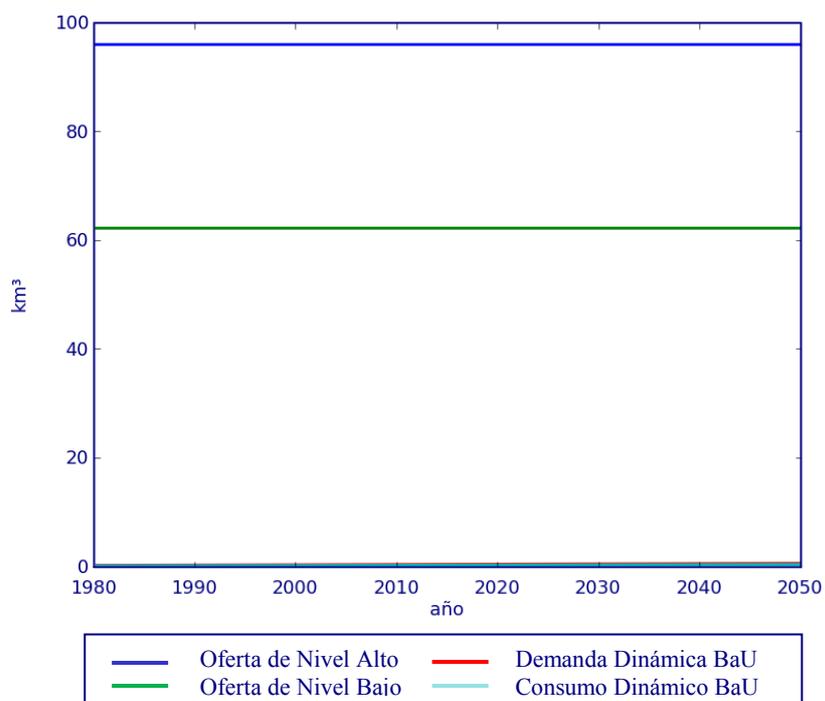
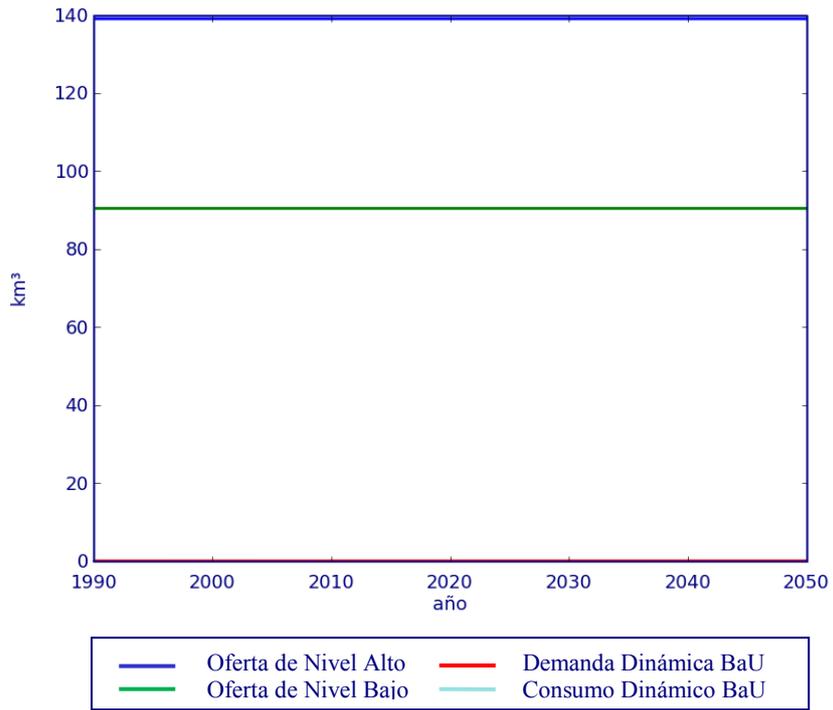


Figura 52. Escenario 0 BaU de Sierra Leona en el periodo 1980-2050



**Figura 53. Escenario 0 BaU de Liberia en el periodo 1990-2050**



**Figura 54. Escenario 0 BaU de Ghana en el periodo 1980-2050**

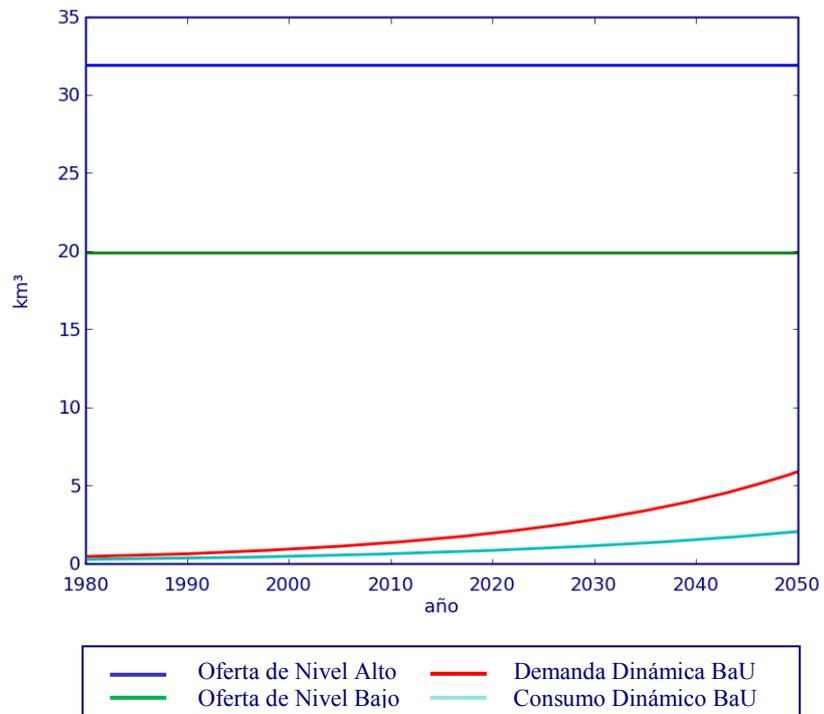
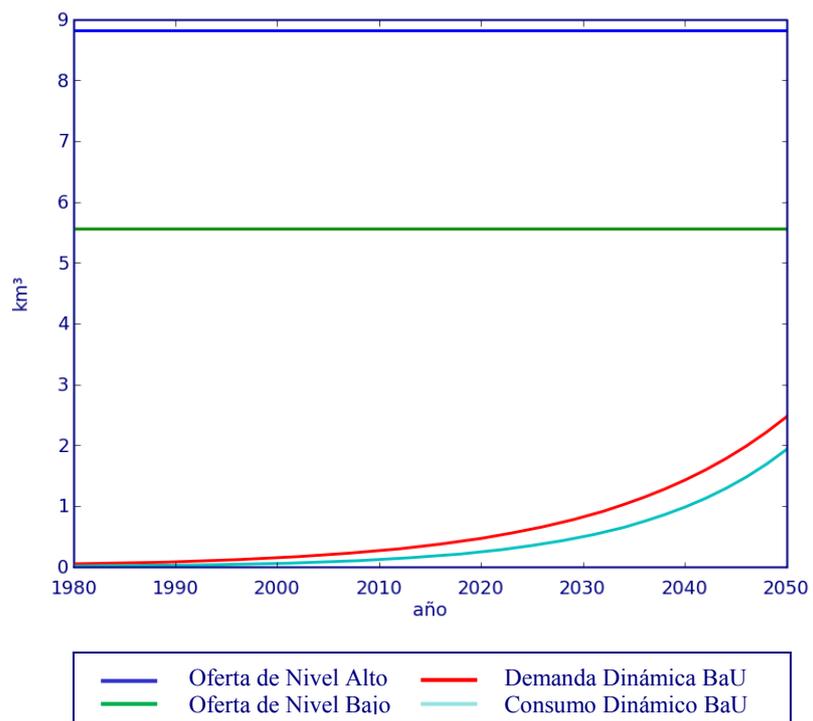


Figura 55. Escenario 0 BaU de Togo en el periodo 1980-2050



## Los escenarios 1: estándar EURO

Figura 56. Escenario 1-1 EURO de Guinea-Bissau en el periodo 2010-2050

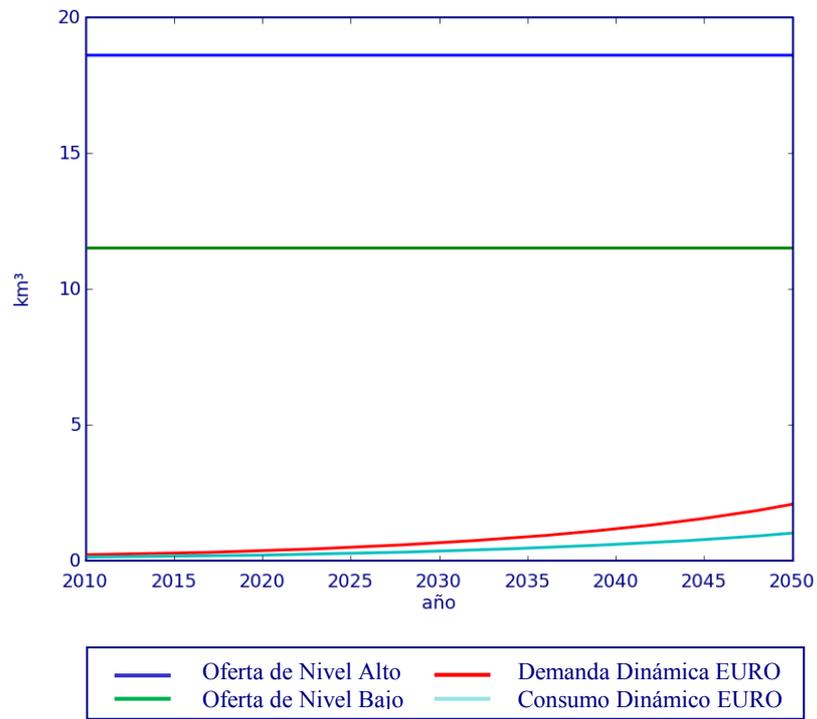


Figura 57. Escenario 1-2 EURO de Guinea-Bissau en el periodo 2050-2200

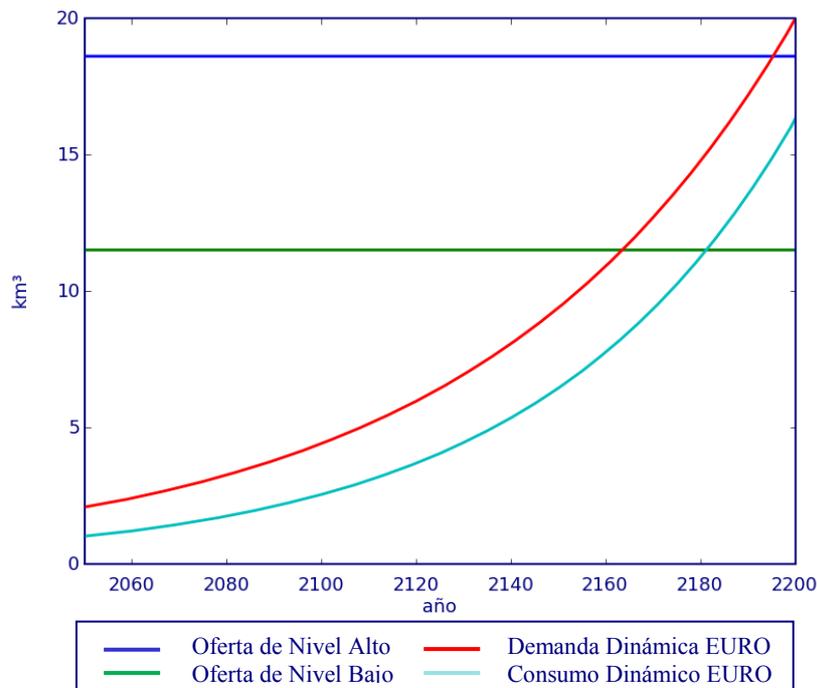


Figura 58. Escenario 1-1 EURO de Sierra Leona en el periodo 2010-2050

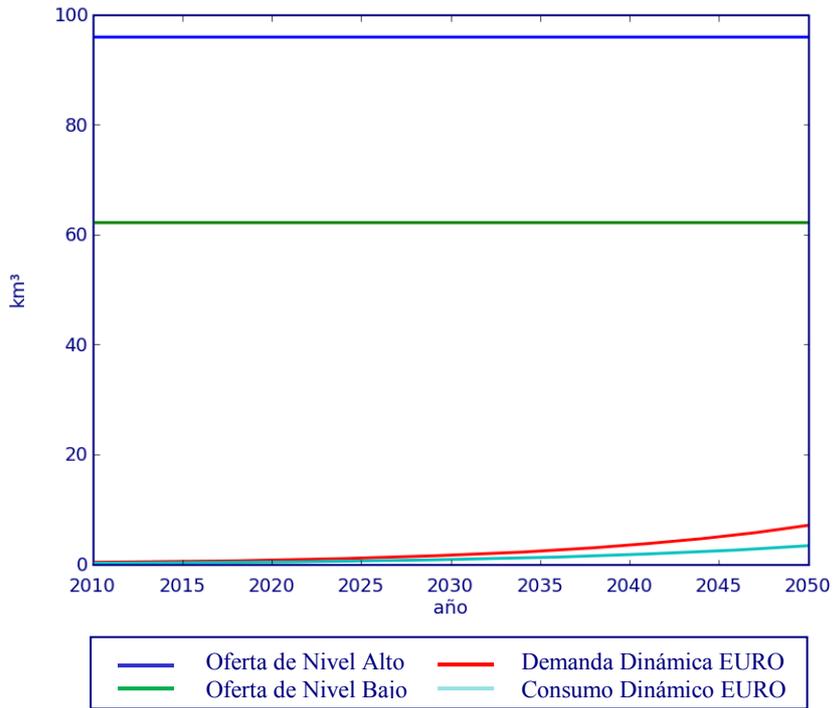
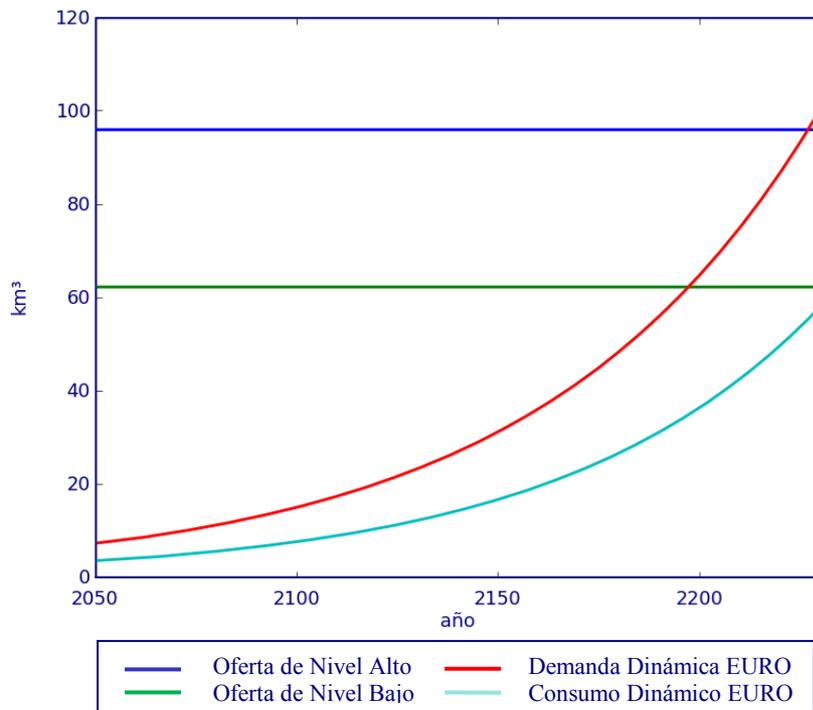
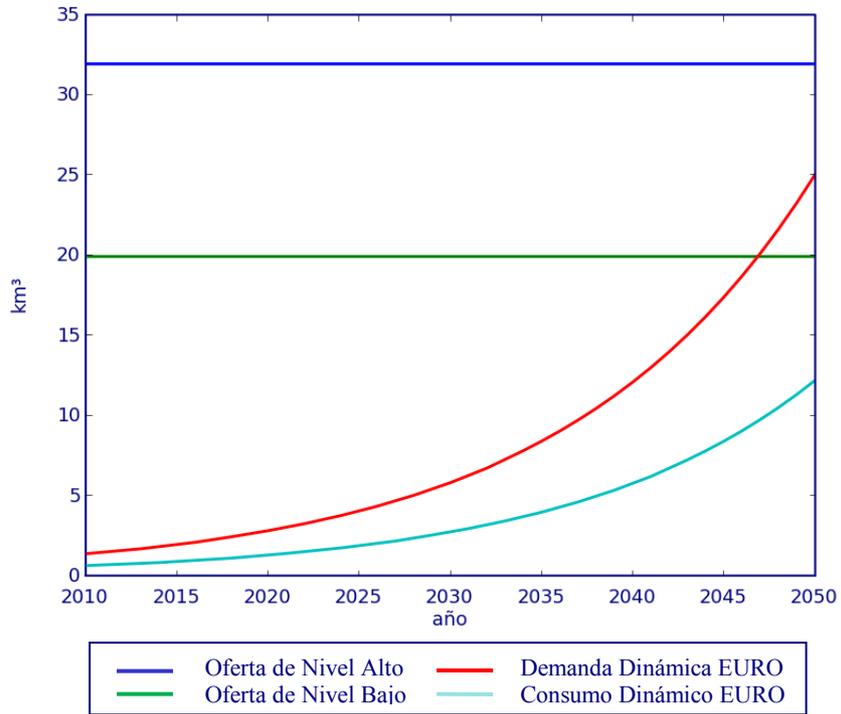


Figura 59. Escenario 1-2 EURO de Sierra Leona en el periodo 2050-2230



**Figura 60. Escenario 1-1 EURO de Liberia en el periodo 2010-2050**



**Figura 61. Escenario 1-2 EURO de Liberia en el periodo 2050-2305**

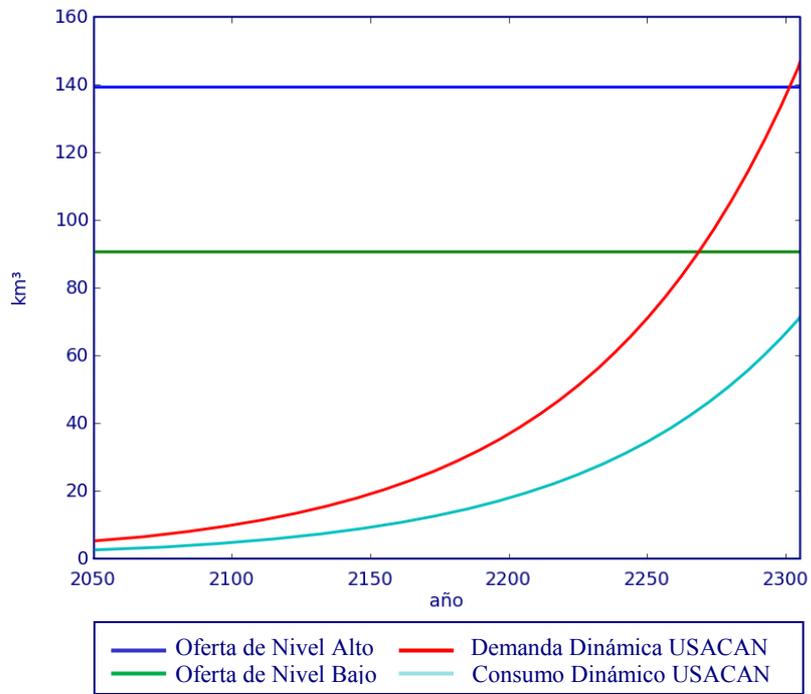


Figura 62. Escenario 1-1 EURO de Ghana en el periodo 2010-2050

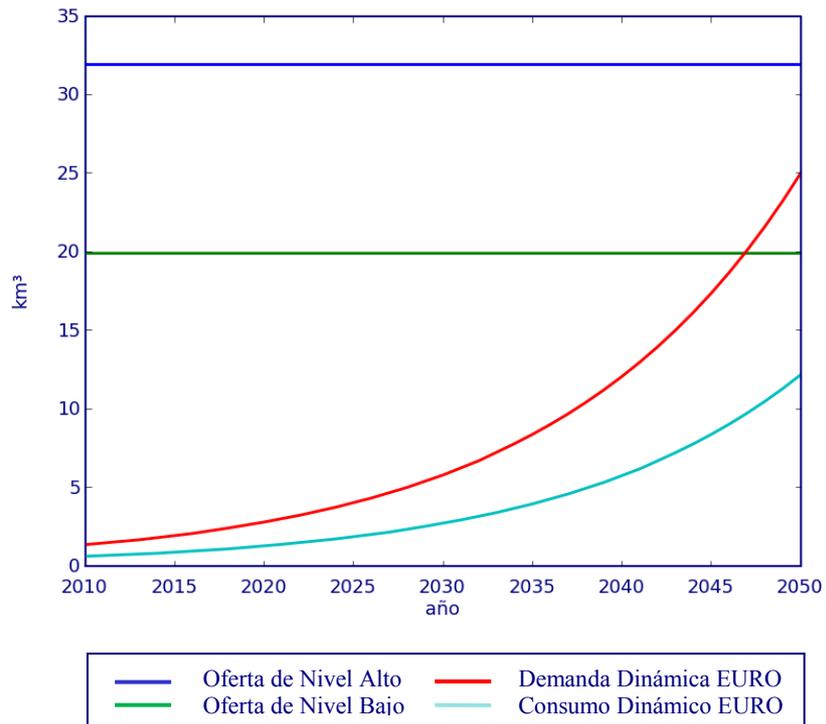


Figura 63. Escenario 1-2 EURO de Ghana en el periodo 2010-2075

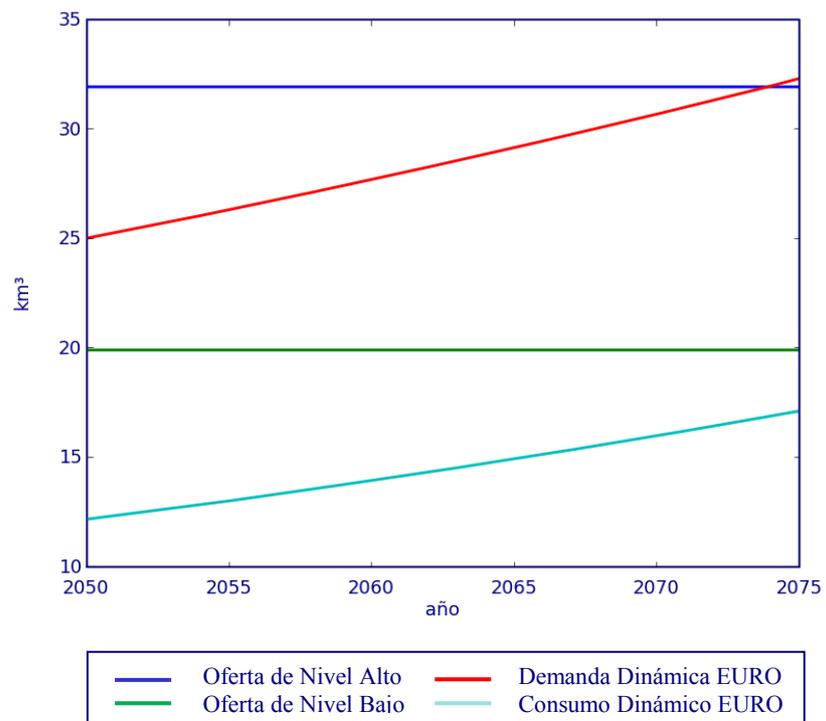


Figura 64. Escenario 1-1 EURO de Togo en el periodo 2010-2050

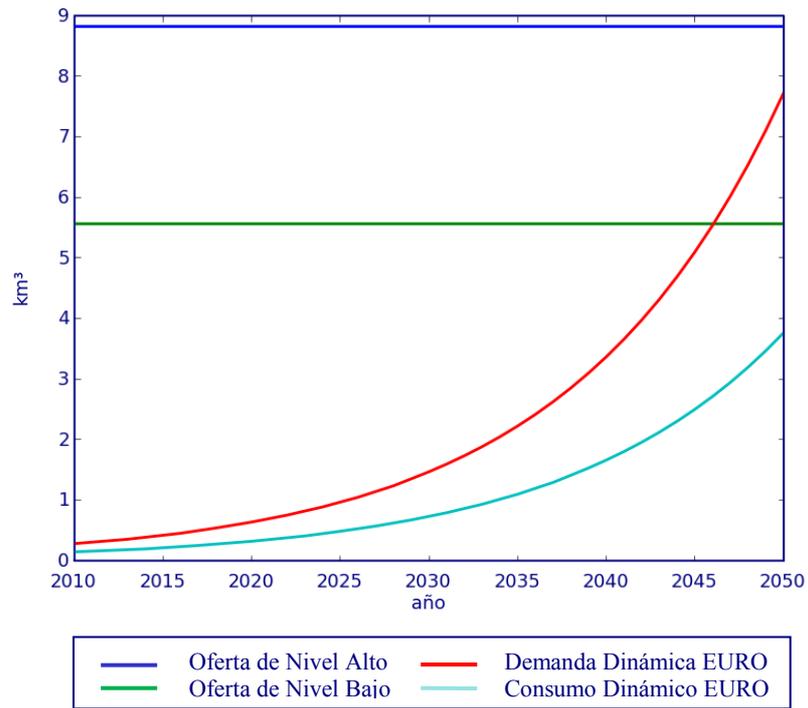
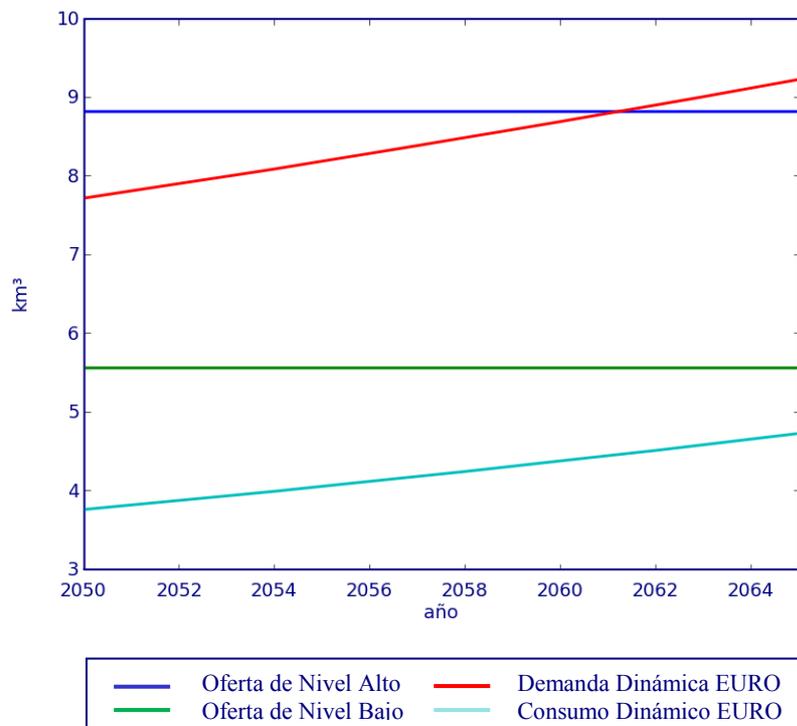


Figura 65. Escenario 1-2 EURO de Togo en el periodo 2050-2075



## Las representaciones consecutivas de los escenario 0 *business as usual* con los escenarios 1 estándar EURO

Figura 66: Escenario consecutivo BaU 0 + EURO 1-1 + EURO 1-2 de Guinea-Bissau en el periodo 1980-2200

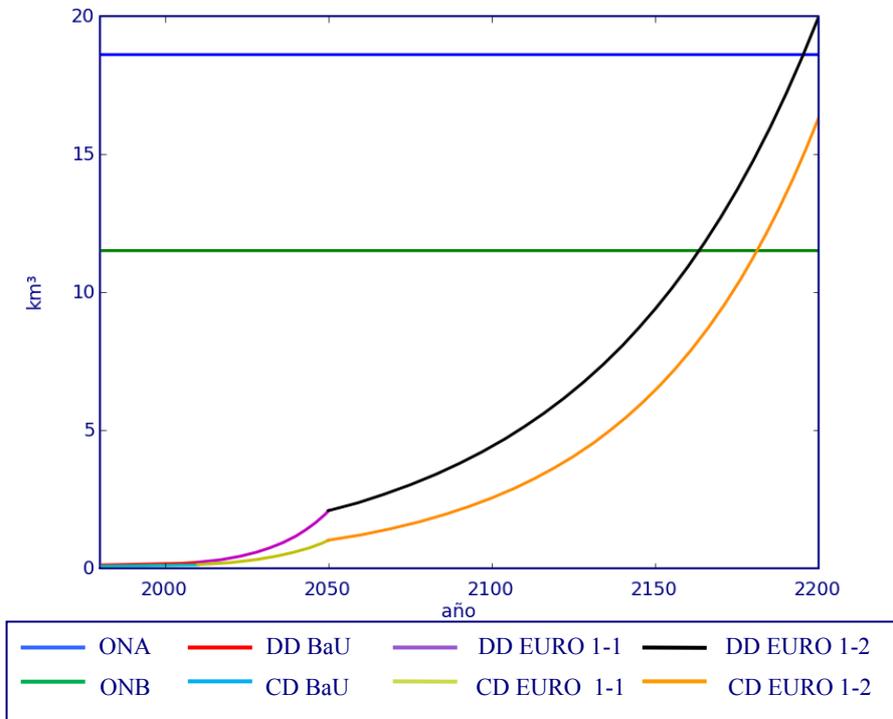
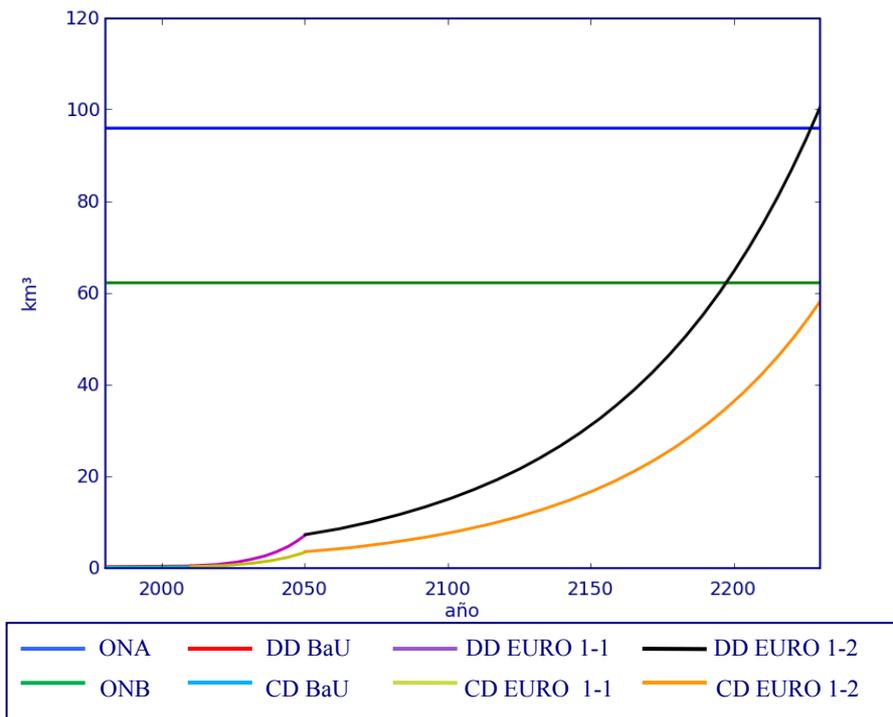
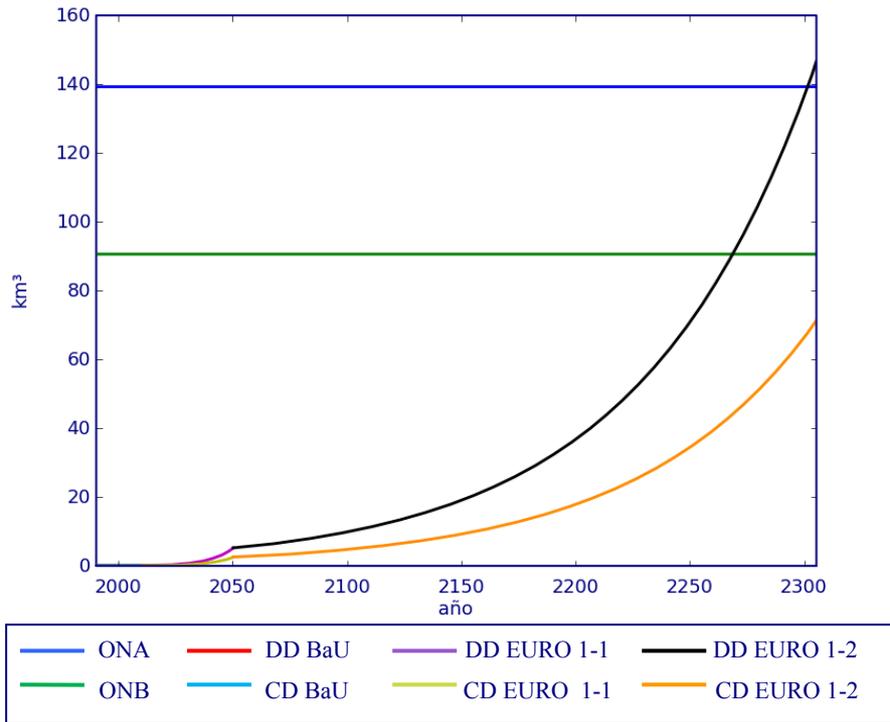


Figura 67: Escenario consecutivo BaU 0 + EURO 1-1 + EURO 1-2 de Sierra Leona en el periodo 1980-2230



**Figura 68: Escenario consecutivo BaU 0 + EURO 1-1 + EURO 1-2 de Liberia en el periodo 1980-2305**



**Figura 69: Escenario consecutivo BaU 0 + EURO 1-1 + EURO 1-2 de Ghana en el periodo 1980-2075**

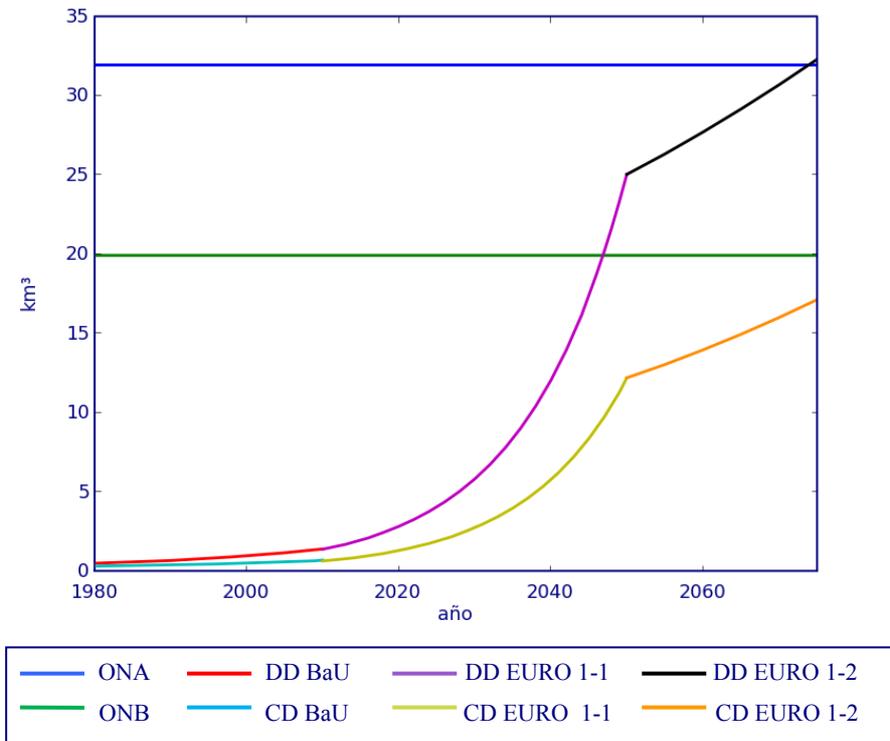
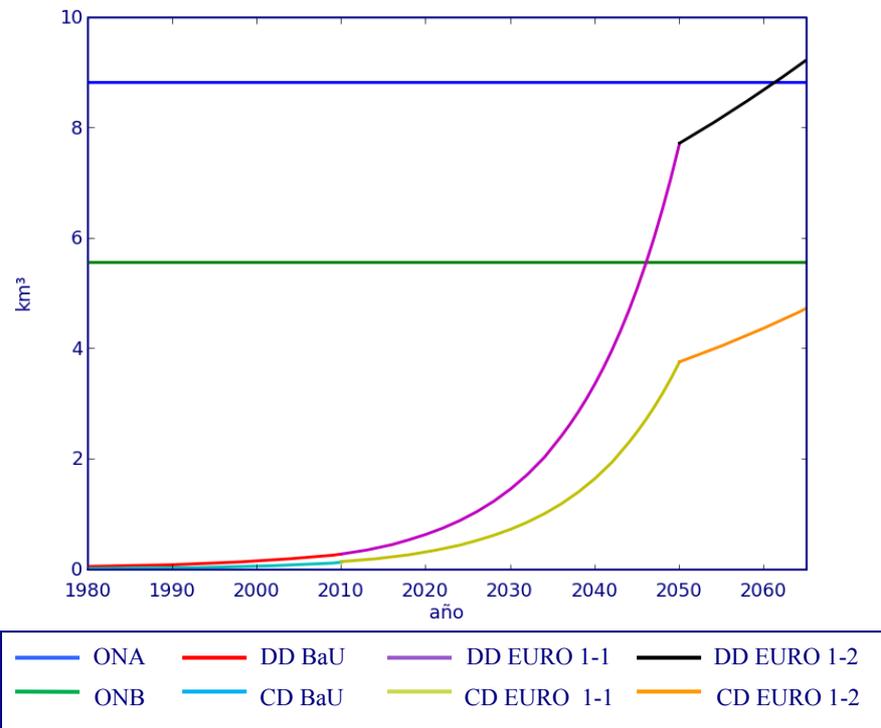


Figura 70: Escenario consecutivo BaU 0 + EURO 1-1 + EURO 1-2 de Togo en el periodo 1980-2065



## Los escenarios 2: estándar USACAN

Figura 71. Escenario 2-1 USACAN de Guinea-Bissau en el periodo 2010-2050

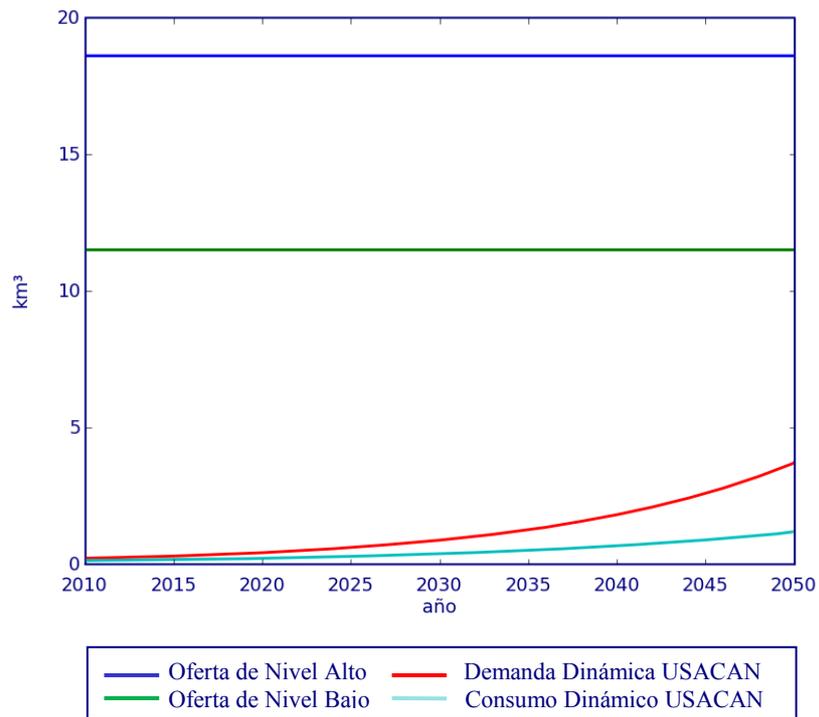
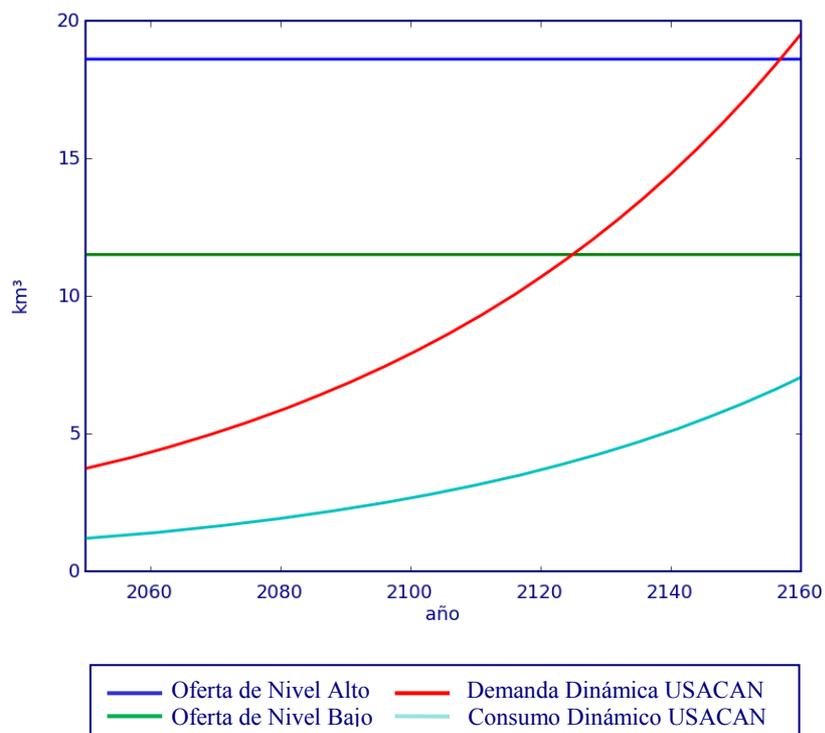
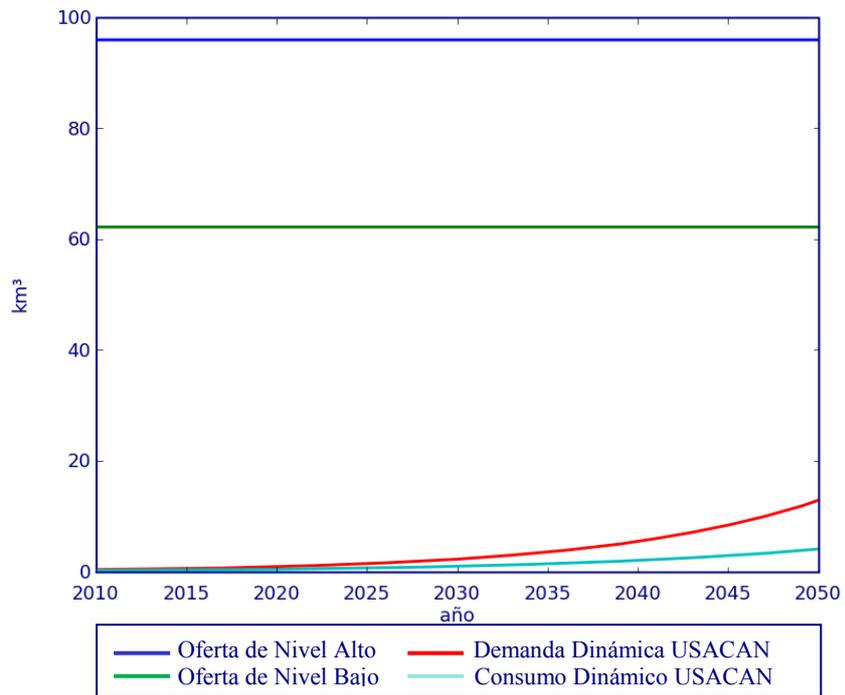


Figura 72. Escenario 2-2 USACAN de Guinea-Bissau en el periodo 2050-2160



**Figura 73. Escenario 2-1 USACAN de Sierra Leona en el periodo 2010-2050**



**Figura 74. Escenario 2-2 USACAN de Sierra Leona en el periodo 2050-2190**

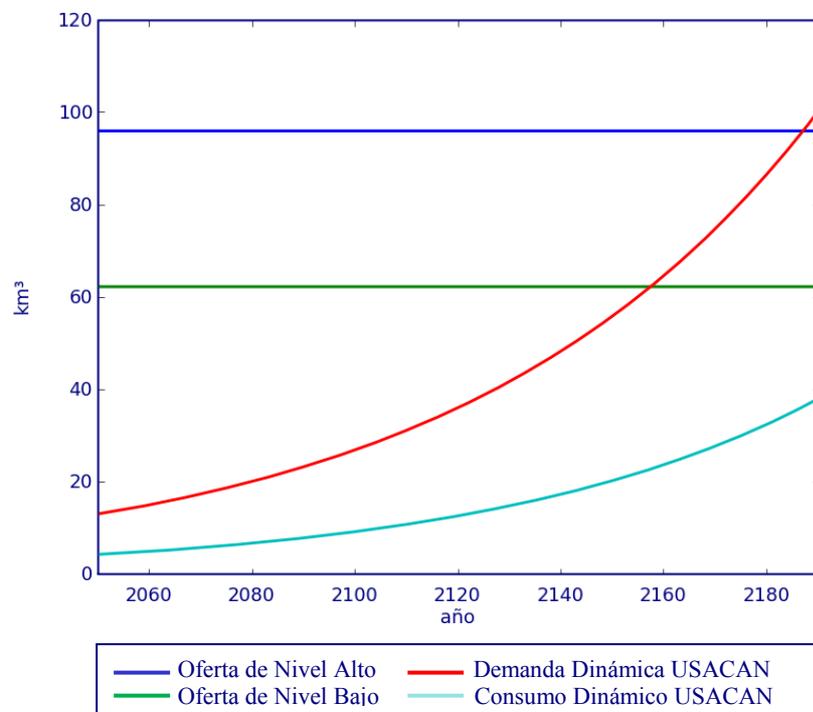


Figura 75. Escenario 2-1 USACAN de Liberia en el periodo 2010-2050

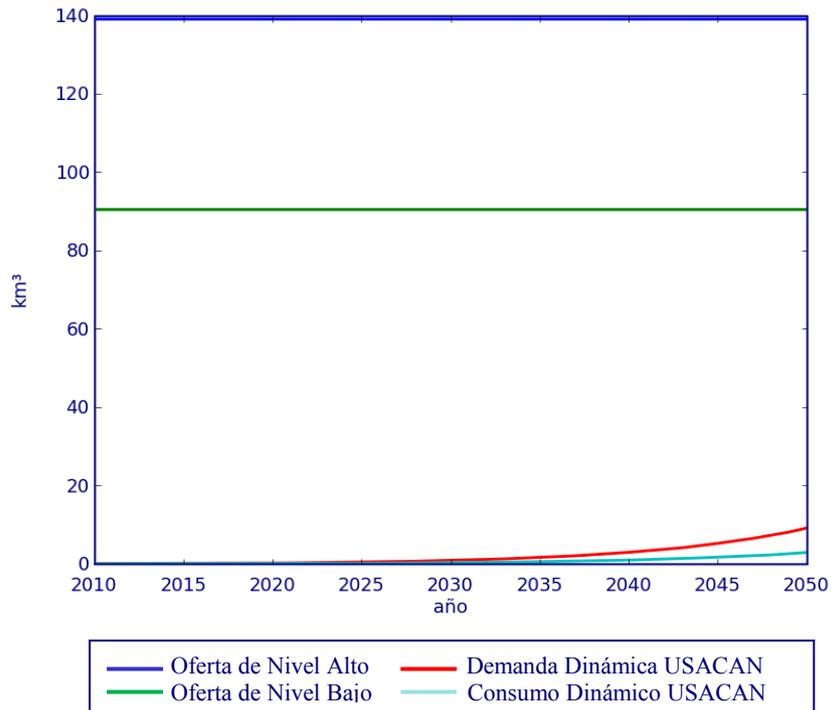
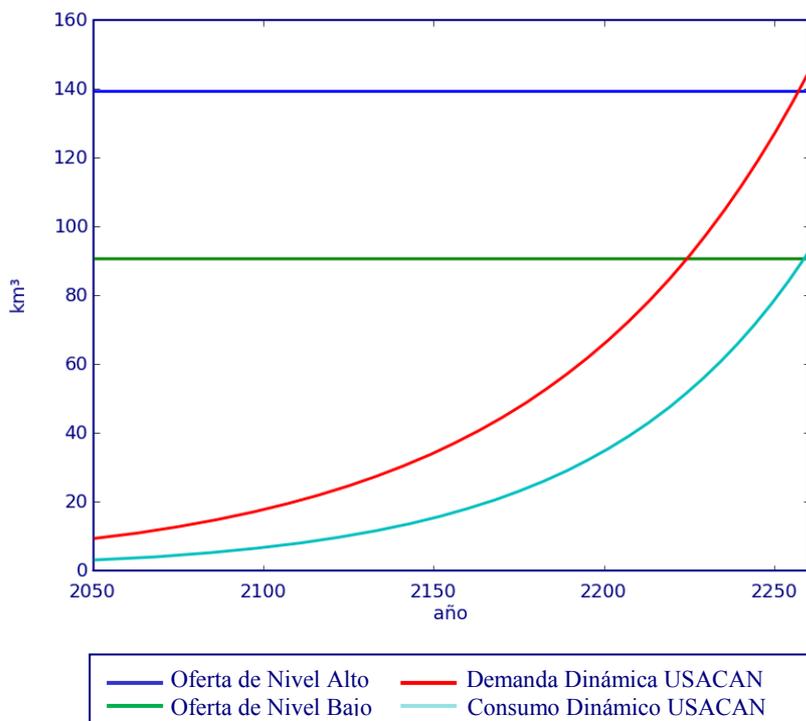
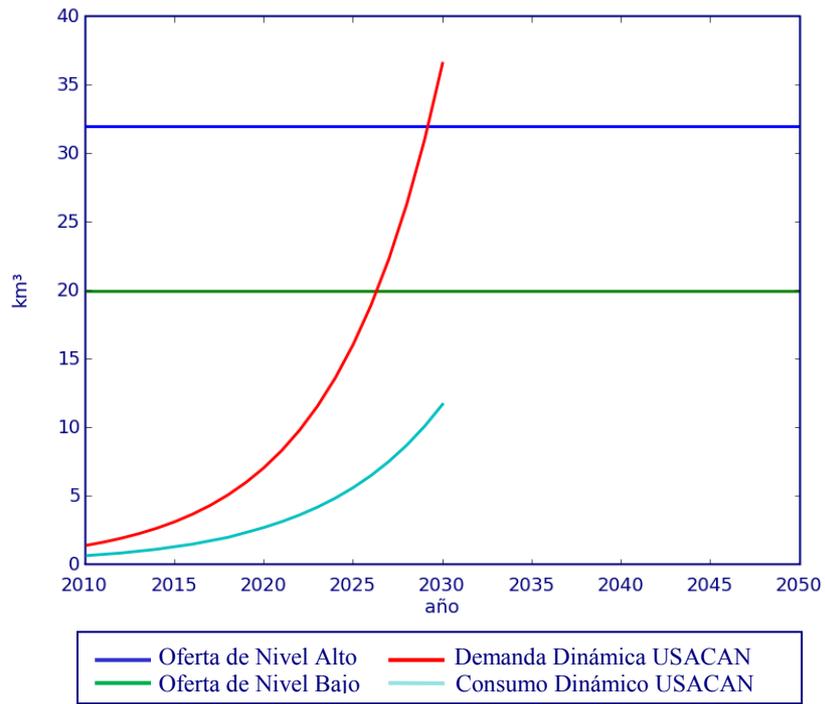


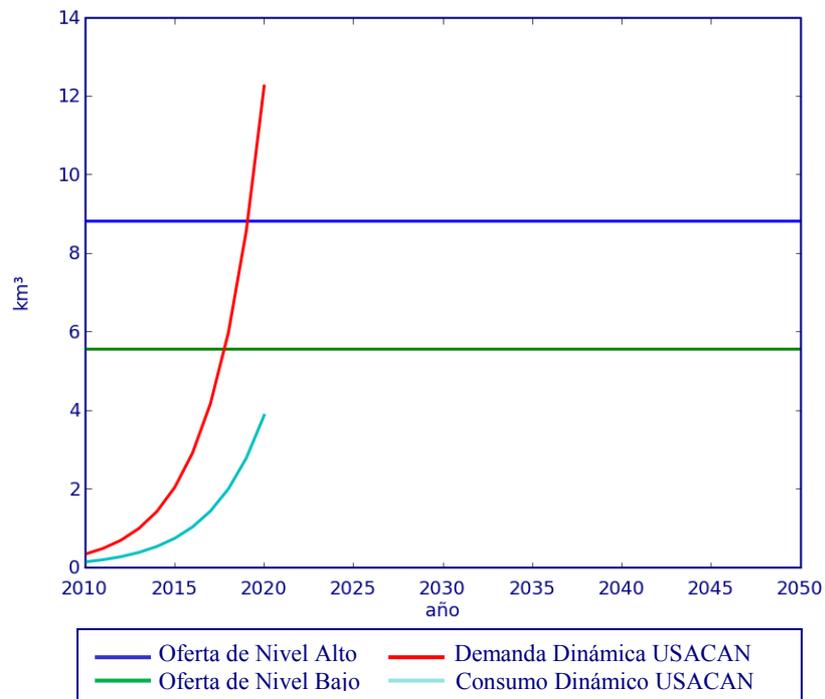
Figura 76. Escenario 2-2 USACAN de Liberia en el periodo 2050-2260



**Figura 77. Escenario 2-1 USACAN de Ghana en el periodo 2010-2050**



**Figura 78. Escenario 2-1 USACAN de Togo en el periodo 2010-2050**



## Las representaciones consecutivas de los escenario 0 *business as usual* con los escenarios 2 estándar USACAN

Figura 79: Escenario consecutivo BaU 0 + USACAN 2-1 + USACAN 2-2 de Guinea-Bissau en el periodo 1980-2160

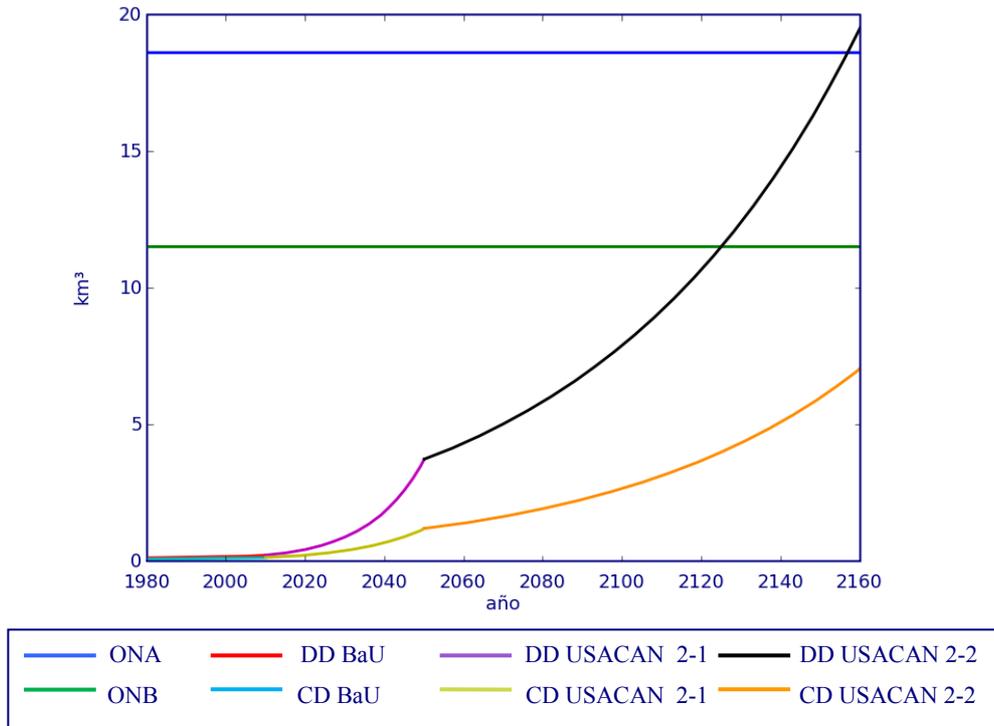
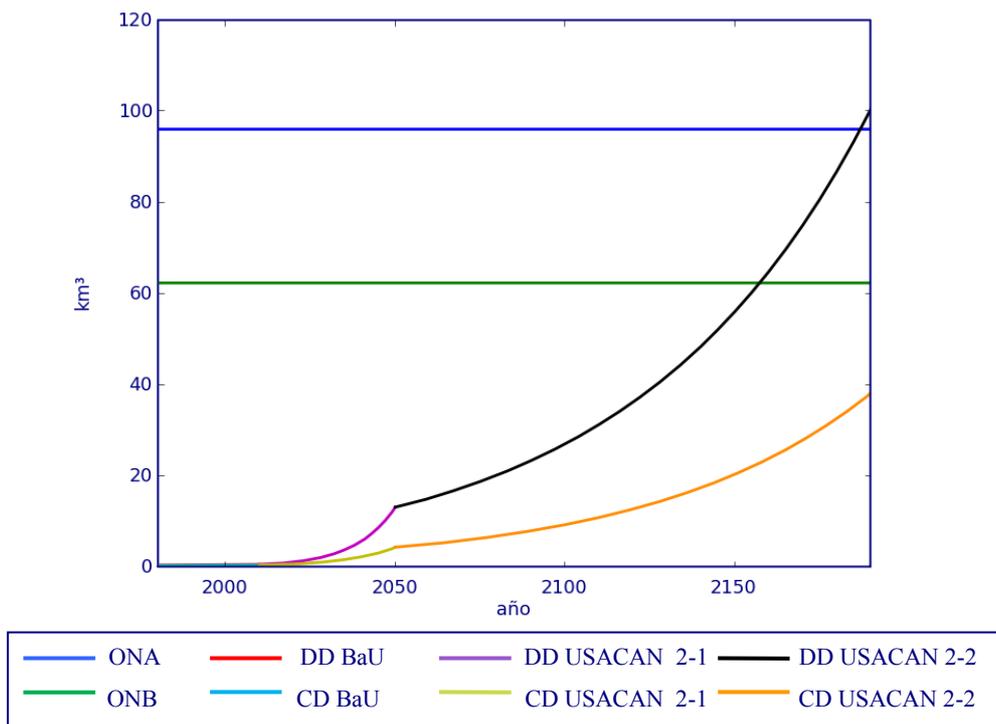
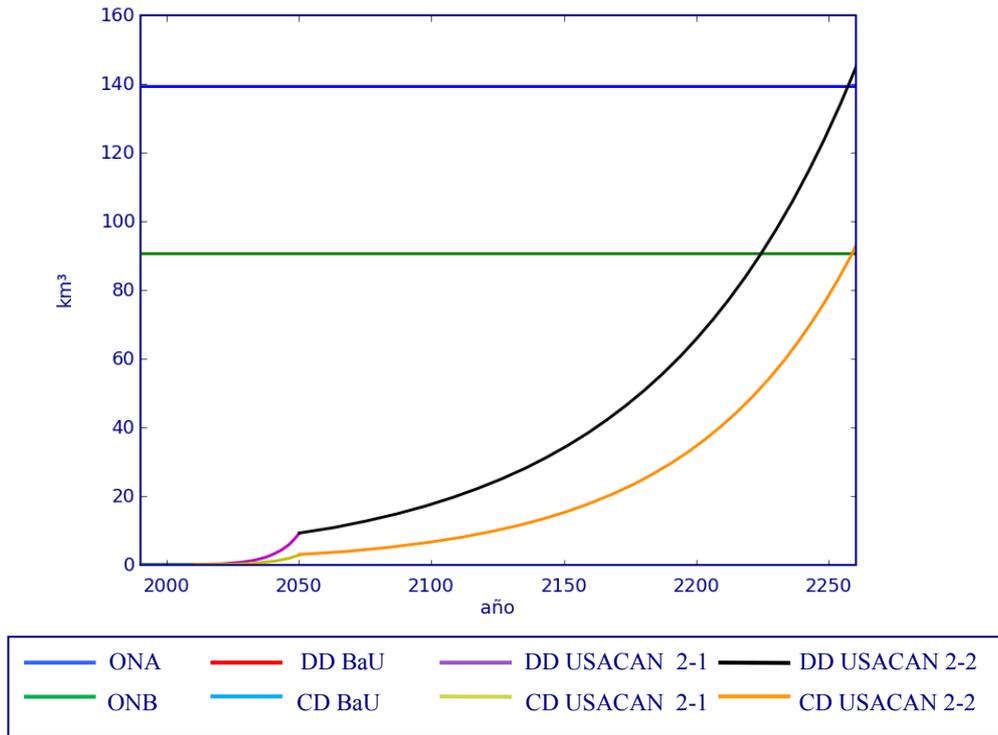


Figura 80: Escenario consecutivo BaU 0 + USACAN 2-1 + USACAN 2-2 de Sierra Leona en el periodo 1980-2190



**Figura 81: Escenario consecutivo BaU 0 + USACAN 2-1 + USACAN 2-2 de Liberia en el periodo 1980-2260**



**Figura 82: Escenario consecutivo BaU 0 + USACAN 2-1 de Ghana en el periodo 1980-2030**

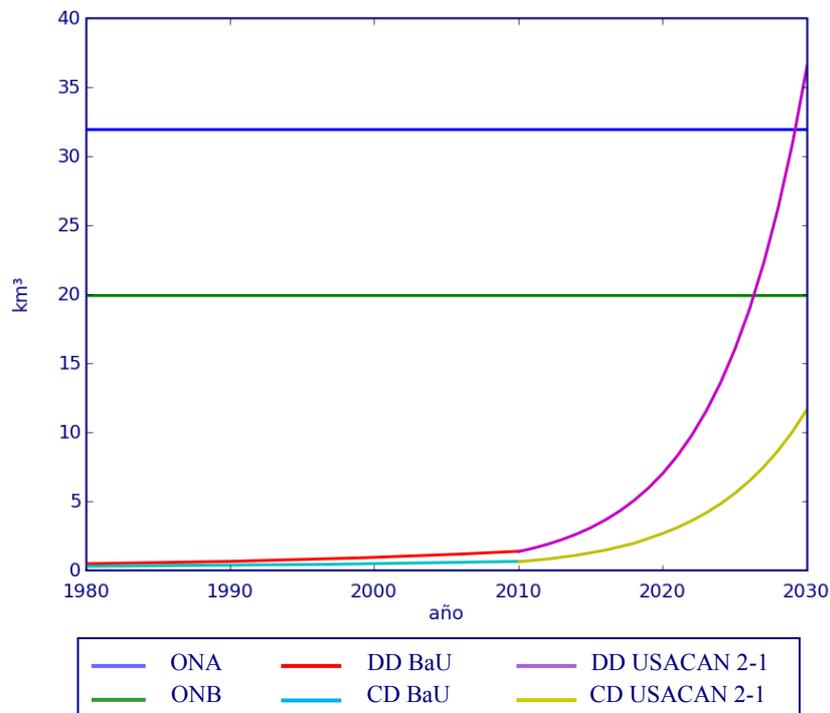
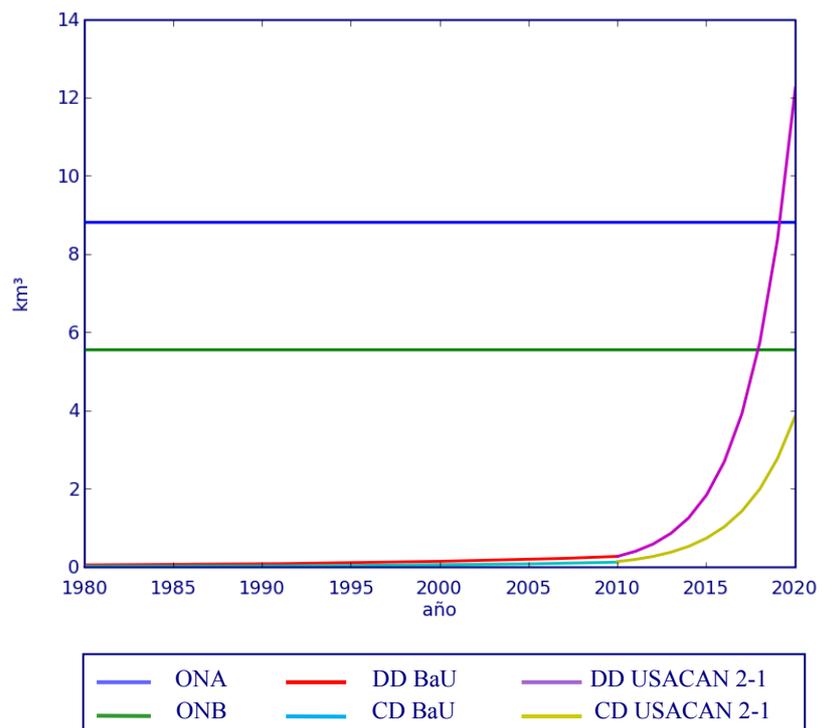


Figura 83: Escenario consecutivo BaU 0 + USACAN 2-1 de Togo en el periodo 1980-2020



**Anexo B:**  
**El programa PySight**

## wxPySight.py

```
import imp
import string
import sys
import wx
import wx.grid

from matplotlib import use
use('wxagg')

INK = 'black'
PAPER = 'white'

from matplotlib import rcParams
rcParams['figure.facecolor'] = PAPER
rcParams['figure.edgecolor'] = INK
rcParams['axes.edgecolor'] = INK
rcParams['axes.labelcolor'] = INK
rcParams['xtick.color'] = INK
rcParams['ytick.color'] = INK
rcParams['text.color'] = INK

colorList =
['b', 'g', 'r', 'c', 'm', 'y', 'k', '0.75', 'chartreuse', 'burlywood']

import matplotlib
from matplotlib.backends.backend_wxagg import Toolbar,
FigureCanvasWxAgg, FigureManager
from matplotlib.figure import Figure
from matplotlib.ticker import FormatStrFormatter
from numpy import *

ID_LB1 = 70
ID_LB2 = 71
ID_OPEN = 101
ID_IMPORT = 104
ID_EXPORT = 105
ID_PRINT = 106
ID_EXIT = 109
ID_DEFAULT = 111
ID_LOAD = 112
ID_SAVE = 113
ID_DEL = 114
ID_DUPE = 115
ID_EDIT_SCN = 116
ID_EDIT_VAR = 121
ID_CALC_VAR = 122
ID_OPT_PLOT = 131
ID_ABOUT = 191
ID_TOGGLE = 201

LINEAL_INTERPOLATION = 1
LINEAL_REGRESSION = 2
EXPONENTIAL_REGRESSION = 3

class EditScnDialog(wx.Dialog):
```

```

def __init__(self, parent, ID, title, name, initial_year,
final_year, pos=wx.DefaultPosition, size=wx.DefaultSize,
style=wx.DEFAULT_DIALOG_STYLE):

    wx.Dialog.__init__(self, parent, ID, title, pos, size, style)

    self.name = name
    self.initial_year = initial_year
    self.final_year = final_year

    sizer = wx.BoxSizer(wx.VERTICAL)

    label = wx.StaticText(self, -1, "Scenario name:")
    sizer.Add(label, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

    self.text1 = wx.TextCtrl(self, -1, self.name, size=(80,-1))
    sizer.Add(self.text1, 1, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

    label = wx.StaticText(self, -1, "First year:")
    sizer.Add(label, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

    self.text2 = wx.TextCtrl(self, -1, str(self.initial_year),
size=(80,-1))
    sizer.Add(self.text2, 1, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

    label = wx.StaticText(self, -1, "Last year:")
    sizer.Add(label, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

    self.text3 = wx.TextCtrl(self, -1, str(self.final_year),
size=(80,-1))
    sizer.Add(self.text3, 1, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

    btnsizer = wx.StdDialogButtonSizer()

    btn = wx.Button(self, wx.ID_OK)
    btn.SetDefault()
    btnsizer.AddButton(btn)

    btn = wx.Button(self, wx.ID_CANCEL)
    btnsizer.AddButton(btn)

    btnsizer.Realize()

    sizer.Add(btnsizer, 0, wx.ALIGN_CENTER_VERTICAL|wx.ALL, 5)

    self.SetSizer(sizer)
    sizer.Fit(self)

    wx.EVT_BUTTON(self, wx.ID_OK, self.EvtOK)

def EvtOK(self, evt):

    self.name = self.text1.GetValue()
    try:
        self.initial_year = int(self.text2.GetValue())
        self.final_year = int(self.text3.GetValue())
    except ValueError :
        d = wx.MessageDialog(self, " Years should have integer
values", "ValueError", wx.OK|wx.ICON_ERROR)
        d.ShowModal()
        d.Destroy()

```

```

else:
    self.EndModal(wx.ID_OK)

class EditVarDialog(wx.Dialog):

    def __init__(self, parent, ID, title, initial, tipf,
        tabl=LINEAR_INTERPOLATION, pos=wx.DefaultPosition,
        size=wx.DefaultSize, style=wx.DEFAULT_DIALOG_STYLE):

        wx.Dialog.__init__(self, parent, ID, title, pos, size, style)

        self.imax = 50

        if type(initial) is list:
            initial_string = ""
            initial_table = initial
            self.enable_text = False
        else:
            initial_string = str(initial)
            initial_table = []
            self.enable_text = True

        self.tabl = tabl

        sizer = wx.FlexGridSizer(6,1)

        label = wx.StaticText(self, -1, "Constant value")
        sizer.Add(label, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        self.text = wx.TextCtrl(self, -1, initial_string, size=(120,23))
        self.text.Enable(self.enable_text)
        sizer.Add(self.text, 1, wx.ALIGN_CENTRE|wx.SHAPED, 5)

        label = wx.StaticText(self, -1, "Table values")
        sizer.Add(label, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        self.grid = wx.grid.Grid(self, -1, size=(265,240))
        self.grid.CreateGrid(self.imax,2)
        for i in xrange(len(initial_table)):
            self.grid.SetCellValue(i,0,str(initial_table[i][0]))
            self.grid.SetCellValue(i,1,str(initial_table[i][1]))
        self.grid.Enable(not self.enable_text)
        sizer.Add(self.grid, 1, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        ipmet = []
        self.ipkey = []
        lbs = 0
        for i in tipf.items():
            ipmet.append(i[1][1])
            self.ipkey.append(i[0])
            if i[0] == self.tabl:
                lbs = len(self.ipkey)-1
        self.lb = wx.ListBox(self, -1, (20, 40), (90, 70), ipmet,
wx.LB_SINGLE)
        self.lb.SetSelection(lbs)
        self.lb.Enable(not self.enable_text)
        sizer.Add(self.lb, 1, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        btnsizer = wx.StdDialogButtonSizer()

        btn = wx.Button(self, wx.ID_OK)

```

```

btn.SetDefault()
btnsizer.AddButton(btn)

btn = wx.Button(self, wx.ID_CANCEL)
btnsizer.AddButton(btn)

btnsizer.Realize()

sizer.Add(btnsizer, 0, wx.ALIGN_CENTER_VERTICAL|wx.ALL, 5)

self.SetSizer(sizer)
sizer.Fit(self)

wx.EVT_BUTTON(self, wx.ID_OK, self.EvtOK)
wx.EVT_LEFT_DCLICK(self, self.EvtToggle)

def EvtOK(self, evt):
    if self.enable_text:
        try:
            self.initial = float(self.text.GetValue())
        except ValueError :
            d = wx.MessageDialog(self, " All numbers should have float
values", "ValueError", wx.OK|wx.ICON_ERROR)
            d.ShowModal()
            d.Destroy()
        else:
            self.EndModal(wx.ID_OK)
    else:
        self.initial = []
        try:
            for i in xrange(self.imax):
                xs = self.grid.GetCellValue(i, 0)
                ys = self.grid.GetCellValue(i, 1)
                if xs != "" and ys != "":
                    x = float(xs)
                    y = float(ys)
                    self.initial.append((x,y))
            a = self.lb.GetSelections()
            self.tab1 = self.ipkey[a[0]]
        except ValueError :
            d = wx.MessageDialog(self, " All numbers should have float
values", "ValueError", wx.OK|wx.ICON_ERROR)
            d.ShowModal()
            d.Destroy()
        else:
            self.EndModal(wx.ID_OK)

def EvtToggle(self, evt):

    self.enable_text = not self.enable_text
    self.text.Enable(self.enable_text)
    self.grid.Enable(not self.enable_text)
    self.lb.Enable(not self.enable_text)

class CalcVarDialog(wx.Dialog):

    def __init__(self, parent, ID, title, var, pos=wx.DefaultPosition,
size=wx.DefaultSize, style=wx.DEFAULT_DIALOG_STYLE):

        wx.Dialog.__init__(self, parent, ID, title, pos, size, style)

```

```

        initial_string = ""
        self.var = var

        sizer = wx.FlexGridSizer(6,1)

        label = wx.StaticText(self, -1, "X value")
        sizer.Add(label, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        self.text_x = wx.TextCtrl(self, -1, initial_string,
size=(120,23))
        sizer.Add(self.text_x, 1, wx.ALIGN_CENTRE|wx.SHAPED, 5)

        label = wx.StaticText(self, -1, "Y value")
        sizer.Add(label, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        self.text_y = wx.TextCtrl(self, -1, initial_string,
size=(120,23))
        sizer.Add(self.text_y, 1, wx.ALIGN_CENTRE|wx.SHAPED, 5)

        btnsizer = wx.StdDialogButtonSizer()

        btn = wx.Button(self, wx.ID_OK)
        btn.SetDefault()
        btnsizer.AddButton(btn)

        btn = wx.Button(self, wx.ID_CANCEL)
        btnsizer.AddButton(btn)

        btnsizer.Realize()

        sizer.Add(btnsizer, 0, wx.ALIGN_CENTER_VERTICAL|wx.ALL, 5)

        self.SetSizer(sizer)
        sizer.Fit(self)

        wx.EVT_BUTTON(self, wx.ID_OK, self.EvtOK)

def EvtOK(self, evt):
    if self.text_x.IsModified():
        try:
            self.x = float(self.text_x.GetValue())
        except ValueError :
            d = wx.MessageDialog(self, " X should be a
float", "ValueError", wx.OK|wx.ICON_ERROR)
            d.ShowModal()
            d.Destroy()
        else:
            self.text_x.SetModified(False)
            itp_method = self.var.tabl
            if type(self.var.initial) is list:
                self.y = self.var.tipf[itp_method][0](self.x,
self.var.initial)
            self.text_y.SetValue(str(self.y))
            else:
                self.text_y.SetValue("N/A")
    elif self.text_y.IsModified():
        try:
            self.y = float(self.text_y.GetValue())
        except ValueError :
            d = wx.MessageDialog(self, " Y should be a
float", "ValueError", wx.OK|wx.ICON_ERROR)

```

```

        d.ShowModal()
        d.Destroy()
    else:
        self.text_y.SetModified(False)
        itp_method = self.var.tabl
        if itp_method == LINEAL_REGRESSION:
            self.x = (self.y - self.var.params[3])/self.var.params[2]
            self.text_x.SetValue(str(self.x))
        elif itp_method == EXPONENTIAL_REGRESSION:
            self.x = (log(self.y) -
self.var.params[3])/self.var.params[2]
            self.text_x.SetValue(str(self.x))
        else:
            self.text_x.SetValue("N/A")

class EditPlotOptions(wx.Dialog):

    def __init__(self, parent, ID, title, pos=wx.DefaultPosition,
size=wx.DefaultSize, style=wx.DEFAULT_DIALOG_STYLE):

        wx.Dialog.__init__(self, parent, ID, title, pos, size, style)

        sizer = wx.BoxSizer(wx.VERTICAL)

        label = wx.StaticText(self, -1, "Configure plot options")
        sizer.Add(label, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        self.cb1 =wx.CheckBox(self, -1, "Show table points")
        self.cb1.SetValue(frame.show_table_points)
        sizer.Add(self.cb1, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        self.cb2 =wx.CheckBox(self, -1, "Show regression formula")
        self.cb2.SetValue(frame.show_reg_formula)
        sizer.Add(self.cb2, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        self.cb3 =wx.CheckBox(self, -1, "Show all scenarios")
        self.cb3.SetValue(frame.show_all_scn)
        sizer.Add(self.cb3, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        self.cb4 =wx.CheckBox(self, -1, "Do not show model name")
        self.cb4.SetValue(frame.hide_model_name)
        sizer.Add(self.cb4, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        self.cb5 =wx.CheckBox(self, -1, "Use python variable name")
        self.cb5.SetValue(frame.use_python_name)
        sizer.Add(self.cb5, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        self.cb6 =wx.CheckBox(self, -1, "Specify variable type")
        self.cb6.SetValue(frame.specify_var_type)
        sizer.Add(self.cb6, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        label = wx.StaticText(self, -1, "First year:")
        sizer.Add(label, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        self.text_xmin = wx.TextCtrl(self, -1, str(frame.xmin),
size=(80,-1))
        sizer.Add(self.text_xmin, 1, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        label = wx.StaticText(self, -1, "Last year:")
        sizer.Add(label, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

```

```

        self.text_xmax = wx.TextCtrl(self, -1, str(frame.xmax),
size=(80,-1))
        sizer.Add(self.text_xmax, 1, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        label = wx.StaticText(self, -1, "Force plot title:")
        sizer.Add(label, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        self.text_title = wx.TextCtrl(self, -1, frame.title, size=(80,-
1))
        sizer.Add(self.text_title, 1, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        label = wx.StaticText(self, -1, "Force Y axis title:")
        sizer.Add(label, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        self.text_ytitle = wx.TextCtrl(self, -1, frame.ytitle,
size=(80,-1))
        sizer.Add(self.text_ytitle, 1, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        label = wx.StaticText(self, -1, "Force Y axis format:")
        sizer.Add(label, 0, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        self.text_yformat = wx.TextCtrl(self, -1, frame.yformat,
size=(80,-1))
        sizer.Add(self.text_yformat, 1, wx.ALIGN_CENTRE|wx.ALL, 5)

        btnsizer = wx.StdDialogButtonSizer()

        btn = wx.Button(self, wx.ID_OK)
        btn.SetDefault()
        btnsizer.AddButton(btn)

        btn = wx.Button(self, wx.ID_CANCEL)
        btnsizer.AddButton(btn)

        btnsizer.Realize()

        sizer.Add(btnsizer, 0, wx.ALIGN_CENTER_VERTICAL|wx.ALL, 5)

        self.SetSizer(sizer)
        sizer.Fit(self)

        wx.EVT_BUTTON(self, wx.ID_OK, self.EvtOK)

def EvtOK(self, evt):

    frame.show_table_points = self.cb1.GetValue()
    frame.show_reg_formula = self.cb2.GetValue()
    frame.show_all_scn = self.cb3.GetValue()
    frame.hide_model_name = self.cb4.GetValue()
    frame.use_python_name = self.cb5.GetValue()
    frame.specify_var_type = self.cb6.GetValue()

    try:
        frame.xmin = int(self.text_xmin.GetValue())
    except ValueError :
        frame.xmin = None

    try:
        frame.xmax = int(self.text_xmax.GetValue())
    except ValueError :

```

```

        frame.xmax = None

        frame.title = self.text_title.GetValue()
        frame.ytitle = self.text_ytitle.GetValue()
        frame.yformat = self.text_yformat.GetValue()

        self.EndModal(wx.ID_OK)

class MainWindow(wx.Frame):

    def __init__(self, parent, id, title, modelName, scnName=None):

        wx.Frame.__init__(self, parent, id, title, size=(640,480))

        self.initModel(modelName, scnName)

    def initModel(self, modelName, scnName=None, reload=False):

        try:
            fp, pathname, description = imp.find_module(modelName)
            self.model = imp.load_module(modelName, fp, pathname,
description)
        except ImportError:
            d = wx.MessageDialog(self, " Model "+modelName+" is not in the
current path", "ImportError", wx.OK|wx.ICON_ERROR)
            d.ShowModal()
            d.Destroy()
        else:
            self.modelName = modelName

        self.simArray = []
        self.sampleList1 = []
        self.currentScn = 0
        self.currentVar = 0

        self.simulate()

        self.get_variables()

        if type(scnName) is str:

            self.load_scn_file(scnName+".scn",
self.simArray[self.currentScn])

            if reload:
                self.destroyComponents()
            else:
                self.initOptions()
                self.makeMenuBar()

            self.makeComponents()

            if reload:
                self.addComponent()

```

```

        self.sizer.Layout()
    else:
        self.makeSizer()

def makeGui(self):

    self.makeMenuBar()
    self.makeComponents()
    self.makeSizer()

def initOptions(self):

    self.show_table_points = True
    self.show_reg_formula = False
    self.show_all_scn = False
    self.hide_model_name = False
    self.use_python_name = False
    self.specify_var_type = False
    self.xmin = None
    self.xmax = None
    self.title = ""
    self.ytitle = ""
    self.yformat = ""
    self.time_units = "time (y)"

def makeMenuBar(self):

    self.CreateStatusBar()
    filemenu = wx.Menu()
    filemenu.Append(ID_OPEN, "&Choose model", " Choose model")
    filemenu.AppendSeparator()
    filemenu.Append(ID_IMPORT, "&Import all", " Import all")
    filemenu.Append(ID_EXPORT, "&Export all", " Export all")
    filemenu.AppendSeparator()
    filemenu.Append(ID_PRINT, "&Print to file", " Print to file")
    filemenu.AppendSeparator()
    filemenu.Append(ID_EXIT, "&Quit", " Terminate the program")
    scenariomenu = wx.Menu()
    scenariomenu.Append(ID_DEFAULT, "&New scenario", " Create new
default scenario")
    scenariomenu.AppendSeparator()
    scenariomenu.Append(ID_LOAD, "&Load scenario", " Load scenario")
    scenariomenu.Append(ID_SAVE, "Sa&ve scenario", " Save scenario")
    scenariomenu.AppendSeparator()
    scenariomenu.Append(ID_DEL, "Re&move scenario", " Remove current
scenario")
    scenariomenu.Append(ID_DUPE, "&Duplicate scenario", " Duplicate
current scenario")
    scenariomenu.Append(ID_EDIT_SCN, "Edit scenari&o", " Edit current
scenario")
    variablemenu = wx.Menu()
    variablemenu.Append(ID_EDIT_VAR, "Edi&t variable", " Edit current
variable")
    variablemenu.Append(ID_CALC_VAR, "Ca&lculate", " Calculate")
    configuremenu = wx.Menu()
    configuremenu.Append(ID_OPT_PLOT, "Config&ure plot", " Configure
plot")
    helpmenu = wx.Menu()
    helpmenu.Append(ID_ABOUT, "&About", " Information about this
program")
    menuBar = wx.MenuBar()

```

```

menuBar.Append(filemenu, "&File")
menuBar.Append(scenariomenu, "&Scenario")
menuBar.Append(variablemenu, "Va&riable")
menuBar.Append(configuremenu, "Confi&gure")
menuBar.Append(helpmenu, "&Help")
self.SetMenuBar(menuBar)

wx.EVT_MENU(self, ID_OPEN, self.EvtOpen)
wx.EVT_MENU(self, ID_IMPORT, self.EvtNotImplemented)
wx.EVT_MENU(self, ID_EXPORT, self.EvtNotImplemented)
wx.EVT_MENU(self, ID_PRINT, self.EvtPrint)
wx.EVT_MENU(self, ID_EXIT, self.EvtExit)
wx.EVT_MENU(self, ID_DEFAULT, self.EvtDefault)
wx.EVT_MENU(self, ID_LOAD, self.EvtLoad)
wx.EVT_MENU(self, ID_SAVE, self.EvtSave)
wx.EVT_MENU(self, ID_DEL, self.EvtDel)
wx.EVT_MENU(self, ID_DUPE, self.EvtDupe)
wx.EVT_MENU(self, ID_EDIT_SCN, self.EvtEditScn)
wx.EVT_MENU(self, ID_EDIT_VAR, self.EvtEditVar)
wx.EVT_MENU(self, ID_CALC_VAR, self.EvtCalcVar)
wx.EVT_MENU(self, ID_OPT_PLOT, self.EvtPlotOptions)
wx.EVT_MENU(self, ID_ABOUT, self.EvtAbout)

def makeComponents(self):

    self.text1 = wx.StaticText(self, wx.ID_ANY, "Scenario:", (20, 20))
    self.text2 = wx.StaticText(self, wx.ID_ANY, "Variable:", (20, 20))
    self.lb1 = wx.ListBox(self, ID_LB1, (20, 40), (150, 120),
self.sampleList1, wx.LB_SINGLE)

    self.lb2 = wx.ListBox(self, ID_LB2, (20, 40), (150, 120),
self.sampleList2, wx.LB_MULTIPLE)
    self.lb1.Bind(wx.EVT_LISTBOX, self.EvtScnBox)
    self.lb1.Bind(wx.EVT_LISTBOX_DCLICK, self.EvtScnBox2)
    self.lb2.Bind(wx.EVT_LISTBOX, self.EvtVarBox)
    self.lb2.Bind(wx.EVT_LISTBOX_DCLICK, self.EvtVarBox2)
    self.lb1.SetSelection(self.currentScn)
    self.lb2.SetSelection(self.currentVar)

    self.fig = Figure((8.8,6.6), 75)
    self.canvas = FigureCanvasWxAgg(self, wx.ID_ANY, self.fig)
    self.plot()

def destroyComponents(self):

    self.text1.Destroy()
    self.text2.Destroy()
    self.lb1.Destroy()
    self.lb2.Destroy()
    self.canvas.Destroy()

def addComponents(self):

    self.sizer.Add(self.text1, (1,1), (1,1), wx.TOP | wx.LEFT |
wx.EXPAND)
    self.sizer.Add(self.lb1, (2,1), (1,1), wx.TOP | wx.LEFT |
wx.EXPAND)
    self.sizer.Add(self.text2, (1,2), (1,1), wx.TOP | wx.LEFT |
wx.EXPAND)
    self.sizer.Add(self.lb2, (2,2), (1,1), wx.TOP | wx.LEFT |
wx.EXPAND)

```

```

    self.sizer.Add(self.canvas, (2,3), (1,1), wx.TOP | wx.LEFT |
wx.EXPAND)

def makeSizer(self):

    self.sizer = wx.GridBagSizer(2,3)

    self.addComponents()

    self.SetSizer(self.sizer)

    self.Show(True)
    self.Fit()

def plot(self, z = None):

    decimals = 5
    lletres = 35
    fs = 14

    if z == None:
        n = 1
    else:
        n = len(z)

    fs = fs-2*n
    if fs < 6:
        fs = 6

    for i in xrange(n):

        if n>3:
            rcParams['xtick.major.pad'] = 3
            rcParams['xtick.minor.pad'] = 3
        elif n == 3:
            rcParams['xtick.major.pad'] = 5
            rcParams['xtick.minor.pad'] = 5
        else:
            rcParams['xtick.major.pad'] = 10
            rcParams['xtick.minor.pad'] = 10

        sp = n*100+i+11

        simCount = -1
        lineNumber = len(self.simArray)

        for sim in self.simArray:

            simCount = simCount + 1
            if sim == self.simArray[self.currentScn] or self.show_all_scn
== True:

                time = sim.time
                if n == 1 or z == None:
                    varname = self.sampleList2[self.currentVar]
                else:
                    varname = self.sampleList2[z[i]]
                value = getattr(sim, varname).value
                initial = getattr(sim, varname).initial
                params = getattr(sim, varname).params
                svarname = getattr(sim, varname).label

```

```

if svarname == "" or self.use_python_name:
    svarname = varname

if len(svarname)>11:
    svarname = svarname[:11]
else:
    svarname = svarname

a = self.fig.add_subplot(sp)
a.plot(time,value,lw=2,c=colorList[simCount%lineNumber])

xmin, xmax, ymin, ymax = a.axis()
if xmin < self.xmin and self.xmin is not None:
    xmin = self.xmin
if xmax > self.xmax and self.xmax is not None:
    xmax = self.xmax
a.axis((xmin,xmax,ymin,ymax))

if getattr(sim, varname).__class__ is self.InVar:
    s = " (In)"
elif getattr(sim, varname).__class__ is self.OutVar:
    s = " (Out)"
elif getattr(sim, varname).__class__ is self.AuxVar:
    s = " (Aux)"
else:
    s = ""

if self.specify_var_type:
    svarname = svarname+s

if type(initial) is list and self.show_table_points:
    x = []
    y = []
    for j in initial:
        x.append(j[0])
        y.append(j[1])
    a.plot(x,y,"go")

if sim == self.simArray[self.currentScn]:

    if initial == params[0] and LINEAL_REGRESSION == params[1]
and self.show_reg_formula:
        formula = svarname+" = "+str(round(params[2], decimals))+
time + "+str(round(params[3], decimals))
        a.legend((formula,), 'upper center', shadow=True)
    if initial == params[0] and EXPONENTIAL_REGRESSION ==
params[1] and self.show_reg_formula:
        formula = "ln("+svarname+") =
"+str(round(params[2],decimals))+ " time +
"+str(round(params[3],decimals))
        a.legend((formula,), 'upper center', shadow=True)
    if i == 0:
        if self.title=="":
            if self.hide_model_name:
                a.set_title(sim.name, fontsize = fs)
            else:
                a.set_title(self.modelName+" (" +sim.name+)", fontsize
= fs)
        else:
            a.set_title(self.title, fontsize = fs)

```

```

        if i == n-1:
            a.set_xlabel(self.time_units, fontsize = fs)
        if self.ytitle == "":
            a.set_ylabel(svarname+"\n", fontsize = fs)
        else:
            a.set_ylabel(self.ytitle+"\n", fontsize = fs)
        if self.yformat != "":
            a.yaxis.set_major_formatter(FormatStrFormatter(self.yformat))
            a.xaxis.set_major_formatter(FormatStrFormatter('%d'))
        for tick in a.xaxis.get_major_ticks():
            tick.label1.set_fontsize(fs)
        for tick in a.yaxis.get_major_ticks():
            tick.label1.set_fontsize(fs)
        multi = a.yaxis.get_offset_text()
        multi.set_fontsize(fs)
    self.canvas.draw()

    def oldplot(self):

        decimals = 5
        lletres = 4

        for sim in self.simArray:

            if sim == self.simArray[self.currentScn] or self.show_all_scn ==
True:

                time = sim.time
                varname = self.sampleList2[self.currentVar]
                value = getattr(sim, varname).value
                initial = getattr(sim, varname).initial
                params = getattr(sim, varname).params

                if len(varname)>lletres:
                    svarname = varname[:lletres]
                else:
                    svarname = varname

                a = self.fig.add_subplot(111)
                a.plot(time,value)

                if getattr(sim, varname).__class__ is self.InVar:
                    s = " (In)"
                elif getattr(sim, varname).__class__ is self.OutVar:
                    s = " (Out)"
                elif getattr(sim, varname).__class__ is self.AuxVar:
                    s = " (Aux)"
                else:
                    s = ""

                if type(initial) is list and self.show_table_points:
                    x = []
                    y = []
                    for i in initial:
                        x.append(i[0])
                        y.append(i[1])
                    a.plot(x,y,"go")

            if sim == self.simArray[self.currentScn]:

```

```

        if initial == params[0] and LINEAL_REGRESSION == params[1] and
self.show_reg_formula:
            formula = svarname+" = "+str(round(params[2], decimals))+
time + "+str(round(params[3], decimals))
            a.legend((formula,), 'upper center', shadow=True)
        if initial == params[0] and EXPONENTIAL_REGRESSION ==
params[1] and self.show_reg_formula:
            formula = "ln("+svarname+") =
"+str(round(params[2], decimals))+ " time +
"+str(round(params[3], decimals))
            a.legend((formula,), 'upper center', shadow=True)
            a.set_title(self.modelName+" (" +sim.name+")")
            a.set_xlabel("time (y)")
            a.set_ylabel(varname+s+"\n")
            a.xaxis.set_major_formatter(FormatStrFormatter('%d'))

self.canvas.draw()

def simulate(self):

self.sim = self.model.Model(self)
self.sim.calcul()
self.simArray.append(self.sim)
self.sampleList1.append(self.sim.name)
self.currentScn = len(self.simArray) - 1

def get_variables(self):

self.sampleList2 = []
self.in_vars = []
self.out_vars = []
self.aux_vars = []

for i in dir(self.simArray[self.currentScn]):
    try:
        b = getattr(getattr(self.simArray[self.currentScn], i),
"__class__")
    except AttributeError:
        pass
    else:
        if b is self.InVar:
            self.in_vars.append(i)
            self.sampleList2.append(i)
        if b is self.OutVar:
            self.out_vars.append(i)
            self.sampleList2.append(i)
        if b is self.AuxVar:
            self.aux_vars.append(i)
            self.sampleList2.append(i)

def load_scn_file(self, fname):

try:
    f = open(fname, "r")
except IOError:
    d = wx.MessageDialog(self, " Scenario file "+fname+" is not in
the current path.", "IOError", wx.OK|wx.ICON_ERROR)
    d.ShowModal()
    d.Destroy()

```

```

else:
    self.simulate()
    sim = self.simArray[self.currentScn]
    for line in f.readlines():
        l=line[:-1]
        p=l.split(";")
        if p[0] == "Model:" and p[1]!=self.modelName:
            d = wx.MessageDialog(self, " This scenario was created with
model "+p[1]+\n but currently you are using model
"+self.modelName+"\n Check that both models define the same
variables.", "Warning", wx.OK|wx.ICON_EXCLAMATION)
            d.ShowModal()
            d.Destroy()
        elif p[0] == "Name:":
            sim.name = p[1]
        elif p[0] == "Time:":
            sim.time, sim.n = self.timeInit(int(p[1]), int(p[2]))
        elif p[0] == "In:" or p[0] == "Out:" or p[0] == "Aux:":
            getattr(sim, p[1]).load_scn(p[2:])
            a = getattr(sim, p[1]).initial
            b = getattr(sim, p[1]).tabl
            s = getattr(sim, p[1]).label
            getattr(sim, p[1]).__init__(sim.time, a, b, s)
    f.close()
    sim.calcul()
    self.sampleList1[self.currentScn] = sim.name

def EvtNotImplemented(self, event):

    d = wx.MessageDialog(self, " This option is not \n implemented
yet.", "Bad luck", wx.OK|wx.ICON_EXCLAMATION)
    d.ShowModal()
    d.Destroy()

def EvtOpen(self,e):

    d = wx.FileDialog(self, "Choose model", wildcard = "*.py")
    d.ShowModal()
    fname = d.GetFilename()
    d.Destroy()
    modelName = fname[:-3]
    self.initModel(modelName, reload=True)

def EvtPrint(self,e):

    sim = self.simArray[self.currentScn]

    if sys.platform == "linux2":
        d = wx.FileDialog(self, "Print to file", wildcard = "*.png",
style = wx.FD_SAVE)
    else:
        d = wx.FileDialog(self, "Print to file", wildcard = "*.png")
    d.ShowModal()
    fname = d.GetPath() # Tractament multiplataforma extensions
    d.Destroy()
    self.fig.savefig(fname)

def EvtExit(self,e):

    self.Close(True)

```

```

def EvtDefault(self, event):

    self.simulate()
    self.destroyComponents()
    self.makeComponents()
    self.addComponents()
    self.sizer.Layout()

def EvtLoad(self, event):

    d = wx.FileDialog(self, "Load scenario", wildcard = "*.scn")
    d.ShowModal()
    fname = d.GetPath()
    d.Destroy()

    self.load_scn_file(fname)

    self.destroyComponents()
    self.makeComponents()
    self.addComponents()
    self.sizer.Layout()

def EvtSave(self, event):

    sim = self.simArray[self.currentScn]

    if sys.platform == "linux2":
        d = wx.FileDialog(self, "Save scenario", defaultFile = sim.name,
wildcard = "*.scn", style = wx.FD_SAVE)
    else:
        d = wx.FileDialog(self, "Save scenario", defaultFile = sim.name,
wildcard = "*.scn")
    d.ShowModal()
    fname = d.GetPath()
    d.Destroy()
    try:
        f = open(fname, "w")
    except IOError:
        d = wx.MessageDialog(self, " Could not open "+fname+" in write
mode", "IOError", wx.OK|wx.ICON_ERROR)
        d.ShowModal()
        d.Destroy()
    else:
        f.write("Model;;"+self.modelName+"\n")
        f.write("Name;;"+sim.name+"\n")
        f.write("Time;;"+str(sim.time[0])+";"+str(sim.time[-1])+"\n")
        for i in dir(sim):
            try:
                b = getattr(getattr(sim, i), "__class__")
            except AttributeError:
                pass
            else:
                if b is self.InVar:
                    getattr(sim, i).save_scn(f, "In;;"+i+";")
                if b is self.OutVar:
                    getattr(sim, i).save_scn(f, "Out;;"+i+";")
                if b is self.AuxVar:
                    getattr(sim, i).save_scn(f, "Aux;;"+i+";")
        f.close()

def EvtDel(self, event):

```

```

        if len(self.simArray)>1:
            self.simArray =
self.simArray[:self.currentScn]+self.simArray[self.currentScn+1:]
            self.sampleList1 =
self.sampleList1[:self.currentScn]+self.sampleList1[self.currentScn+1:
]
            self.currentScn = self.currentScn-1
            self.destroyComponents()
            self.makeComponents()
            self.addComponents()
            self.sizer.Layout()

def EvtDupe(self, event):

    original = self.simArray[self.currentScn]
    sample = self.sampleList1[self.currentScn]
    self.simulate()
    self.sampleList1[self.currentScn] = sample
    copia = self.simArray[self.currentScn]
    copia.name = original.name
    copia.time = original.time
    copia.n = original.n
    for i in self.sampleList2:
        initial = getattr(original, i).initial
        tabl = getattr(original, i).tabl
        label = getattr(original, i).label
        getattr(copia, i).__init__(copia.time, initial, tabl, label)
    copia.calcul()
    self.destroyComponents()
    self.makeComponents()
    self.addComponents()
    self.sizer.Layout()

def EvtEditScn(self, event):

    sim = self.simArray[self.currentScn]

    name = sim.name
    initial_year = sim.time[0]
    final_year = sim.time[-1]

    d = EditScnDialog(self, -1, "Edit scenario", name, initial_year,
final_year, size=(350, 200), style = wx.DEFAULT_DIALOG_STYLE)
    d.CenterOnScreen()
    val = d.ShowModal()

    if val == wx.ID_OK:

        name = d.name
        initial_year = d.initial_year
        final_year = d.final_year
        sim.name = name
        self.sampleList1[self.currentScn] = name
        sim.time, sim.n = self.timeInit(initial_year, final_year)
        for i in self.sampleList2:
            a = getattr(getattr(sim, i), "initial")
            b = getattr(getattr(sim, i), "tabl")
            s = getattr(getattr(sim, i), "label")
            getattr(getattr(sim, i), "__init__")(sim.time, a, b, s)

```

```

sim.calcul()

d.Destroy()
self.destroyComponents()
self.makeComponents()
self.addComponents()
self.sizer.Layout()

def EvtEditVar(self, event):

    sim = self.simArray[self.currentScn]
    var = getattr(sim, self.sampleList2[self.currentVar])
    initial = var.initial
    tipf = var.tipf
    tabl = var.tabl
    label = var.label

    if isinstance(var, MainWindow.AuxVar):

        d = wx.MessageDialog(self, " This is an auxiliary variable, \n
nothing to modify!", "Edit variable", wx.OK|wx.ICON_INFORMATION)
        d.ShowModal()
        d.Destroy()

    else:

        d = EditVarDialog(self, -1, "Edit variable", initial, tipf,
tabl, size=(350, 200), style = wx.DEFAULT_DIALOG_STYLE)
        d.CenterOnScreen()

        val = d.ShowModal()

        if val == wx.ID_OK:

            var.__init__(sim.time, d.initial, d.tabl, var.label)
            sim.calcul()

            d.Destroy()
            self.fig.clear()
            self.plot()

def EvtCalcVar(self, event):

    sim = self.simArray[self.currentScn]
    var = getattr(sim, self.sampleList2[self.currentVar])

    if isinstance(var, MainWindow.AuxVar) or isinstance(var,
MainWindow.OutVar):

        d = wx.MessageDialog(self, " This is not an input variable, \n
nothing to calculate!", "Calculate", wx.OK|wx.ICON_INFORMATION)
        d.ShowModal()
        d.Destroy()

    else:

        d = CalcVarDialog(self, -1, "Calculate", var, size=(350, 200),
style = wx.DEFAULT_DIALOG_STYLE)
        d.CenterOnScreen()

```

```

        val = d.ShowModal()
        d.Destroy()

    def EvtPlotOptions(self, event):

        d = EditPlotOptions(self, -1, "Configure plot", size=(350, 200),
style = wx.DEFAULT_DIALOG_STYLE)
        d.CenterOnScreen()
        val = d.ShowModal()
        d.Destroy()
        self.destroyComponents()
        self.makeComponents()
        self.addComponents()
        self.sizer.Layout()

    def EvtAbout(self, event):

        d = wx.MessageDialog(self, " A simple PySight scenario \n editor
written in wxPython \n by Jordi Sellares", "About wxPySight",
wx.OK|wx.ICON_INFORMATION)
        d.ShowModal()
        d.Destroy()

    def EvtScnBox(self, event):

        a = self.lb1.GetSelections()
        try:
            self.currentScn = a[0]
        except IndexError:
            pass
        self.fig.clear()
        self.plot()

    def EvtScnBox2(self, event):

        a = self.lb1.GetSelections()
        self.currentScn = a[0]

    def EvtVarBox(self, event):

        a = self.lb2.GetSelections()
        try:
            self.currentVar = a[0]
        except IndexError:
            pass
        self.fig.clear()
        self.plot()

    def EvtVarBox2(self, event):

        a = self.lb2.GetSelections()
        try:
            self.currentVar = a[0]
        except IndexError:
            pass
        self.fig.clear()
        self.plot(a)

#####

    def timeInit(self, a, b):

```

```

c = arange(a, b+1)
n = len(c)-1
return c, n

class PySightVar:

    def __init__(self, s = ""):

        self.tipf = {LINEAL_INTERPOLATION : (self.intrpl, "Lineal
Interpolation"), LINEAL_REGRESSION : (self.regrsl, "Linear
Regression"), EXPONENTIAL_REGRESSION : (self.regrse, "Exponential
Regression")}

        self.params = [None, None]

        self.label = s

    def intrpl(self, x, b):

        self.params = [b, LINEAL_INTERPOLATION]

        ftd = True
        ftb = True
        dpd = 0.0
        dpb = 0.0

        for i in b:
            d = i[0]-x
            if d >= 0.0 and (d < dpd or ftd):
                xd = i[0]
                yd = i[1]
                dpd = d
                ftd = False
            if d <= 0.0 and (d > dpb or ftb):
                xb = i[0]
                yb = i[1]
                dpb = d
                ftb = False

        try:
            y = yb
            if xb != xd:
                y = y+(x-xb)*(yd-yb)/(xd-xb)
        except UnboundLocalError:
            print "WARNING! Nonsense interpolation!"
            y = 0.0
        return y

    def regrsl(self, x, b):

        if b <> self.params[0] or LINEAL_REGRESSION <> self.params[1]:

            s = 0.0
            sx = 0.0
            sy = 0.0
            sxx = 0.0
            sxy = 0.0
            syy = 0.0

            for i in b:

```

```

    s = s+1
    sx = sx+i[0]
    sy = sy+i[1]
    sxx = sxx + i[0]*i[0]
    sxy = sxy + i[0]*i[1]
    syy = syy + i[1]*i[1]

dsc = s*sxx-sx*sx
odn = (sxx*sy-sx*sxy)/dsc
pdt = (s*sxy-sx*sy)/dsc
cor = (s*sxy-sx*sy)/sqrt((s*sxx-sx*sx)*(s*syy-sy*sy))

self.params = [b, LINEAL_REGRESSION, pdt, odn]

print "Pendent", pdt
print "Ordenada a l'origen", odn
print "Correlacio", cor
print

else:

    pdt = self.params[2]
    odn = self.params[3]

y = pdt*x + odn

return y

def regrse(self, x, b):

    if b <> self.params[0] or EXPONENTIAL_REGRESSION <>
self.params[1]:

        s = 0.0
        sx = 0.0
        sy = 0.0
        sxx = 0.0
        sxy = 0.0
        syy = 0.0

        for i in b:
            j = log(i[1])
            s = s+1
            sx = sx+i[0]
            sy = sy+j
            sxx = sxx + i[0]*i[0]
            sxy = sxy + i[0]*j
            syy = syy + j*j

        dsc = s*sxx-sx*sx
        odn = (sxx*sy-sx*sxy)/dsc
        pdt = (s*sxy-sx*sy)/dsc
        cor = (s*sxy-sx*sy)/sqrt((s*sxx-sx*sx)*(s*syy-sy*sy))

        self.params = [b, EXPONENTIAL_REGRESSION, pdt, odn]

        print "Pendent", pdt
        print "Ordenada a l'origen", odn
        print "Correlacio", cor
        print

```

```

else:

    pdt = self.params[2]
    odn = self.params[3]

y = odn + pdt*x

return e**y

def save_scn(self, f, prefix):

    if type(self.initial) is float:
        f.write(prefix)
        f.write(str(self.initial))
        f.write("\n")
    elif type(self.initial) is list:
        f.write(prefix)
        for i in self.initial:
            f.write(str(i[0])+";")
            f.write(str(i[1])+";")
        f.write(str(self.tabl))
        f.write("\n")
    else:
        f.write(prefix+"None \n")

def load_scn(self, s):

    if len(s) == 1:
        if s[0] == "None ":
            self.initial = None
        else:
            self.initial = float(s[0])
    else:
        self.initial = []
        for i in xrange(0,len(s)-1,2):
            self.initial.append((float(s[i]),float(s[i+1])))
        self.tabl=int(s[-1])

class AuxVar(PySightVar):

    def __init__(self, a, b = None, c = None, label = ""):

        MainWindow.PySightVar.__init__(self, label)

        self.tipf = None

        b = len(a)
        self.value = zeros(b)+0.0

        self.initial = None

        self.tabl = None

class InVar(PySightVar):

    def __init__(self, a, b, c = LINEAL_INTERPOLATION, label = ""):

        MainWindow.PySightVar.__init__(self, label)

        ipf = self.tipf[c][0]

```

```

d = len(a)

if type(b) is float:
    self.value = zeros(d)+b

if type(b) is list:
    self.value = zeros(d)+0.0
    for i in xrange(len(self.value)):
        self.value[i] = ipf(a[i], b)

self.initial = b

self.tabl = c

class OutVar(PySightVar):

    def __init__(self, a, b, c = LINEAL_INTERPOLATION, label = ""):

        MainWindow.PySightVar.__init__(self, label)

        ipf = self.tipf[c][0]

        d = len(a)
        e = zeros(d)+0.0

        if type(b) is float:
            e[0] = b
        if type(b) is list:
            e[0] = ipf(a[0], b)

        self.value = zeros(d)+e

        self.initial = b

        self.tabl = c

#####

def get_names(fname):

    try:
        f = open(fname, "r")
        l = f.readline()
        l = l[:-1]
        f.close()
    except IOError:
        print "ERROR! Binary or non-existent file!"
        sys.exit()

    p = l.split(";")
    if p[0] == "Model:":
        i = p[1]
        j = fname[:-4]
    else:
        print "ERROR! Not a valid scenario file!"
        sys.exit()

    return i,j

try:
    modelName = sys.argv[1]

```

```
except IndexError:
    modelName = "simple"

try:
    scnName = sys.argv[2]
except IndexError:
    scnName = None

if modelName[-4:]==".scn":
    modelName, scnName = get_names(modelName)

app = wx.PySimpleApp()
frame=MainWindow(None, wx.ID_ANY, 'wxPySight', modelName, scnName)

app.MainLoop()
```

---

Generated by [GNU enscript 1.6.4](#).

## **Anexo C:**

### **Estudio estadístico de correlación entre el producto interior bruto y la demanda dinámica**

## La correlación entre el producto interior bruto y la demanda dinámica industrial

El análisis de datos estadísticos ha sido realizado con el programa **STATGRAPHICS Plus 5.1**

### Simple Regression - log(DD industrial) vs. log(PIB Industrial)

Regression Analysis - Linear model:  $Y = a + b \cdot X$

Dependent variable: log(DD industrial)  
Independent variable: log(PIB Industrial)

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	-1,0266	0,477962	-2,14787	0,0336
Slope	0,711333	0,0753647	9,43854	0,0000

#### Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	202,226	1	202,226	89,09	0,0000
Residual	295,1	130	2,27		
Total (Corr.)	497,326	131			

Correlation Coefficient = 0,637672  
R-squared = 40,6626 percent  
R-squared (adjusted for d.f.) = 40,2062 percent  
Standard Error of Est. = 1,50665  
Mean absolute error = 1,16957  
Durbin-Watson statistic = 1,67196 (P=0,0296)  
Lag 1 residual autocorrelation = 0,160429

#### The StatAdvisor

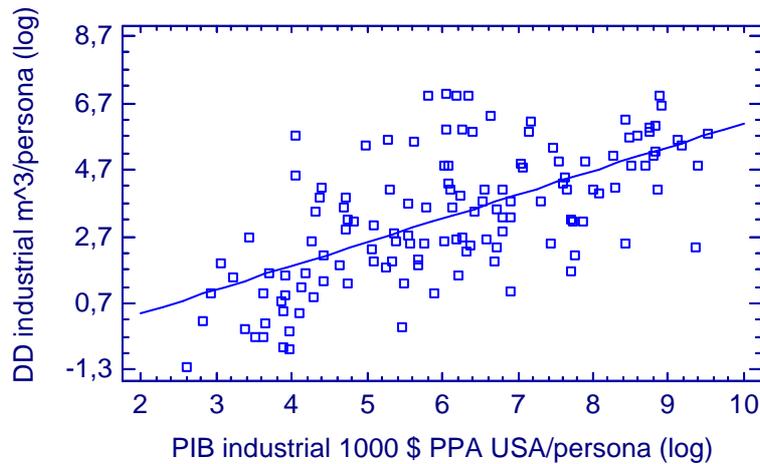
The output shows the results of fitting a linear model to describe the relationship between log(DD industrial) and log(PIB Industrial). The equation of the fitted model is

$$\log(\text{DD industrial}) = -1,0266 + 0,711333 \cdot \log(\text{PIB Industrial})$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between log(DD industrial) and log(PIB Industrial) at the 99% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 40,6626% of the variability in log(DD industrial). The correlation coefficient equals 0,637672, indicating a moderately strong relationship between the variables. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 1,50665. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu.

The mean absolute error (MAE) of 1,16957 is the average value of the residuals. The Durbin-Watson (DW) statistic tests the residuals to determine if there is any significant correlation based on the order in which they occur in your data file. Since the P-value is less than 0.05, there is an indication of possible serial correlation. Plot the residuals versus row order to see if there is any pattern which can be seen.



Comparison of Regression Lines - log(DD industrial) vs. log(PIB Industrial)

Comparison of Regression Lines

Dependent variable: log(DD industrial)  
 Independent variable: log(PIB Industrial)  
 Level codes: grup ind

Number of complete cases: 132  
 Number of regression lines: 3

Multiple Regression Analysis

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	0,724906	2,39441	0,30275	0,7626
log(PIB Industrial)	0,507228	0,290557	1,74571	0,0833
grup ind=2	1,73358	2,59777	0,667333	0,5058
grup ind=3	-2,10228	2,73635	-0,768277	0,4438
log(PIB Industrial)*	-0,336246	0,33518	-1,00318	0,3177
log(PIB Industrial)*	0,124178	0,43192	0,287502	0,7742

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	243,79	5	48,758	24,23	0,0000
Residual	253,536	126	2,01219		
Total (Corr.)	497,326	131			

R-Squared = 49,0202 percent  
 R-Squared (adjusted for d.f.) = 46,9972 percent  
 Standard Error of Est. = 1,41852  
 Mean absolute error = 1,07918  
 Durbin-Watson statistic = 1,61902 (P=0,0140)  
 Lag 1 residual autocorrelation = 0,189024

Residual Analysis

	Estimation	Validation
n	132	
MSE	2,01219	
MAE	1,07918	
MAPE		
ME	-1,33479E-15	
MPE		

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a linear regression model to describe the relationship between log(DD industrial), log(PIB Industrial) and grup ind. The equation of the fitted model is

$$\begin{aligned} \log(\text{DD industrial}) = & 0,724906 + 0,507228 \cdot \log(\text{PIB Industrial}) \\ & + 1,73358 \cdot (\text{grup ind}=2) \\ & - 2,10228 \cdot (\text{grup ind}=3) \\ & - 0,336246 \cdot \log(\text{PIB Industrial}) \cdot (\text{grup ind}=2) \\ & + 0,124178 \cdot \log(\text{PIB Industrial}) \cdot (\text{grup ind}=3) \end{aligned}$$

where the terms similar to grup ind=2 are indicator variables which take the value 1 if true and 0 if false. This corresponds to 3 separate lines, one for each value of grup ind. For example, when grup ind=1, the model reduces to

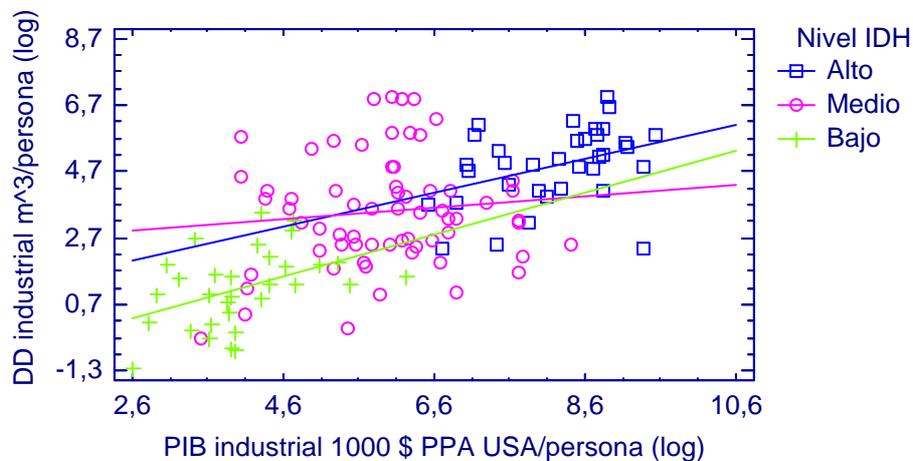
$$\log(\text{DD industrial}) = 0,724906 + 0,507228 \cdot \log(\text{PIB Industrial})$$

When grup ind=2, the model reduces to

$$\log(\text{DD industrial}) = 2,45849 + 0,170982 \cdot \log(\text{PIB Industrial})$$

Because the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between the variables at the 99% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 49,0202% of the variability in log(DD industrial). The adjusted R-Squared statistic, which is more suitable for comparing models with different numbers of independent variables, is 46,9972%. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 1,41852. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu. The mean absolute error (MAE) of 1,07918 is the average value of the residuals. The Durbin-Watson (DW) statistic tests the residuals to determine if there is any significant correlation based on the order in which they occur in your data file. Since the P-value is less than 0.05, there is an indication of possible serial correlation. Plot the residuals versus row order to see if there is any pattern which can be seen. To test for statistically significant differences between the intercepts and/or slopes, select Conditional Sums of Squares from the list of Tabular Options.



## La correlación entre el producto interior bruto y la demanda dinámica doméstica

Simple Regression - log(DD domestica) vs. log(PIB per capita) (grup dom)

Regression Analysis - Linear model:  $Y = a + b \cdot X$

-----  
 Dependent variable: log(DD domestica)  
 Independent variable: log(PIB per capita)  
 Selection variable: grup dom  
 -----

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	-2,54543	0,470769	-5,40697	0,0000
Slope	0,744352	0,0556669	13,3715	0,0000

### Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	103,009	1	103,009	178,80	0,0000
Residual	81,8089	142	0,576119		
Total (Corr.)	184,818	143			

Correlation Coefficient = 0,746562  
 R-squared = 55,7354 percent  
 R-squared (adjusted for d.f.) = 55,4237 percent  
 Standard Error of Est. = 0,759025  
 Mean absolute error = 0,593921  
 Durbin-Watson statistic = 1,46424 (P=0,0006)  
 Lag 1 residual autocorrelation = 0,264969

The StatAdvisor

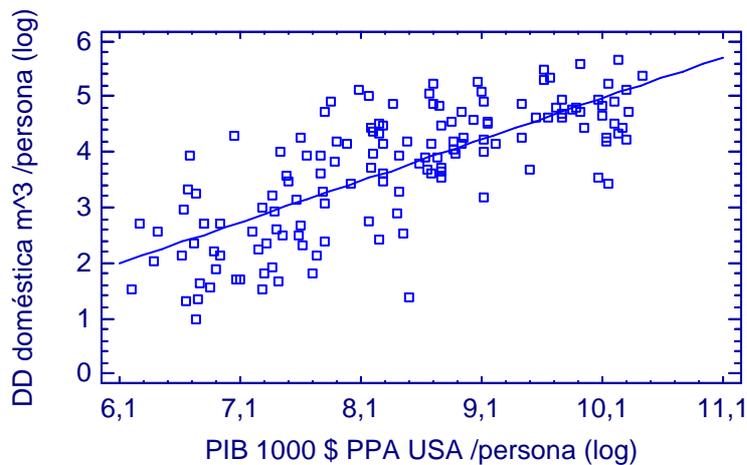
-----  
 The output shows the results of fitting a linear model to describe the relationship between log(DD domestica) and log(PIB per capita). The equation of the fitted model is

$$\log(\text{DD domestica}) = -2,54543 + 0,744352 \cdot \log(\text{PIB per capita})$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between log(DD domestica) and log(PIB per capita) at the 99% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 55,7354% of the variability in log(DD domestica). The correlation coefficient equals 0,746562, indicating a moderately strong relationship between the variables. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 0,759025. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu.

The mean absolute error (MAE) of 0,593921 is the average value of the residuals. The Durbin-Watson (DW) statistic tests the residuals to determine if there is any significant correlation based on the order in which they occur in your data file. Since the P-value is less than 0.05, there is an indication of possible serial correlation. Plot the residuals versus row order to see if there is any pattern which can be seen.



Comparison of Regression Lines - log(DD domestica) vs. log(PIB per capita)

Comparison of Regression Lines

Dependent variable: log(DD domestica)  
 Independent variable: log(PIB per capita)  
 Level codes: grup dom

Number of complete cases: 144  
 Number of regression lines: 3

Multiple Regression Analysis

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	2,03165	2,57601	0,788679	0,4317
log(PIB per capita)	0,265624	0,262835	1,01061	0,3140
grup dom=2	-4,84367	2,84469	-1,7027	0,0909
grup dom=3	-3,01644	3,31897	-0,908849	0,3650
log(PIB per capita)*	0,53368	0,300534	1,77578	0,0780
log(PIB per capita)*	0,22129	0,397443	0,556783	0,5786

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	110,258	5	22,0516	40,81	0,0000
Residual	74,5602	138	0,540291		
Total (Corr.)	184,818	143			

R-Squared = 59,6575 percent  
 R-Squared (adjusted for d.f.) = 58,1958 percent  
 Standard Error of Est. = 0,735045  
 Mean absolute error = 0,5709  
 Durbin-Watson statistic = 1,65185 (P=0,0181)  
 Lag 1 residual autocorrelation = 0,172258

Residual Analysis

	Estimation	Validation
n	144	
MSE	0,540291	
MAE	0,5709	
MAPE	19,7192	
ME	2,11251E-15	
MPE	-6,2407	

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a linear regression model to describe the relationship between log(DD domestica), log(PIB per capita) and grup dom. The equation of the fitted model is

$$\begin{aligned} \log(\text{DD domestica}) = & 2,03165 + 0,265624 \cdot \log(\text{PIB per capita}) \\ & - 4,84367 \cdot (\text{grup dom}=2) \\ & - 3,01644 \cdot (\text{grup dom}=3) \\ & + 0,53368 \cdot \log(\text{PIB per capita}) \cdot (\text{grup dom}=2) \\ & + 0,22129 \cdot \log(\text{PIB per capita}) \cdot (\text{grup dom}=3) \end{aligned}$$

where the terms similar to grup dom=2 are indicator variables which take the value 1 if true and 0 if false. This corresponds to 3 separate lines, one for each value of grup dom. For example, when grup dom=1, the model reduces to

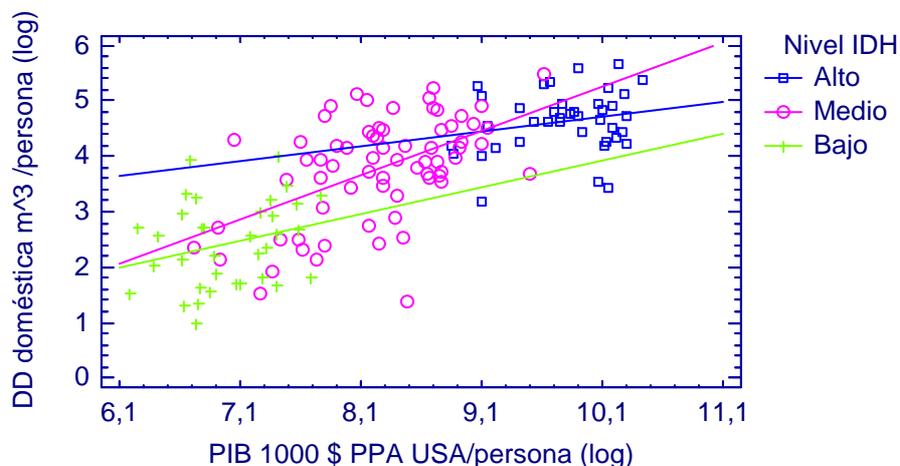
$$\log(\text{DD domestica}) = 2,03165 + 0,265624 \cdot \log(\text{PIB per capita})$$

When grup dom=2, the model reduces to

$$\log(\text{DD domestica}) = -2,81203 + 0,799305 \cdot \log(\text{PIB per capita})$$

Because the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between the variables at the 99% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 59,6575% of the variability in log(DD domestica). The adjusted R-Squared statistic, which is more suitable for comparing models with different numbers of independent variables, is 58,1958%. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 0,735045. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu. The mean absolute error (MAE) of 0,5709 is the average value of the residuals. The Durbin-Watson (DW) statistic tests the residuals to determine if there is any significant correlation based on the order in which they occur in your data file. Since the P-value is less than 0.05, there is an indication of possible serial correlation. Plot the residuals versus row order to see if there is any pattern which can be seen. To test for statistically significant differences between the intercepts and/or slopes, select Conditional Sums of Squares from the list of Tabular Options.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera-Klink, F., Pérez-Moriana, E., y Sánchez-García, J. (2000). The social construction of scarcity. the case of water in Tenerife (canary islands). *Ecological Economics*, 34(2), 233-245.
- AQUASTAT. (2009a). Disponibilidad en el agua dulce: recursos hídricos internos renovables (RHIR). *AQUASTAT* [en línea]: *sistema de Información sobre el uso del agua en la agricultura y el medio rural de la FAO: base de datos* [Consulta 12 septiembre 2009].  
<<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/dbase/AquastatWorldDataEsp.xls>>
- AQUASTAT. (2009b). *AQUASTAT* [en línea]: *glossary*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). [Consulta 12 septiembre 2009].  
< <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/glossary/search.html> >
- AQUASTAT (2008). *AQUASTAT* [en línea]: *glossary*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). [Consulta 10 junio 2008].  
<<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/glossary/search.html>>
- Arnold, E., y Larsen, J. (2006). Bottled water: Pouring resources down the drain. *Earth Policy Institute* [en línea]. Washington DC: Earth Policy Institute. [Consulta 22 junio 2009].  
<[http://www.earth-policy.org/index.php?/plan\\_b\\_updates/2006/update51](http://www.earth-policy.org/index.php?/plan_b_updates/2006/update51)>
- Banco Mundial (2008). *World Development Indicators 2008* [CD-ROM]. Washington, DC: The World Bank Group.
- Banco Mundial (2007). Lograr que los sistemas agrícolas se vuelvan sostenibles desde el punto de vista ambiental. *Informe sobre el desarrollo mundial* [en línea]: *2008: agricultura para el desarrollo: panorama general*. Washington DC: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial. [Consulta 5 septiembre 2009].  
<[http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2008/Resources/2795087-1192111580172/FINAL\\_WDR-OV-Spanish-text\\_9.26.07.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2008/Resources/2795087-1192111580172/FINAL_WDR-OV-Spanish-text_9.26.07.pdf)>
- Biswas, A.K. (2005). An assessment of Future Global Water Issues. *Journal of water resources development*, 21(2), 229-237.
- Black, M. (2005). *El secuestro del agua: la mala gestión de los recursos hídricos*. Barcelona: Intermón Oxfam.

- Chenoweth, J. (2008). A re-assessment of indicators of national water scarcity. *Water International*, 33(1), 5-18.
- CIA (Central Intelligence Agency). (2008). *Central Intelligence Agency* [en línea]: *Publications: The world factbook*. [Consulta 7 febrero de 2008].  
<[https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/region/region\\_afr.html](https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/region/region_afr.html)>
- CIA (Central Intelligence Agency). (2009). *Central Intelligence Agency* [en línea]: *Publications: The world factbook*. [Consulta 5 octubre 2009].  
<[https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/region/region\\_afr.html](https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/region/region_afr.html)>
- Clarke, R. (1993). *Water: The international crisis*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Comisión Mundial de Represas. (2000). *Represas y desarrollo: Un nuevo marco para la toma de decisiones* [en línea]: *Una síntesis: Informe de la Comisión Mundial de Represas*. [Consulta 20 septiembre 2006]. <[http://www.dams.org/docs/report/other/wcd\\_sp.pdf](http://www.dams.org/docs/report/other/wcd_sp.pdf)>
- Cosgrove, W. J., y Rijsberman, F. R. (2000). *World water vision: Making water everybody's business*. London: Earthscan.
- *Embalses.net: Estado de los embalses y pantanos de España* (2009) [en línea]. [Consulta 12 septiembre de 2009]. <<http://www.embalses.net/>>
- Engelman, R., y LeRoy, P. (1993). *Sustaining water: Population and the future of renewable water supplies*. Washington, DC: Population and Environment Program, Population Action International.
- Esteva, G. (1992). Development. Sachs, W. (ed.). *The Development dictionary: A guide to knowledge as power*. London: Zed Books.
- Eurostat. (2009). *Prélèvements totaux d'eau douce par habitant* [en línea]. [Consulta 20 junio 2009].  
<<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=fr&pcode=ten00003&plugin=0>>
- Eurostat. (2000). *Eurostat NewCronos*: [en línea] *Domain: Milieu-Environment statistics* [en línea]. WATER-Water. [Consulta 20 junio 2008].

<[http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:M2tnqUB2aXEJ:epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_SDDS/Annexes/env\\_watq2\\_1ind\\_sm1\\_an1.pdf+eurostat+Newcronos+domain+milieu+environnement+statistics+water&hl=es&gl=es&sig=AHIEtbSsTOfhpWTPJWnKg1j-crRrpjMDBw](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:M2tnqUB2aXEJ:epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_SDDS/Annexes/env_watq2_1ind_sm1_an1.pdf+eurostat+Newcronos+domain+milieu+environnement+statistics+water&hl=es&gl=es&sig=AHIEtbSsTOfhpWTPJWnKg1j-crRrpjMDBw)>

- Falkenmark, M. (1997). Meeting water requirements of an expanding world population. *Philosophical transactions: Biological sciences*. 352(1356): 929–936.

- Falkenmark, M. (1989). Fresh water as a factor in strategic policy and action. Davis, K., Bernstam, M. y Sellers, H. (eds). *Population and resources in a changing world*. Stanford, California: Morrison Institute for Population and Resource Studies, 245-261.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2009a). Cumbre mundial sobre la seguridad alimentaria [en línea]: declaración de la cumbre mundial sobre la seguridad alimentaria, Roma, 16-18 de noviembre de 2009. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [Consulta 15 enero 2010].

<[http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/Summit/Docs/Final\\_Declaration/K6050S\\_WSFS\\_OEWG\\_06.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/Summit/Docs/Final_Declaration/K6050S_WSFS_OEWG_06.pdf)>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2009b). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [en línea]: Estadísticas sobre seguridad alimentaria. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [Consulta 10 enero 2010].

<<http://www.fao.org/economic/ess/food-security-statistics/fao-hunger-map/en/>>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2009c). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación* [en línea]: *Hambre: Definiciones básicas*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [Consulta 10 enero 2010].

<<http://www.fao.org/hunger/basic-definitions/es/>>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2006). *Compendio de indicadores relativos a la agricultura y la alimentación* [en línea]. [Elaborado por ESSGA] [Consulta 14 enero 2009].

<<http://www.fao.org/es/ess/es/compenddium 2006/list.asp>>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). División del Desarrollo de Tierras y Aguas y Frenken, K. (dir.). (2005). *L'irrigation en Afrique en chiffres* [en

línea]: *Enquête AQUASTAT, 2005*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [Consulta 12 septiembre 2009]

< [ftp://ftp.fao.org/AGL/AGLW/docs/wr29\\_fre.pdf](ftp://ftp.fao.org/AGL/AGLW/docs/wr29_fre.pdf)>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2003). *Review of world water resources by country* [en línea]. Water reports, 23. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Consulta 10 septiembre de 2009].

<<http://www.fao.org/DOCREP/005/Y4473E/Y4473E00.HTM>>

- FAO-AQUASTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura y el Medio Rural). (2008). *Proportion of renewable water resources withdrawn (MDG Water Indicator)* [en línea]. [Consulta 10 septiembre 2009].

<[http://www.fao.org/nr/water/aquastat/globalmaps/02\\_PCT\\_RWR.pdf](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/globalmaps/02_PCT_RWR.pdf)>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), Banco Mundial y PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). (1995). *Water sector policy review and strategy formulation* [en línea]: *A general framework*. FAO Land and Water Bulletin, 3. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [Consulta 10 septiembre de 2009].

<<http://www.fao.org/docrep/v7890e/V7890E00.htm>>

- Feitelson, E., y Chenoweth, J. (2002). Water poverty: towards a meaningful indicator. *Water policy*, 4(3), 263-281.
- Felipe Blanch, J. J. de. (2004). *Posibles escenarios futuros mundiales de emisiones y absorciones de CO<sup>2</sup> y cumplimiento de los acuerdos de Kyoto* [en línea]. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya. [Consulta 20 octubre 2009].

< <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-1214104-091016/>>

- Fernández Jáuregui, C. (2006). La crisis de gobernabilidad. *Vanguardia dossier*, 21. [Ejemplar dedicado a: Agua: el desafío del siglo XXI], 38-40
- Gallopín, G.C. (2006). Los indicadores de desarrollo sostenible: aspectos conceptuales y metodológicos. CEPAL (coord.). *Seminario de Expertos sobre Indicadores de Sostenibilidad en la Formulación y Seguimiento de Políticas*. Santiago de Chile: Proyecto Regional de Cooperación

Técnica para la Formación en Economía y Políticas Agrarias y de Desarrollo Rural en América Latina (Proyecto FODEPAL)

- Gencat (Generalitat de Catalunya). Departament de Medi Ambient i Habitatge. (2008). *ISC* [en línea]: *Informe de Sostenibilitat a Catalunya 2006* [en línea]. [Estudi i document realitzat el setembre de 2007 per: Grup de Recerca en Sostenibilitat, Tecnologia i Humanisme (subgrup de mesura i modelització de la sostenibilitat) de la Càtedra UNESCO de Sostenibilitat de la Universitat Politècnica de Catalunya]. [Felipe Blanch, J. J de, Sureda B. y Cruz Barreiro, I. (ed.)]. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge. [Consulta 10 enero 2010].

<[http://mediambient.gencat.net/cat/ciudadans/informacio\\_ambiental/estat\\_del\\_medi/ISC\\_2006.jsp?ComponentID=179935&SourcePageID=3476](http://mediambient.gencat.net/cat/ciudadans/informacio_ambiental/estat_del_medi/ISC_2006.jsp?ComponentID=179935&SourcePageID=3476)>

- Gleick, P. H., Chalecki, E. L. y Wong, A. (2002). Measuring water well-being: water indicators and indices. Gleick, P. H., y Burns, W. C. G. (ed.). *The world's water, 2002-2003: The biennial report on freshwater resources*. Washington DC: Island Press, 87-112
- Gleick, P. H., Cooley, H. y Wolff, G. (2006). With a grain of salt: an update on seawater desalination. Gleick, P. H. (et al.) (ed.) *The world's water, 2006-2007: The biennial report on freshwater resources*. Washington DC: Island Press, 51-80
- Graffy, E. A. (2006). Expert forecasts and the emergence of water scarcity on public agendas. *Society and natural resources: An international journal*, 19(5), 465-472.
- Hensel, P. R., McLaughlin Mitchell, S., y Sowers II, T. E. (2006). Conflict management of riparian disputes. *Political Geography*, 25(4), 383-411.
- Hinrichsen, D., Robey, B., y Upadhyay, U. D. (ed.). (1998). The coming era of water stress and scarcity. *Solutions for a water-short world* [en línea]. Baltimore, Md: Population Information Program, Center for Communication Programs, the Johns Hopkins University School of Public Health. Population reports. Series M, Special topics, 14 [Consulta 13 septiembre 2009]

<<http://info.k4health.org/pr/m14/m14print.shtml>>

- Holmer-Dixon T. F. (1994). Environmental scarcities and violent conflict: Evidence from cases. *International Security* [en línea], 19(1), 5-40. [Consulta 15 octubre 2009].

<<http://www.library.utoronto.ca/pcs/evidence/evid1.htm>>

- Índice de desarrollo humano. (2010). *Wikipedia* [en línea]: *La enciclopedia libre*. [Consulta 24 de febrero de 2010].

- <[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice\\_de\\_desarrollo\\_humano](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_desarrollo_humano)>
- El Índice de desarrollo humano. (2007). *La Guía 2000* [en línea]. [Consulta 20 septiembre 2009].  
<<http://geografía.laguia2000.com/economia/el-indice-de-desarrollo-humano>>
  - IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) y Bates, B., Kundzewicz, Z.W., Wu, S. y Palutikof, J. (eds.). (2008). *Climate Change and Water* [en línea]. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ginebra: IPCC Secretariat. [Consulta 15 julio 2009].  
<<http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf>>
  - IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). (2007). *Cambio climático 2007* [en línea]: *Informe de síntesis*. [Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático]. Pachauri, R. K. y Reisinger, A. (eds.). Ginebra: IPCC. [Consulta 15 julio 2009].  
<[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)>
  - IWMI (Instituto Internacional para el manejo del agua). (2007). Trends in water and agricultural development. Molden, D. (et al.) (eds.). *Water for food, water for life* [en línea]: *A comprehensive assessment of water management in agriculture*. Londres: Earthscan, y Colombo: Instituto Internacional para el Manejo del Agua, 57-89 [Consulta 15 septiembre 2009].  
<<http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/Water%20for%20Food%20Water%20for%20Life/Chapters/Chapter%202%20Trends.pdf>>
  - IWMI (Instituto Internacional para el manejo del agua), FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) y Molden, D. (et al.) (eds.). (2008). *Agua para la alimentación, agua para la vida: Resumen: Una evaluación exhaustiva de la gestión del agua en la agricultura* [en línea]. Londres: Earthscan, y Colombo: Instituto Internacional para el Manejo del Agua [Consulta 15 septiembre 2009].  
<[http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/files\\_new/synthesis/Summary\\_Spanish.pdf](http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/files_new/synthesis/Summary_Spanish.pdf)>
  - Lazaridis (2010). GDP PPP per capita 2007 IMF.png. *Wikipedia* [en línea]: *La enciclopedia libre*. [Consulta 24 febrero 2010].  
<[http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:GDP\\_PPP\\_per\\_capita\\_2007\\_IMF.png#filelinks](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:GDP_PPP_per_capita_2007_IMF.png#filelinks)>
  - Margat, J., Andréassian, W. (2008). *Idées reçues sur l'eau*. Paris: Cavalier Bleu.

- Margat, J. y Andréassian W. Water withdrawal, demand and consumption. Naciones Unidas. WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos), ONU-Agua y UNESCO. (2008). *Water in a changing world* [en línea]. Paris: UNESCO Publishing. United Nations world water development report, 3. 98 [Consulta 28 septiembre 2009].  
  
<[http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/pdf/WWDR3\\_Water\\_in\\_a\\_Changing\\_World.pdf](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/pdf/WWDR3_Water_in_a_Changing_World.pdf)>
- Molle, F., y Mollinga, P. (2003). Water poverty indicators: Conceptual problems and policy issues. *Water policy*, 5(5/6), 529-544.
- National Geographic Society. (2004). *Atlas National Geographic*. Barcelona: RBA.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). (2009). *Los Objetivos de desarrollo del Milenio: Informe 2009* [en línea]. Nueva York: Naciones Unidas. [Consulta 10 enero 2010].  
  
<[http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/pdf/MDG\\_Report\\_2009\\_SP\\_r3.pdf](http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/pdf/MDG_Report_2009_SP_r3.pdf)>
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). (2008). *Los Objetivos de desarrollo del Milenio: Informe 2008* [en línea]. Nueva York: Naciones Unidas. [Consulta 10 enero 2010].  
  
[http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/pdf/MDG\\_Report\\_2008\\_SPANISH.pdf](http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/pdf/MDG_Report_2008_SPANISH.pdf)
- ONU-Agua. (2006). *Coping with water scarcity: A strategic issue and priority for system-wide action* [en línea]. Roma: FAO. Land and Water Development Division. [Consulta 15 septiembre 2009].  
  
<[http://waterwiki.net/images/b/bb/Water\\_scarcity\\_2006.pdf](http://waterwiki.net/images/b/bb/Water_scarcity_2006.pdf)>
- Palaniappan, M. y Gleick, P. H. (2008). Peak Water. Gleick, P. H. (ed.). *The world's water, 2008-2009: The biennial report on freshwater resources*. Washington, DC: Island Press, 1-14.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). (2007). Informe sobre el desenvolupament humà 2007/2008: La lluita contra el canvi climàtic: la solidaritat humana en un món dividit. (2007). Barcelona: Unescocat: Associació per a les Nacions Unides. Catalunya: Càtedra UNESCO de Sostenibilitat. UPC: Creu Roja: Angle Editorial.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). (2006). *Informe sobre desarrollo humano 2006: Más allá de la escasez: poder, pobreza y la crisis mundial del agua*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

- PNUD (Programa de las Naciones Humanas para el Desarrollo). (2005). *Informe sobre el desenvolupament humà 2005: L'hora de la veritat de la cooperació internacional: Ajuda, comerç i seguretat en un món desigual*. (2005). Barcelona: Associació per a les Nacions Unides a Espanya: Càtedra UNESCO en Tecnologia, Desenvolupament Sostenible, Desequilibri i Canvi Global de la UPC: Centre UNESCO de Catalunya.
- Postel, S. L. (2006). Sed y abundancia en el siglo XXI. *Vanguardia dossier*, 21. [Ejemplar dedicado a: Agua: el desafío del siglo XXI], 20-28.
- Postel, S. L. (2000). Entering an era of water scarcity: The challenges ahead. *Ecological applications*, 10(4), 941-948.
- Postel, S. L. (1997). *Reparto del agua: Seguridad alimentaria, salud de los ecosistemas y nueva política de la escasez*. Cuadernos Worldwatch. Bilbao: Bakeaz.
- Rijsberman, F. R. (2006). Water scarcity: Fact or fiction? *Agricultural water management*, 80(1/3), 5-22.
- Rijsberman, F. R. (2003). Can development of water resources reduce poverty?. *Water policy*, 5(5/6), 399-412.
- Rizzi, A. (2005). La multiplicación del agua: Reportaje. Mujeriego y Jorge Olcina, J. [col.]. *ELPAIS.com* [en línea]. [Consulta 20 diciembre 2009].  
<[http://www.elpais.com/articulo/espana/multiplicacion/agua/elpepunac/20050711elpepinac\\_13/Tes](http://www.elpais.com/articulo/espana/multiplicacion/agua/elpepunac/20050711elpepinac_13/Tes)>
- Sahuquillo, A., Custodio, E. y Llamas, M. R. (2008). *La gestión de las aguas subterráneas* [en línea]: *Panel científico técnico de seguimiento de la política de aguas*. Convenio Universidad de Sevilla. Ministerio de Medio Ambiente. Zaragoza: Fundación Nueva Cultura del Agua. [Consulta 20 septiembre 2009].  
<<http://www.rac.es/ficheros/doc/00317.pdf>>
- Serra Fernández, V. (2007). *El uso de los recursos hídricos en los campos de golf y jardines municipales* [en línea]. Proyecto Fin de Carrera. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Terrassa. Universidad Politècnica de Catalunya. [consulta 15 septiembre 2009].  
<<http://hdl.handle.net/2099.1/4249>>
- Shiklomanov, I. A. (ed.). (1999). World water resources and their use: a joint State Hydrological Institute St Petersburg/UNESCO product. *UNESCO Water Portal*. International Hydrological

Programme: UNESCO's intergovernmental scientific in water resources. [Consulta 12 septiembre 2009].

<<http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/>>

- Shiklomanov, I. A. (dir.). (1998). *World water resources* [en línea]: *A new appraisal and assessment for the 21st century: a summary of the monograph World water resources*. [Prepared in the framework of the International Hydrological Programme by Igor A. Shiklomanov]. Paris: UNESCO. [Consulta 12 septiembre 2009].

<<http://www.ce.utexas.edu/prof/mckinney/ce385d/Papers/Shiklomanov.pdf>>

- Showers, K. B. (2002). Water scarcity and urban Africa: an overview of urban-rural water linkages. *World Development*, 30(4), 621-648.
- Sullivan, C. (2002). Calculating a Water Poverty Index. *World Development*, 30(7), 1195-1210.
- Sullivan, C. (et al.) (2003). The water poverty index: Development and application at the community scale. *Natural Resources Forum*, 27(3), 189-199.
- Szöllösi-Nagy, A., Najilis, P. y Bjöklund, G. (1998). Evaluación de los recursos mundiales de agua dulce. *Naturaleza y Recursos*, 34(1).
- UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (2008). *Vital water graphics* [en línea]: *An overview of the state of the world's fresh and marine waters*. 2ª ed. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme. [Consulta 31 junio 2009].

<<http://www.unep.org/dewa/vitalwater/>>.

- UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (2002). *Vital water graphics* [en línea]: *An overview of the state of the world's fresh and marine waters*. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme. [Consulta 31 junio 2009].

< <http://www.unep.org/dewa/assessments/ecosystems/water/vitalwater/> >

- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (2009). *Glosario hidrológico internacional* [en línea]. [Consulta 20 mayo 2009].

<<http://91.121.162.160/glu/indexes.htm>>

- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos). (2009). *Water in a*

*changing world* [en línea]: *The United Nations World Water Development Report 3*. Paris: UNESCO Publishing. [Consulta 20 septiembre 2009].

<[http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/index\\_es.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/index_es.shtml)>

- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos). (2006). *El agua, una responsabilidad compartida* [en línea]: *2o. informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. [Zaragoza]: Sociedad Estatal Expoagua Zaragoza [Consulta 20 septiembre 2009].

<[http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr2/index\\_es.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr2/index_es.shtml)>

- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos). (2003). *Agua para todos, agua para la vida* [en línea]: *1º informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. [Consulta 20 septiembre 2009].

<[http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr2/table\\_contents\\_es.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr2/table_contents_es.shtml)[http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/index\\_es.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/index_es.shtml)>

- UNSD (Naciones Unidas. División de Estadística). (2008). *Los indicadores de los objetivos de desarrollo del Milenio* [en línea]: *portada oficial de la ONU para los indicadores de ODM*. Nueva York: División de Estadística. [Consulta 20 noviembre 2009].

<<http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Host.aspx?Content=Indicators/OfficialList.htm>>

- UNPD (Naciones Unidas. División de Población). (2009). Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat [en línea]: *World population prospects: The 2008 revision: Population database, Naciones Unidas*. [Consulta 17 septiembre 2009].

<<http://esa.un.org/unpp/index.asp?panel=1>>

- Wolfe, S. y Brooks, D. B. (2003). Water Scarcity: An alternative view and its implication for policy and capacity building. *Natural Resources Forum*. 27(2), 99-107.
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. [Brundtland, G.H. (ed.)]. Oxford; New York: Oxford University Press.

- Xercavins, J. (1999). *Carrying capacity in East Sub-Saharan Africa* [en línea]: *a multilevel integrated assessment and a sustainable development approach*. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya [Consulta 15 septiembre de 2009].

<<http://www.tdx.cat/TDX-0219103-085153>>