UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES

**VÍNCULOS ENTRE ACCESO A ENERGÍA, CAMBIO
CLIMÁTICO Y GÉNERO EN PAÍSES EN DESARROLLO:
UNA APROXIMACIÓN A TRAVÉS DE LAS COCINAS
MEJORADAS**

Tesis Doctoral

Javier Mazorra Aguiar

Ingeniero Químico

2017

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL Y
DEL MEDIO AMBIENTE

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES

**VÍNCULOS ENTRE ACCESO A ENERGÍA, CAMBIO
CLIMÁTICO Y GÉNERO EN PAÍSES EN DESARROLLO:
UNA APROXIMACIÓN A TRAVÉS DE LAS COCINAS
MEJORADAS**

Autor: Javier Mazorra Aguiar

Ingeniero Químico por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

*Máster en Tecnología para el Desarrollo Humano y la Cooperación por la
Universidad Politécnica de Madrid*

Director: Julio Lumbreras Martín

Doctor Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid

2017

Resumen

El año 2015 ha sido crucial en la conformación de la nueva agenda desarrollo para los próximos 15 años. Durante ese año se han aprobado los Objetivos de Desarrollo Sostenible y se ha alcanzado el Acuerdo de París de lucha contra el cambio climático. Esta nueva agenda supone un hito único en la historia ya que incluye tanto a países desarrollados como en desarrollo y pone al mismo nivel el desarrollo económico, la inclusión social y la protección del medio ambiente.

El alcance de esta investigación viene delimitada principalmente por esta nueva agenda a través de tres de sus objetivos: *“Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos”* (ODS 7), *“Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”* (Acuerdo de París y ODS 13) y *“Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas”* (ODS 5).

Actualmente la falta de acceso a fuentes modernas de energía es un lastre para el desarrollo económico y social de numerosas personas en el mundo, principalmente en países en desarrollo. Se calcula que aproximadamente 1186 millones de personas (16% de la población mundial) carecen de acceso a electricidad y que 2742 millones de personas (38% de la población mundial) siguen cocinando a partir de usos tradicionales de la biomasa, siendo esta población la que es objeto de esta tesis. La forma en que estas personas alcancen dicho acceso a energía tendrá un impacto, positivo o negativo, en la mitigación del cambio climático. Además, son las mujeres, como gestoras de la energía a nivel doméstica en los países en desarrollo, las que sufren la mayor parte de los impactos negativos de la falta de acceso a energía y que por tanto serán beneficiarias de los impactos positivos que se produzcan si este se alcanza.

Es este contexto, se plantea el objetivo principal de esta investigación, establecer los vínculos existentes entre acceso a energía, cambio climático y género en países en desarrollo a través de un proyecto de cocinas mejoradas. La investigación se desarrolla a partir de la falta de conocimiento en torno a estos vínculos y de la constatación de que el acceso a fuentes modernas de energía para cocinar puede ser a la vez una estrategia para la mitigación del cambio climático y tener especial impacto en la mejora de las condiciones de vida de las mujeres afectadas por este problema y contribuir a la igualdad de género.

Para dar respuesta a este objetivo se han analizado estos vínculos mediante la aplicación de una serie de metodologías para determinar los impactos asociados a un caso real de implementación de una solución de cocinado, cocinas mejoradas concretamente, en Senegal, Gambia y Guinea Bissau. Se han obtenido los siguientes resultados:

- Caracterización de las prácticas de recogida y cocinado, con especial consideración de los roles de género dentro de las familias, lo que ha permitido establecer los impactos en la reducción de tiempo y en los gastos necesarios para cocinar en su conjunto.
- Estimación de la reducción de emisiones de carbono gracias a la implementación de las cocinas mejoradas.
- Medición e interpretación de la contaminación intra-domiciliar, a través de las concentraciones de CO y PM, antes y después de la instalación de las cocinas mejoradas.
- Estimación de los impactos en salud, presentados como reducción de casos de ALRI y COPD, desagregados por género.
- Análisis coste-beneficio donde todos los impactos anteriores son presentados conjuntamente en términos económicos para facilitar la comparación de los mismos.

El abordaje integral adoptado en esta investigación ha permitido establecer tanto los impactos citados como realizar un análisis de los vínculos existentes. Los resultados demuestran que los proyectos de soluciones de cocinado tienen potenciales impactos tanto en la lucha contra el cambio climático como en la igualdad de género. Además, los mismos señalan que las mujeres juegan un papel fundamental en la consecución de la reducción de emisiones de carbono y su sostenimiento en el tiempo por su papel preponderante en las actividades relacionadas con el cocinado. Esto puede tener especial incidencia en que estas sean consideradas como un actor en las estrategias de lucha contra el cambio climático, no solo como beneficiarias de los co-beneficios de los proyectos de mitigación o principales beneficiarias en los de adaptación sino como agentes activos en la misma.

Abstract

The year 2015 was crucial in shaping the new development agenda for the next 15 years. During that year, the Sustainable Development Objectives were approved and the Paris Agreement to combat climate change was reached. This new agenda is a unique milestone in history as it includes both developed and developing countries and brings economic development, social inclusion and environmental protection to same level.

The scope of this research is limited mainly by this new agenda through three of its goals: "Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all" (SDG 7), "Take urgent action to combat change Climate change and its impacts" (Paris Agreement and SDG 13) and "Achieve gender equality and empower all women and girls" (SDG 5).

Currently the lack of access to modern energy sources is a drag on the economic and social development of many people in the world, especially in developing countries. It is estimated that approximately 1186 million people (16% of the world's population) lack access to electricity and that 2742 million people (38% of the world's population) rely on the traditional use of biomass for cooking. This last problem is the focus of this PhD thesis. Obviously, the way these people achieve such access to energy will have a positive or negative impact on climate change mitigation. In addition, women, as energy managers at household level in developing countries, suffer most of the negative impacts of lack of access to energy. Therefore, if access to energy is achieved women will widely benefit from its positive impacts.

In this context, the main objective of this research is to establish the linkages between access to energy, climate change and gender in developing countries through an improved cookstoves project. The research is based on the lack of knowledge about these linkages. Also, it is based on the acknowledgment that access to modern energy sources for cooking can be both a strategy for climate change mitigation and for contributing to gender equality and improving living conditions of women affected by this problem.

In order to achieve the PhD thesis objective, these linkages were analysed through a real case of implementation of a cooking solution, specifically improved cookstoves, in Senegal, Gambia and Guinea Bissau. For this, several methodologies to assess the impacts associated to this kind of projects were applied to the real case, obtaining the following results:

- A characterization of fuelwood gathering and cooking practices, with special attention to gender roles within families. This has allowed establishing time and cost savings needed for cooking.
- An estimation of carbon emissions reduction thanks to the implementation of improved cookstoves.
- The measurement and interpretation of indoor air pollution, though the concentration of CO and PM, before and after the implementation of the improved cookstoves.

- An estimation of the health impacts, presenting them as the averted cases of ALRI and COPD, disaggregated by gender.
- A cost-benefit analysis including all the previous impacts in economic terms in order to allow their comparison.

The comprehensive approach adopted on this research has allowed establishing both the cited impacts and to analysis the existing linkages between them. The results show that cooking solutions projects have potential impacts both in the fight against climate change and in gender equality. In addition, they point out that women play a key role in achieving carbon emissions reduction and sustaining them over time due to their key role in cooking activities. This may have a special impact on their consideration as active stakeholders in climate change strategies, not only as beneficiaries of the co-benefits of mitigation projects or main beneficiaries in adaptation projects.

Índice

Resumen.....	i
Abstract	iii
Índice	v
Lista de figuras	ix
Lista de tablas.....	xi
Lista de Acrónimos	xvii
Capítulo 1. Introducción.....	21
1.1. Antecedentes.....	21
1.2. Justificación y motivación de la investigación	23
1.3. Objetivo de la investigación.....	26
1.4. Estructura de la tesis	27
Capítulo 2. Vínculos entre acceso a energía, cambio climático y género	29
2.1. Introduction	30
2.2. Gender and climate change.....	32
2.2.1. Gender and adaptation	32
2.2.2. Gender and mitigation	34
2.3. Gender and Energy Access in developing countries.....	35
2.3.1. Gender and Energy Access in the developing countries.....	37
2.4. Discussion: the linkages between gender, climate change and energy access.....	40
2.5. Conclusions	42
Capítulo 3. Estado del arte: particularización de los vínculos para las soluciones de cocinado .	43
3.1. Introducción.....	44
3.2. Soluciones de cocinado: una herramienta para el acceso a la energía.....	45
3.3. Potenciales impactos de proyectos de cocinas mejoradas	51
3.3.1. Soluciones de cocinado y cambio climático	54
3.3.2. Soluciones de cocinado y género	60
3.4. Conclusiones	68
Capítulo 4. Metodología.....	71
4.1. Introducción.....	72
4.2. Caso de estudio.....	72
4.3. Aproximación metodológica de la tesis doctoral	74
4.4. Selección de comunidades y nº de viviendas	76
4.5. Caracterización del combustible.....	78
4.6. Análisis de beneficios sociales	79
4.7. Mitigación del cambio climático.....	84
4.7.1. Selección de la metodología utilizada para el cálculo de la reducción de emisiones..	84

4.7.2. Renovabilidad de la biomasa	86
4.7.3. Metodología de GS V.02	87
4.7.4. Adaptación de las ecuaciones de cálculo de reducción de emisiones a las características del convenio	92
4.8. Calidad del aire interior de las viviendas	94
4.8.1. Diseño del estudio.....	94
4.8.2. Análisis de los datos	99
4.9. Análisis de los impactos en la salud.....	101
4.10. Análisis coste-beneficio	103
4.10.1. Marco del análisis coste-beneficio.....	104
4.10.2. Determinación del valor de los elementos considerados en el análisis	108
4.10.3. Resultados del análisis coste-beneficio	113
Capítulo 5. Resultados.....	115
5.1. Introducción.....	116
5.2. Caracterización del combustible.....	116
5.3. Análisis de beneficios sociales	119
5.3.1. Prácticas de recogida	119
5.3.2. Reducción en el consumo de leña	123
5.3.3. Ahorro de tiempo.....	126
5.4. Resultados de cálculo de la reducción de emisiones en caso de estudio	127
5.4.1. Renovabilidad de la leña	127
5.4.2. Cálculo de la reducción anual de emisiones	130
5.5. Calidad del aire interior	134
5.5.1. Resultados de las mediciones	134
5.5.2. Análisis de factores explicativos de los resultados	139
5.5.3. Comparativa entre los analizadores de CO y correlación CO-PM.....	141
5.5.4. Resumen e interpretación de los resultados	146
5.6. Beneficio en salud.....	152
5.7. Análisis coste-beneficio	156
5.7.1. Costes considerados en el análisis	156
5.7.2. Valorización económica del tiempo por país: cálculo del salario sombra	159
5.7.3. Beneficios considerados en el análisis	160
5.7.4. Resultado del análisis coste-beneficio	174
5.7.5. Conclusiones	177
Capítulo 6. Conclusiones y futuros desarrollos.....	179
6.1. Conclusiones.....	180
6.2. Futos desarrollos.....	181
Capítulo 7. Conclusions and further research.....	183
7.1. Conclusions	183
7.2. Further research	184

Bibliografía	187
Anexos	201
Anexo 1: Publicaciones derivadas de esta tesis.....	201
Anexo 2: Datos de la medición de contaminantes en el aire interior de las viviendas	205
Anexo 3: Análisis de los INDC de países de África Subsahariana.....	217
Anexo 4. Resumen de los parámetros a utilizar en las ecuaciones para el cálculo de la reducción de emisiones de GEI.....	223

Lista de figuras

Figura 1.1. Estructura de la tesis	28
Figura 2.1. Estructura de la tesis	29
Figura 3.1. Estructura de la tesis	43
Figura 3.2. Esquema de aproximación al objeto de investigación	44
Figura 3.3. Estrategias de transformación del sector de cocinas limpias y eficientes	46
Figura 3.4. Clasificación de las distintas soluciones de cocinado de acuerdo con sus impactos potenciales	50
Figura 3.5. Nº de modelos de cocinas registrados en el catálogo de la GACC en África según niveles en cada atributo de la norma IWA.....	51
Figura 3.6. Bloques principales de un modelo de provisión de energía particularizado para soluciones de cocinado y sus impactos asociados.....	52
Figura 3.7. Impactos en los medios de vida y en el empoderamiento económico y social de las mujeres asociados a las distintas participaciones de la población en la cadena de valor de la soluciones de cocinado	53
Figura 3.8. Impactos asociados a la adopción y uso de soluciones de cocinado	53
Figura 3.9. Impactos relacionado con el cambio climático asociados a la adopción y uso de soluciones de cocinado	54
Figura 3.10. Impactos relacionados con el género asociados a la adopción y uso de soluciones de cocinado	60
Figura 3.11. Tiempo empleado en horas en la recolección de combustibles en varios países por género	61
Figura 3.12. Gasto global en dólares asociado a combustibles para cocinar.....	62
Figura 3.13. Tiempo empleado en horas en el cocinado de alimentos en varios países por género	63
Figura 4.1. Estructura General de la tesis	71
Figura 4.2. Proceso metodológico seguido en la tesis doctoral.....	75
Figura 4.3. Marco conceptual del análisis coste-beneficio a nivel hogar.....	105
Figura 4.4. Marco conceptual del análisis coste-beneficio a nivel de la intervención.....	105
Figura 4.5. Procedimiento seguido para la realización del ACB.....	106
Figura 5.1. Gráfico de dispersión entre las medias diarias de CO y PM _{2.5}	143
Figura 5.2. Gráfico de dispersión entre las medias diarias de CO y PM _{2.5} antes de la instalación de las cocinas	143
Figura 5.3. Gráfico de dispersión entre las medias diarias de CO y PM _{2.5} antes de la instalación de las cocinas	144
Figura 5.4. Gráfico de dispersión entre las medias diarias de CO y PM _{2.5} en Senegal	144
Figura 5.5. Gráfico de dispersión entre las medias diarias de CO y PM _{2.5} en Gambia	145

Figura 5.6. Gráfico de dispersión entre las medias diarias de CO y PM _{2.5} en Gambia	145
Figura 5.7. Medias diarias de CO por comunidad y país	147
Figura 5.8. Máximos diarios de CO por comunidad y país	147
Figura 5.9. Variaciones en las medias diarias de CO	148
Figura 5.10. Variaciones en los máximos diarios de CO.....	148
Figura 5.11. Medias diarias de PM por comunidad y país	149
Figura 5.12. Máximos diarios de PM por comunidad y país	150
Figura 5.13. Variaciones en las medias diarias de PM	150
Figura 5.14. Variaciones en los máximos diarios de PM	151
Figura 5.15. Beneficios de las acciones por hogar en euros	170
Figura 5.16. Contribución porcentual al beneficio por hogar de los distintos beneficios considerados de las acciones de eficiencia energética del convenio por país	171
Figura 5.17. Beneficios totales de las acciones por país en euros	173
Figura 5.18. Contribución porcentual al beneficio total de los distintos beneficios considerados de las acciones de eficiencia energética del convenio por país.....	173
Figura 5.19. Relaciones coste-beneficio para las acciones de eficiencia energética	177

Lista de tablas

Table 2.1. Simplified multi-tier matrix of energy access.....	37
Table 2.2. Possibilities for improving the position of women through energy.....	38
Table 2.3. Capacity-buildings need for mainstreaming gender in energy	39
Tabla 3.1. Población dependiente de fuentes tradicionales de la biomasa para cocinar en el año 2014.....	45
Tabla 3.2. Matriz multi-nivel de acceso a soluciones de cocinado	47
Tabla 3.3. Niveles de emisiones de CO asociados con la prueba de ebullición de agua de VITA 4.1.2.....	48
Tabla 3.4. Niveles de emisiones de PM asociados con la prueba de ebullición de agua de VITA 4.1.2.....	48
Tabla 3.5. Niveles de eficiencia y uso de combustibles asociados con la prueba de ebullición de agua de VITA 4.1.2.....	48
Tabla 3.6. Niveles de emisiones intra-domiciliarias asociados con la prueba de ebullición de agua de VITA 4.1.2	49
Tabla 3.7. Niveles asociados con el protocolo de seguridad de estufas a biomasa desarrollado en la Universidad Estatal de Iowa	49
Tabla 3.8. Características principales de las metodologías de cálculo de reducción de emisiones provenientes de soluciones de cocinado basadas en el uso de leña.....	57
Tabla 3.9. Características principales de la metodología de cálculo de reducción de emisiones de BC para su uso en mercados de carbono	59
Tabla 3.10. Valores límites fijados para contaminantes según las Directrices de la OMS.....	64
Tabla 3.11. Evidencia para distintos aspectos en salud asociados a la contaminación intra-domiciliar.....	64
Tabla 3.12. Guías de calidad del aire y objetivos intermedios para el material particulado de la OMS.....	65
Tabla 3.13. Métodos de evaluación para determinar las cargas de morbilidad medio ambiental del uso de combustibles sólidos.....	66
Tabla 4.1. Datos básicos de los países objeto del estudio	72
Tabla 4.2. Características de los modelos de cocinas mejoradas utilizados por el convenio	74
Tabla 4.3. Nº total de cocinas consideradas en el análisis.....	74
Tabla 4.4. Comunidades con nuevos modelos de cocinas instalados al inicio de la investigación	77
Tabla 4.5. Preguntas para establecer las agrupaciones de comunidades por país.....	78
Tabla 4.6. Comunidades seleccionadas para el estudio.....	78
Tabla 4.7. Necesidades de información: Caracterización del combustible.....	79

Tabla 4.8. Análisis de los indicadores desarrollados por la GACC y su aplicación en la presente tesis	82
Tabla 4.9. Necesidades de información: Beneficios sociales	83
Tabla 4.10. GEI considerados en las metodologías de cálculo de reducción de emisiones en proyectos de cocinas mejoradas.....	85
Tabla 4.11. Comparación de la Metodologías AMS II.G y GS V.02 de cálculo de reducción de emisiones de GEI en proyectos de cocinas mejoradas	86
Tabla 4.12. Necesidades de información: Renovabilidad de la biomasa	87
Tabla 4.13. Resumen de equipos para la medida de la concentración de partículas.....	95
Tabla 4.14. Equipos de medición seleccionados.....	96
Tabla 4.15. Datos de los analizadores instalados en las distintas comunidades	98
Tabla 4.16. Necesidades de información: Cuantificación de la reducción de emisiones	99
Tabla 4.17. Necesidades de información: Cuantificación de impactos en salud	103
Tabla 4.18. Métodos y fuentes de los datos utilizados para la determinación de los beneficios considerados en el ACB.....	107
Tabla 4.19. Severidad y tiempo de recuperación para enfermedades relacionadas con la exposición a contaminación intra-domiciliar	111
Tabla 4.20. Días de trabajo perdidos debido a enfermedades	111
Tabla 4.21. Costes en medicinas y procedimientos por caso de enfermedad para la región AFR-D de la OMS en dólares.....	112
Tabla 4.22. Valor económico de la reducción de emisiones.....	113
Tabla 5.1. Resultados caracterización del combustible para las comunidades contempladas en el análisis.....	118
Tabla 5.2. Resultados del estudio de prácticas de recogida de la leña.....	122
Tabla 5.3. Consumo medio anual de biomasa leñosa por hogar con cocina tradicional y con cocina mejorada.....	124
Tabla 5.4. Ahorro en tiempo con la instalación de las cocinas mejoradas	126
Tabla 5.5. Resultados del estudio de renovabilidad de la biomasa por comunidad.....	129
Tabla 5.6. Consumo medio anual de biomasa leñosa por hogar con cocina tradicional y con cocina mejorada de las comunidades visitadas por la UPM.....	130
Tabla 5.7. Reducción media de en el consumo de madera con la instalación de las cocinas mejoradas.....	131
Tabla 5.8. Consumos y reducción media el consumo de madera con la instalación de las cocinas mejoradas con una tasa de utilización del 95%	131
Tabla 5.9. Reducción anual de emisiones derivada de la implementación de las cocinas mejoradas en las comunidades visitadas por la UPM.....	133
Tabla 5.10. Reducción anual de emisiones derivada de la implementación de las cocinas mejoradas en las comunidades visitadas por la UPM.....	133
Tabla 5.11. Resultados y cumplimiento de requisitos de la OMS antes de la instalación de las cocinas mejoradas.....	134

Tabla 5.12. Resultados y cumplimiento de requisitos de la OMS antes de la instalación de las cocinas mejoradas.....	135
Tabla 5.13. Resumen de resultados contaminación interior de las viviendas: Senegal	135
Tabla 5.14. Resumen de resultados contaminación interior de las viviendas: Gambia	136
Tabla 5.15. Resumen de resultados contaminación interior de las viviendas: Guinea Bissau .	136
Tabla 5.16. Resultados de la existencia de diferencias significativas antes y después de la instalación de la cocina mejorada	138
Tabla 5.17. Resultados de la existencia de diferencias significativas para el CO con ambos analizadores antes de la instalación de las cocinas mejoradas	141
Tabla 5.18. Resultados de la existencia de diferencias significativas para el CO con ambos analizadores antes de la instalación de las cocinas mejoradas	142
Tabla 5.19. Resultado de las regresiones.....	146
Tabla 5.20. Datos de incidencia de distintos parámetros las distintas enfermedades a nivel país	153
Tabla 5.21. Coeficientes de regresión concentración-respuesta para distintos casos	154
Tabla 5.22. Estimación de los grupos poblaciones para la estimación de impactos en salud ..	155
Tabla 5.23. Casos de ALRI y COPD evitados cada año para toda la Zona de Intervención 1	155
Tabla 5.24. Casos de ALRI y COPD evitados cada año para toda la Zona de Intervención 1 por hogar	156
Tabla 5.25. Precio de los distintos modelos de cocinas.....	156
Tabla 5.26. Costes totales anuales (€) de una CM en Gambia y Guinea Bissau para distintas vidas útiles.....	157
Tabla 5.27. Costes totales anuales (€) de una CM en Senegal para distintas vidas útiles	157
Tabla 5.28. Costes totales anuales (€) de las CM en Senegal para distintas vidas útiles.....	158
Tabla 5.29. Costes totales anuales (€) de las CM en Gambia para distintas vidas útiles.....	158
Tabla 5.30. Costes totales anuales (€) de las CM en Guinea Bissau para distintas vidas útiles	159
Tabla 5.31. Ingreso Nacional Bruto per cápita por país	159
Tabla 5.32. Salario sombra asociado al tiempo por país: 100% del tiempo ahorrado tiene un valor económico.....	160
Tabla 5.33. Salario sombra asociado al tiempo por país: 50% del tiempo ahorrado tiene un valor económico.....	160
Tabla 5.34. División de las comunidades de la zona de intervención 1 según la forma de aprovisionamiento de madera	161
Tabla 5.35. Precio sombra del combustible recolectado.....	162
Tabla 5.36. Valorización económica de la reducción anual del tiempo en la recolección de leña por hogar en Senegal y Guinea Bissau	163
Tabla 5.37. Valorización económica de la reducción anual tiempo en la recolecta de leña para toda la zona de intervención 1 en Senegal y Guinea Bissau	163
Tabla 5.38. Precios de combustible comprado y del transporte en Gambia.....	163

Tabla 5.39. Beneficios económicos anuales debido a la reducción del uso de combustible por hogar en Gambia	164
Tabla 5.40. Beneficios económicos anuales debido a la reducción del uso de combustible para cada una de las zonas en Gambia	165
Tabla 5.41. Beneficios económicos anuales totales debido a la reducción del uso de combustible en Gambia	165
Tabla 5.42. Beneficios económicos derivados de la reducción del tiempo empleado en cocinar: 100% del tiempo ahorrado tiene un valor económico	166
Tabla 5.43. Beneficios económicos derivados de la reducción del tiempo empleado en cocinar: 100% del tiempo ahorrado tiene un valor económico	166
Tabla 5.44. Beneficios en salud estimados debido a casos evitados de COPD y ALRI para la zona de intervención 1	167
Tabla 5.45. Beneficios en salud estimados debido a casos evitados de COPD y ALRI por hogar	167
Tabla 5.46. Costes evitados por gastos en salud.....	167
Tabla 5.47. Costes evitados por gastos en salud por hogar.....	167
Tabla 5.48. Beneficios totales por la mejora en la salud.....	168
Tabla 5.49. Beneficios totales por la mejora de la salud por hogar.....	168
Tabla 5.50. Valor económico de la reducción de emisiones por país	168
Tabla 5.51. Beneficios económicos totales anuales en EUR por hogar: Senegal.....	169
Tabla 5.52. Beneficios económicos totales anuales en GMD por hogar: Gambia	169
Tabla 5.53. Beneficios económicos totales anuales en XOF por hogar: Guinea Bissau	170
Tabla 5.54. Beneficio económicos anuales totales en euros: Senegal.....	171
Tabla 5.55-. Beneficios económicos anuales totales en euros: Gambia	172
Tabla 5.56. Beneficios económicos anuales totales en euros: Guinea Bissau	172
Tabla 5.57. Beneficios económicos anuales totales en euros para la zona de intervención 1.	172
Tabla 5.58. Periodo de retorno en días para Senegal y Guinea Bissau.....	174
Tabla 5.59. Periodo de retorno en días para Gambia	175
Tabla 5.60. Beneficios netos y tasas de retorno para la vida útil de la cocina en Senegal y Guinea Bissau	175
Tabla 5.61. Beneficios netos y tasas de retorno para la vida útil de la cocina en Gambia	176
Tabla 5.62. Valor actual neto para los distintos modelos de cálculo en M€	176
Tabla 5.63. Relaciones coste-beneficio para los distintos modelos de cálculo	176
Tabla A.0.1. Resultados de los analizadores de CO en Cololondito Fouta.....	206
Tabla A.0.2. Resultados de los analizadores de CO y PM en Cololondito Fouta.....	206
Tabla A.0.3. Resultados de los analizadores de CO en Diyabougou	207
Tabla A.0.4. Resultados de los analizadores de CO y PM en Diyabougou	208
Tabla A.0.5. Resultados de los analizadores de CO en Sissaucunda Samanco	209
Tabla A.0.6. Resultados de los analizadores de CO y PM en Sissaucunda Samanco	210
Tabla A.0.7. Resultados de los analizadores de CO en Helacunda.....	211

Tabla A.0.8. Resultados de los analizadores de CO y PM en Helacunda.....	212
Tabla A.0.9. Resultados de los analizadores de CO en Ker Ardo.....	213
Tabla A.0.10. Resultados de los analizadores de CO y PM en Ker Ardo.....	214
Tabla A.0.11. Resultados de los analizadores de CO en Brikama Ba.....	215
Tabla A.0.12. Resultados de los analizadores de CO y PM en Brikama Ba	216
Tabla A.0.13. Resumen de la consideración de las soluciones de cocinado en los INDC de países de África Subsahariana.....	219
Tabla A.0.14. Resumen de la consideración del género y su relación con las soluciones de cocinado en los INDC de países de África Subsahariana.....	221
Tabla A.0.15. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $FE_{bio,CO2}$	223
Tabla A.0.16. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $FE_{CA,CO2,i}$	223
Tabla A.0.17. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $FE_{bio, no-CO2}$	224
Tabla A.0.18. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $FE_{CA,i, no-CO2}$	224
Tabla A.0.19. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $FE_{bio, prod, CO2}$	225
Tabla A.0.20. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $FE_{CA, prod, CO2}$	225
Tabla A.0.21. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $FE_{bio, prod, no-co2}$	225
Tabla A.0.22. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $FE_{CA,i, prod, no-CO2}$	226
Tabla A.0.23. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $X_{bnr,a}$	226
Tabla A.0.24. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $B_{lb,a}$	226
Tabla A.0.25. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $B_{p,a}$	227
Tabla A.0.26. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $CA_{lb,i}$	227
Tabla A.0.27. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $CA_{p,i,a}$	227
Tabla A.0.28. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: Edad de las cocinas.....	228
Tabla A.0.29. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $N_{p,a}$	228

Tabla A.0.30. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones:	
$U_{p,a}$	228
Tabla A.0.31. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones:	
$DF_{p,a}$	229

Lista de Acrónimos

ACB	Análisis coste-beneficio
ADWAC	Agency for the Development of Women and Children
AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
ALRI	Acute Lower Respiratory Infections
AMS II.G	Metodología <i>“Energy efficiency measures in thermal applications of non-renewable biomass”</i>
APRODEL	Association pour la Promotion d'un Développement Local Intégré
ApS	Alianza por la Solidaridad
BC	Black Carbon
BM/WB	Banco Mundial/World Bank
BFT	Baseline Performance Field Test
CCVC	Contaminantes climáticos de vida corta
CER	Certificado de Emisiones Reducidas
CM/ICS	Cocinas mejoradas/Improved cookstoves
CO	Monóxido de carbono
COP	Conference of parties
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
EERR	Energías renovables
EUR	Euro
DALYs	Disability-Adjusted Life Year
FODDE	Forum pour un Développement Durable et Endogène
GACC	Global Alliance for Clean Cookstoves
GEI/GHG	Gases de efecto invernadero/Greenhouse gases
GMD	Dalasi
GS	Gold Standard
GS V.02	Metodología <i>“Indicative Programme, Baseline, and Monitoring Methodology for Improved Cook-Stoves and Kitchen Regimes”</i>

HIV/AIDS	Human immunodeficiency virus/Acquired immune deficiency syndrome
IEA	International Energy Agency
INDC	Intended Nationally Determined Contributions/Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional
IPCC	International Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
itdUPM	Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano
IUCN	International Union for Conservation of Nature
IWA	International Workshop Agreement
KPT	Kitchen Performance Test
LEDs	Low-Emission Development Strategies
MDL/CDM	Mecanismo de Desarrollo Limpio/Clean Development Mechanism
NAMAs	Nationally Appropriate Mitigation Actions
NDC	Nationally Determined Contributions
NMVOCs	Compuestos volátiles orgánicos no metánicos
NU/UN	Naciones Unidas/United Nations
OC	Organic carbón/Carbono orgánico
ODSs/SDGs	Objetivos de Desarrollo Sostenible/Sustainable Development Goals
ODMs/MDGs	Objetivos de Desarrollo del Milenio/Millennium Development Goals
ONGs/NGOs	Organizaciones no gubernamentales/Non-Governmental Organizations
OWG	Open Working Group
PCIA	Partnership for Clean Indoor Air
PM	Material particulado
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation
SE4all	Sustainable Energy for All
TPDDTEC	Metodología <i>“Technologies and practices to displace decentralized thermal energy consumption”</i>
UNDP	United Nations Development Programme
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UNHCR	United Nations High Commissioner for Refugees

UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
UNWOMEN	United Nations Entity for Gender Equality and the Empowerment of Women
USD	Dólar Americano
VAN	Valor actual neto
WGC	Women and Gender Constituency
WHO/OMS	World Health Organization/Organización Mundial de la Salud
XOF	Franco CFA
YLD	Years Lost due to Disability
YLL	Years of Life Lost
°C	Grados Celcius

Capítulo 1. Introducción

1.1. Antecedentes

El año 2015 ha sido un año crucial ya que se ha reformulado la agenda internacional de desarrollo para los próximos 15 años. En ese año finalizó el periodo establecido para la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y se han aprobado los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (United Nations & General Assembly, 2015). Estos constituyen una nueva agenda donde por primera vez confluyen la agenda de lucha contra la pobreza con la agenda medioambiental. También se ha alcanzado un acuerdo global sobre cambio climático, el Acuerdo de París.

La nueva agenda de desarrollo sostenible ha supuesto un hito único en la historia de la humanidad ya que por primera se ha alcanzado un acuerdo global e integral, ya que incluye tanto a países desarrollados como en desarrollo y pone al mismo nivel el desarrollo económico, la inclusión social y la protección del medio ambiente. En comparación con los ODM, son una agenda mucho más ambiciosa, ya que además de la agenda de lucha contra la pobreza en países en desarrollo suma nuevos retos muy urgentes como son el cambio desde patrones de consumo y producción insostenibles a otros sostenibles, la lucha contra el cambio climático y la preservación del medio ambiente mediante una gestión adecuada de los recursos naturales como base del desarrollo económico y social (Open Working Group, 2014).

Otra de las grandes prioridades del mundo actual es la lucha contra el cambio climático, y como ya se ha comentado, el Acuerdo de París fue aprobado por 195 países en el año 2015. Este acuerdo establece un límite de dos grados para el aumento de la temperatura y reconoce en su preámbulo la necesidad de reforzar la respuesta a esta amenaza teniendo en cuenta las agendas de desarrollo sostenible y de erradicación de la pobreza (UNFCCC, 2015a). A esto hay que sumar que en los países en desarrollo esta amenaza es aún mayor. El cambio climático puede limitar ampliamente la capacidad de estas sociedades para desarrollarse ante su mayor vulnerabilidad al mismo (Fernández, 2014), lo cual se reconoce en el Acuerdo de París donde se señala la necesidad de apoyar a los países en desarrollo en esta lucha (UNFCCC, 2015a).

Actualmente la falta de acceso a fuentes modernas de energía es un lastre para el desarrollo económico y social de numerosas personas en el mundo. Se calcula que aproximadamente 1186 millones de personas (16% de la población mundial) carecen de acceso a electricidad (IEA, 2016b) y que 2742 millones de personas (38% de la población mundial) siguen cocinando a partir de usos tradicionales de la biomasa (IEA, 2016a). En este caso, se refiere a usos tradicionales de la biomasa teniendo en cuenta la tecnología básica utilizada, como fogones de tres piedras o

cocinas ineficientes, y no al recurso en sí mismo (IEA, UNDP, & UNIDO, 2010). Prácticamente la totalidad de estas personas corresponden a habitantes de países en desarrollo.

A pesar de la gran importancia de este problema, durante la redacción de los ODM no se planteó ningún objetivo específico a este respecto (Brew-Hammond, 2012). Durante los siguientes años se fue reconociendo la importancia de la energía para la consecución de los ODM (IEA et al., 2010; Takada, Rijal, & Morris, 2007; UNDP, 2005; United Nations, 2010) y el interés en los últimos 5 años ha aumentado significativamente con la declaración por Naciones Unidas (UN) de 2012 como “Año Internacional de la Energía Sostenible para Todos” y del periodo 2014-2024 como “Década de la Energía Sostenible para Todos”, y con el lanzamiento de numerosas iniciativas como *Sustainable Energy for All*, *Global Alliance for Clean Cookstoves* o *Lighting Africa*.

Además, han existido dos grandes avances en la concepción del acceso a energía. En primer lugar, ha dejado de considerarse como un medio para conseguir los ODM a reconocer su importancia como un fin en sí mismo. En segundo lugar, se ha pasado de trabajar desde el punto de vista de la energía como un medio para alcanzar la sostenibilidad a la necesidad de trabajar por una energía sostenible (Bazilian, Sagar, Detchon, & Yumkella, 2010; Brew-Hammond, 2012; Halsnæs & Garg, 2011)

En este contexto, el acceso a la energía se ha convertido en una de las primeras prioridades en la agenda internacional de desarrollo y ha pasado a tener un objetivo propio en la nueva agenda, el ODS 7: “*Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos*” (United Nations & General Assembly, 2015).

La relación entre cambio climático y la producción energética es clara, y por lo tanto la forma en que el gran número de personas que carece de acceso a la misma consigan cubrir sus necesidades energéticas puede tener un gran impacto, positivo o negativo, en la mitigación del cambio climático (Casillas & Kammen, 2010; Edenhofer et al., 2011; Haines et al., 2007; Kaygusuz, 2012).

Aun así, es importante señalar que la aproximación a la lucha contra el cambio climático en los países en desarrollo se ha centrado especialmente en la adaptación de estos a los impactos que sufrirán debido a su mayor vulnerabilidad (Crowe, 2013). Sin embargo, la mitigación del cambio climático en estos países no ha recibido especial atención a pesar de su potencial, a excepción de ciertas estrategias como los mercados de carbono como los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL). A pesar de ello en el preámbulo del nuevo acuerdo se señala la necesidad de promover el acceso universal a la energía en los países en desarrollo a través de la promoción de energías renovables (EERR) (UNFCCC, 2015a).

Así mismo, en la nueva agenda se establece un objetivo específico para la igualdad de género “*Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas*” (ODS 5) (United Nations & General Assembly, 2015). A este respecto numerosos estudios señalan tanto los impactos negativos sobre las mujeres de la falta de acceso a energía. Estos mismos estudios

también señalan el gran potencial para generar impactos positivos que tiene el acceso a servicios energéticos modernos y se ha tratado ampliamente como incluir la perspectiva de género en proyectos energéticos en países en desarrollo (Batliwala & Reddy, 2003; Clancy, Skutsch, & Batchelor, 2002; Cordes & GACC, 2011; Danielsen, 2012; S. Dutta, 2003; Oparaocha & Dutta, 2011; UNDP & ENERGIA, 2004).

Si el foco se pone sobre el cambio climático, algunos estudios señalan la existencia de proyectos o actividades de mitigación que tienen gran potencial para generar impactos positivos sobre las mujeres (FORMIN 2010; UNFCCC 2012), pero los estudios realizados en este campo son muy limitados y este potencial ha sido minusvalorado. Esto se debe principalmente a que los trabajos realizados en género y cambio climático se centran en la adaptación al mismo, tomando a la mujer como víctima (Yianna Lambrou & Piana, 2006b; Oparaocha & Dutta, 2011; Otzelberger, 2011; Pachauri & Rao, 2013a; Röhr, 2007; Skinner, 2011; Skinner & Brody, 2011).

Por lo tanto, y teniendo en cuenta todo lo anterior, esta tesis busca explorar los vínculos entre los tres asuntos tratados anteriormente: el acceso a la energía, el cambio climático y la igualdad de género. Para ello y tomando como punto de partida un proyecto real de implementación de cocinas mejoradas (CM), pretende demostrar la existencia de dichos vínculos y como este tipo de proyectos tienen la capacidad para tener impacto sobre tres ODS al mismo tiempo.

Este capítulo introductorio presenta tanto el punto de partida y una serie de consideraciones a la hora de determinar el alcance de la investigación como el objetivo que se pretende alcanzar. La parte final del capítulo recoge una guía para el lector de este documento detallando su estructura y la lógica de la tesis.

1.2. Justificación y motivación de la investigación

La presente tesis doctoral aborda tres de los grandes problemas de desarrollo del mundo actual: la falta de acceso universal a la energía, el cambio climático y la igualdad de género. El primer problema se presenta fundamentalmente en los países en desarrollo. El segundo es un problema que afecta al mundo en su totalidad, tanto a países desarrollados como en desarrollo, y que supone una gran amenaza de cara al desarrollo de todas las sociedades. En el caso del tercer problema, a pesar de ser global es en los países en desarrollo donde la desigualdad de género es mayor ya que muchos de los problemas asociados a la pobreza afectan en mayor medida a las mujeres.

Un punto importante a la hora de desarrollar el alcance de esta tesis ha sido el gran cambio que ha habido en la agenda internacional durante la realización de la misma. Como ya se comentó en el apartado 1.1, la aprobación de los ODS y del Acuerdo de París durante el año 2015 ha sido un hito que marcará la agenda internacional de desarrollo sostenible en los próximos 15 años.

Por lo tanto, el alcance de esta investigación viene delimitada principalmente por esta nueva agenda a través de tres de sus objetivos: *“Garantizar el acceso a una energía asequible, segura,*

sostenible y moderna para todos” (ODS 7), *“Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*” (Acuerdo de París y ODS 13) y *“Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas*” (ODS 5) (United Nations & General Assembly, 2015).

Debido a la amplitud de los objetivos antes citados y la complejidad requerida para abordar estos tres objetivos al completo en su conjunto, se ha limitado el alcance del estudio teniendo en cuenta una serie de restricciones.

En primer lugar, el trabajo sobre el ODS 7 se desarrolla a partir de lo expuesto en su primera meta: *7.1. Para 2030, garantizar el acceso universal a servicios de energía asequibles, confiables y modernos* (United Nations & General Assembly, 2015). Por tanto, la investigación se centrará en los esfuerzos de la comunidad internacional para dotar de fuentes modernas de energía a aquellas personas que carecen del mismo, los cuales se encuentran mayoritariamente en países en desarrollo.

El acceso universal a energía se entiende como el acceso a un nivel mínimo de electricidad, a combustibles y cocinas seguras y sostenibles para calentarse y cocinar, a energía para usos productivos y servicios públicos. Además estos servicios energéticos deben ser limpios confiables y asequibles (IEA, 2014; United Nations, 2010). La forma en la que se abordan el acceso a electricidad y a fuentes modernas de energía para cocinar presenta grandes diferencias tanto a nivel tecnológico como de aproximación al problema. En vista de lo anterior, el estudio se centrará en este segundo problema.

En segundo lugar, se ha restringido el alcance con el que se estudiarán los ODS 13 y ODS 5 a su relación con el acceso a energía y en concreto con el acceso a fuentes modernas de energía para cocinar. De manera general la utilización de fuentes tradicionales de biomasa para cocinar se puede caracterizar por la ineficiencia energética de la combustión y por su gran consumo asociado de combustibles sólidos, principalmente madera.

Algunos estudios apuntan a la gran contribución que tienen estas prácticas no eficientes de combustión de biomasa al cambio climático, estimándose que podrían llegar a suponer el 25% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) (GACC, n.d.-b, 2014; Lee, Chandler, Lazarus, & Johnson, 2013) y un estudio reciente demuestra que el cambio a tecnologías modernas puede suponer una reducción de hasta un 17% de las emisiones asociadas a estos usos (Robert Bailis, Drigo, Ghilardi, & Masera, 2015).

En su relación con la igualdad de género, y en concreto con la primera meta del ODS 5 *“Poner fin a todas las formas de discriminación contra todas las mujeres y las niñas en todo el mundo*” (United Nations & General Assembly, 2015), la utilización de biomasa tradicional tiene numerosos impactos sociales, especialmente para las mujeres ya que estas son las encargadas de la recolección de leña y el cocinado de alimentos (Yianna Lambrou & Piana, 2006a). Los principales problemas que sufren las mujeres son: problemas de salud asociados a la contaminación del aire interior de las viviendas, alto tiempo empleado en ambas actividades lo

cual limita el tiempo disponible para otro tipo de actividades y problemas de seguridad a las que se ven expuestas en muchas ocasiones durante la recogida del combustible (Cordes & GACC, 2011; IEA et al., 2010; Practical Action, 2010).

En resumen, el tema de aproximación principal a la investigación es el acceso a la energía en países en desarrollo, concretando en el acceso a fuentes modernas de energía para cocinar. Tomando este tema como punto de partida se limita el alcance con el que se abordan los otros dos temas (cambio climático y género) a la relación que tienen con el mismo.

Además de todo lo expuesto anteriormente, existen otra serie de condicionantes que han determinado la elección del tema de la tesis, la limitación de su alcance y la selección de su ámbito de aplicación.

En primer lugar, esta tesis se inició en 2012 después de la finalización por parte del investigador del Máster Universitario en Tecnología para el Desarrollo Humano de la UPM donde parte de su trabajo final de máster se centró en los usos energéticos de la biomasa en países en desarrollo. Además, la actividad previa del investigador, tanto formativa como laboral, ya se había centrado en el campo de los impactos de proyectos tecnológicos en países en desarrollo.

En segundo lugar, el ámbito geográfico ha sido determinado por la colaboración establecida entre el Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano de la Universidad Politécnica de Madrid (itdUPM) y la ONG Alianza por la Solidaridad (ApS). Esta colaboración se tradujo en varios trabajos de investigación realizados en torno al Convenio AECID 10-CO1-013 “Contribución a la seguridad alimentaria y la gobernanza medioambiental (SAGE) en Senegal, Gambia y Guinea Bissau”, financiado por la Agencia Española de Cooperación para el Desarrollo (AECID). El área de actuación de este convenio es la Subregión Natural de la Cassamance ubicada en la zona fronteriza de los tres países. Estos trabajos permitieron la aplicación de las distintas metodologías utilizadas a lo largo de la tesis a un caso real para responder al marco teórico.

Este condicionante es una de las fortalezas de la presente tesis ya que la dispersión geográfica de los estudios sobre impactos de cocinas mejoradas no es uniforme. Se han realizado un gran número de estudios en América Latina, India, China y algunos países africanos como Kenia mientras que en países de África del Oeste, como los que son objeto de esta investigación, estos estudios son muy limitados.

En tercer lugar, el itdUPM, desde donde se ha realizado la investigación, es un centro transversal que canaliza e impulsa la contribución de la UPM a la agenda de desarrollo humano y sostenibilidad y, en particular, a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, aprobados en 2015 por la Asamblea General de Naciones Unidas (UN) a través de una aproximación interdisciplinar aplicando la innovación a la resolución de problemas relacionados con la falta de sostenibilidad global. En concreto, este centro cuenta con una amplia experiencia y una activa línea de investigación en acceso a energía en países en desarrollo, tanto a

electricidad como a tecnologías y combustibles modernos para cocinar, dentro de la cual se ha desarrollado esta tesis.

Durante los últimos 5 años el autor ha combinado la realización de esta tesis doctoral con una variada actividad investigadora y docente, siempre en la temática del desarrollo humano y sostenible, lo que sumado a su pertenencia al equipo técnico del itdUPM le ha permitido completar los conocimientos específicos con una visión global de los problemas asociados a la falta de sostenibilidad global.

En cuarto lugar, el autor de la tesis realizó una estancia corta (*"Short Term Scientific Mission"* de la Acción Coste GenderSTE, financiada por la Unión Europea) en el *Centre of Human Geography de la Brunel University* durante la cual se estableció el marco teórico en el que se enmarca la misma con el apoyo de varias expertas en cambio climático y género.

Por último, tal y como se ha desarrollado en el apartado 1.1 y a lo largo del presente apartado, la reciente aprobación de los ODS como del Acuerdo de París requiere de nuevas aproximaciones a los problemas de sostenibilidad. Por lo tanto, el tema propuesto tiene una gran relevancia en el momento actual.

1.3. Objetivo de la investigación

El objetivo general de la tesis es establecer los vínculos existentes entre acceso a energía, cambio climático y género en países en desarrollo a través del análisis de un proyecto de cocinas mejoradas. La investigación se desarrolla a partir de la identificación de la falta de conocimiento en torno a estos vínculos (ver apartado 2.4 en la página 40).

Las cocinas mejoradas son una de las estrategias más comunes para dar acceso a fuentes modernas de energía para cocinar de más de 2700 millones de personas que carecen de ellas (IEA, 2016a). Diversas investigaciones han señalado previamente que la solución a este problema puede ser a la vez una estrategia para la mitigación del cambio climático y tener especial impacto en la mejora de las condiciones de vida de las mujeres afectadas por este problema y contribuir a la igualdad de género (apartado 3.3 en la página 51).

En este contexto, la investigación pretende clarificar cuáles son los vínculos existentes entre el acceso a la energía, el cambio climático y la igualdad de género en los países en desarrollo, así como establecer dónde existen lagunas de conocimiento.

Para ello, la investigación se centra en demostrar estos vínculos a través de un proyecto real de implementación de cocinas mejoradas, aplicando una serie de metodologías con las que se pretende evaluar si estos proyectos tienen una capacidad real contribuir a la mitigación del cambio climático y a la vez tener un impacto positivo en logro de la igualdad de género.

Numerosos estudios previos ya han señalado que los proyectos de soluciones de cocinado generan numerosos impactos positivos, mayoritariamente en las condiciones de vida de las

mujeres, en muchos aspectos (Cordes & GACC, 2011; ESMAP, WB, & GACC, 2015; WHO, 2016). Aun así, estos impactos no han sido estudiados de manera sistemática en muchos proyectos realizados y, debido al gran número de tecnologías disponibles y a los distintos hábitos culturales a la hora de cocinar, existe una gran variabilidad en la magnitud del impacto conseguido.

También está demostrado que estos proyectos son una estrategia de mitigación al cambio climático, p.ej. la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) los recoge entre los proyectos aceptados dentro de los MDL (Lee et al., 2013; UNFCCC, 2016a).

A pesar de ello, en las discusiones a nivel internacional sobre cambio climático, la mitigación suele verse con un problema eminentemente técnico y económico y las consideraciones de género se circunscriben a la agenda de adaptación al cambio climático. Además, a la hora de desarrollar las estrategias de mitigación en países en desarrollo, las soluciones de cocinado en muchas ocasiones no aparecen como uno de los instrumentos a considerar, obviando el potencial de las mujeres para ser un agente activo en las mismas.

Finalmente, en la actualidad nos encontramos en un momento donde muchas políticas nacionales, tanto de desarrollo como de lucha contra el cambio climático, se están redefiniendo a la luz de la nueva agenda internacional. Por lo tanto, es importante evaluar en qué manera los proyectos de cocinas mejoradas se pueden insertar en la agenda internacional y en especial, cómo las políticas nacionales de provisión de fuentes modernas de energía para cocinar pueden contribuir al mismo tiempo a conseguir los objetivos marcados en los ODS objeto de la investigación aprovechando los vínculos previamente analizados.

En resumen, los resultados de esta investigación conformarán una descripción de los principales vínculos que los proyectos de acceso a la energía para cocinar tienen con el cambio climático y la igualdad de género contribuyendo a realizar un abordaje más integral de los mismos. Además, se pretende contribuir a aumentar el conocimiento sobre los mismos en una zona del mundo donde éste es escaso.

1.4. Estructura de la tesis

Para el desarrollo de la tesis doctoral y con el fin de alcanzar el objetivo de la misma, esta se ha estructurado en seis capítulos como se puede apreciar en la Figura 1.1.

En este primer capítulo se realiza una aproximación al problema general y se presenta la motivación para la realización de la tesis doctoral. Además, se plantea el objetivo general y los principales puntos que han guiado esta investigación.

El estado del arte se ha realizado en dos fases que se corresponden con el Capítulo 2 y el Capítulo 3. En el primero se analizan los trabajos realizados con una aproximación general al problema abordado en esta tesis doctoral. En él se analizan los principales vínculos entre acceso a energía, cambio climático y género en los países en desarrollo, enmarcándolos dentro del contexto internacional surgido tras la aprobación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la

firma del Acuerdo de París en 2015. Finalmente se exponen las principales conclusiones y las principales áreas donde es necesario profundizar.

En el segundo capítulo del estado del arte (Capítulo 3), se particulariza este problema para el caso concreto que se aborda a lo largo del resto de la tesis, la provisión de energía para cocinar en el ámbito doméstico. Como resultado de esta particularización se presenta un modelo donde se muestran los principales vínculos entre el acceso a energía para cocinar en el ámbito doméstico, el cambio climático y el género en países en desarrollo.

El Capítulo 4 recoge el diseño de la investigación que se ha llevado a cabo y se explican en detalle las distintas metodologías utilizadas, justificando la elección de las mismas. Además se presenta el caso de estudio que ha sido objeto de estudio de la tesis y donde se han aplicado las distintas metodologías.

En el Capítulo 5 se presentan los principales resultados obtenidos durante la investigación y se realiza una discusión de los mismos.

Por último, la tesis finaliza con el Capítulo 6 en el cual se detallan las principales conclusiones en relación con objetivo general y los principales puntos a tratar presentados en este capítulo. Así mismo, se señalan las principales limitaciones que ha tenido la investigación y se proponen una serie futuros desarrollos.

Figura 1.1. Estructura de la tesis
Fuente: Elaboración por propia

Capítulo 2. Vínculos entre acceso a energía, cambio climático y género

Figura 2.1. Estructura de la tesis
Fuente: Elaboración propia

2.1. Introduction¹

The relationship between gender, climate change and energy access is complex and varies between developed and developing countries. The way these linkages are related to the international policy context had particular importance in 2015 as this year was critical to determine the international agenda for the following 15 years.

The Rio+20 outcome document, *The future we want* (United Nations & General Assembly, 2012), inter alia, set out a mandate to establish an Open Working Group (OWG) to develop a set of sustainable development goals for consideration and appropriate action by the General Assembly at its 68th session. The Rio+20 outcome gave the mandate that the Sustainable Development Goals (SDGs) should be coherent with and integrated into the United Nations (UN) development agenda beyond 2015.

After more than four years of work, the OWG established a set of 17 goals, with respective targets and indicators, which were approved by 193 member states of the UN, during the UN Sustainable Development Summit in New York in September 2015.

Three of these goals are related to the aim of this chapter (United Nations & General Assembly, 2015): “SDG 5: Achieve gender equality and empower all women and girls”, “SDG 7: Ensure access to affordable, reliable, sustainable, and modern energy for all” and “SDG 13: Take urgent action to combat climate change and its impacts”.

In addition, the Conference of Parties (COP) 21 to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) had the aim “to reach, for the first time, a universal, legally binding agreement that will enable us to combat climate change effectively and boost the transition towards resilient, low carbon societies and economies” (UNFCCC, 2015c).

In December 2015, 195 countries adopted the first universal climate agreement (UNFCCC, 2015b), the Paris Agreement. The agreement aims “to strengthen the global response to the threat of climate change, in the context of sustainable development and efforts to eradicate poverty” (UNFCCC, 2015a). To achieve this, parties agreed to i) hold the increase in the global average temperature to well below 2 °C while pursuing efforts to limit it to 1.5 °C above pre-industrial levels; ii) increase the ability to adapt to climate change, foster climate resilience and lower greenhouse gas (GHG) emissions, without threatening food production and iii) make finance flows consistent with the previous statements. The agreement also recognizes the need to support developing countries (UNFCCC, 2015a).

As in other areas, the lack of gender equality is important in relation to climate change and energy access. The literature on gender and climate change grew rapidly during the first decade

---

¹ This literature review was prepared during a “Short Term Scientific Mission” of the GenderSTE Cost Action done in the Centre of Human Geography of Brunel University.

This chapter have been published as part of the book “Understanding Climate Change through Gender Relations” (Buckingham & Masson, 2017) and it is presented in the same way it was published.

of 2000, but gender issues around climate change, as well as the response to gender-specific impacts, particularly the political response, are still not clear (Röhr, 2007). Many women, in their role as household energy managers and traditionally responsible for providing energy to the household, are affected in most cases by the lack of access to energy (Yianna Lambrou & Piana, 2006a), although this varies across contexts. Therefore, access to energy in the near future will have much relevance for gender equality. Also, how people without access to energy at present gain it in the future will have a great impact on climate change, positive or negative.

In this context, the main objective of this chapter is to establish the relationships between gender equality, climate change and energy access in developing countries based on an extensive literature review.

The first part of the chapter summarises current knowledge of the gender dimension of climate change, making a distinction between adaptation and mitigation. Climate change and development are inextricably linked, as are development and gender equality. On the one hand, the economic development of societies has contributed to the unsustainable increase of greenhouse gas emissions, which are destabilizing the global climate system while fostering an unequal distribution of people's ability to cope with these changes. On the other hand, there is now a consensus that climate change directly impacts so-called sustainable development. There is a growing agreement that climate change will substantially threaten societies' capacities to eradicate poverty in the medium to long term (Fernández, 2014; Harrold et al., 2002; Shepherd et al., 2013).

The relationship between gender and energy access is presented in the second part of the chapter. It is estimated that in 2013 1.2 billion people (16 percent of the global population) lacked access to electricity (IEA, 2016b), and that 2.7 billion people (38 percent of the global population) relied on the traditional use of biomass for cooking (IEA, 2016a). The traditional use of biomass refers to the basic technology used, such as three-stone fires or inefficient cookstoves, rather the resource itself. This data provides an idea of the importance of energy access in developing countries.

Access to affordable, reliable, sustainable and modern energy is critical, as defined in SDG 7 and in how this concept is understood in this chapter, for sustainable development and to eradicate poverty due to its capacity to improve productivity, to make easier new income generation activities and to ensure the provision of basic services. The UN Secretary-General Ban Ki-moon recognised that "energy is the "golden thread" that connects economic growth, increasing social equity, and an environment that allows the planet to thrive" (UN Meeting Coverages and Press Releases, 2014).

In the conclusion, the linkages between gender, climate change and energy access in developing countries and the research gaps detected during the literature review are discussed.

2.2. Gender and climate change

The literature available about the role of gender in climate change is large ((Brody, Demetriades, & Esplen, 2008; Dankelman, 2002, 2010; Demetriades & Esplen, 2008; Denton, 2002; Otzelberger, 2011; Skinner, 2011) and has many points of agreement. First of all, women's and men's contribution to climate change differs (Röhr, 2007). Secondly, in their respective social roles and responsibilities, women and men are differently affected by the effects of climate change and by climate protection and adaptation instruments. Thirdly, they differ in their respective perception of and reactions to climate change (Röhr, 2007). Lastly, as the male perspective dominates at all levels, climate protection and climate adaptation measures often fail to take into account the practical and strategic needs of large parts of the population (Röhr, 2007).

The COP to the UNFCCC has adopted important decisions regarding gender and climate change, raising the profile of gender. Decision 36/CP.7 in COP7 (2001) (UNFCCC, 2001) and Decision 23/CP.18 in COP 18 (2012) (UNFCCC, 2012b) include the promotion of gender balance and the improvement in the participation of women in bodies established under the UNFCCC or the Kyoto Protocol (UNFCCC, 2001, 2012b). The Lima Work Programme on Gender adopted at the COP 20 (2014) (UNFCCC, 2014) aims to "advance gender balance, promote gender sensitivity in developing and implementing climate policy and achieve gender-responsive climate policy in all relevant activities under the Convention" (UNFCCC, 2014).

Regarding COP 21, the "Women and Gender Constituency" (WGC), established in its position paper which agreements needed to be taken with special attention to gender aspects (WGC, 2015). The Paris Agreement recognises in its preamble, the need to respect, promote and consider gender equality and empowerment of women, when taking action to address climate change. Also, it points out that adaptation and capacity building actions should be gender-responsive. However, the Paris Agreement does not include most of the demands of the WGC and there is not a single mention of gender on the "mitigation", "finance", "loss and damage" or "the technology development and transfer" sections (UNFCCC, 2015a).

2.2.1. Gender and adaptation

Adaptation to climate change is defined as "the adjustment in natural or human systems in response to actual or expected climatic stimuli or their effects, which moderates harm or exploits beneficial opportunities" (IPCC, 2001).

Gender aspects of adaptation to climate change are better documented than gender aspects of mitigation. This draws on the generalised assumption that women are more vulnerable to impacts of climate change (Arora-Jonsson, 2011) and that gender inequalities will be exacerbated by climate change (Brody et al., 2008; Skinner & Brody, 2011). Another common

agreement is that climate change impacts will affect poor countries more, in particular the poorest in developing countries (Yianna Lambrou & Piana, 2006b).

Despite many small scale studies with evidence of differentiated climate change impacts on gender (Goh, 2012), it is not an area which attracts funding for large scale transnational projects. Also, there is no systematic collection of gender disaggregated data. Moreover, most case studies are focused on limited sectors, like health, water, food security or agriculture, where adaptation responses have addressed the specific vulnerability of women (Otzelberger 2011; Brody et al. 2008). This makes difficult to scale up from case studies, and can explain why some poorly verified statistics continue to be used (Arora-Jonsson, 2011). Despite this lack of scientific evidence, some of these materials have been used by women's organization and feminists to introduce gender issues to the climate change agenda and negotiations (Resurrección, 2013).

In agriculture production impacts are various. The increased climate variability lowers agriculture production in most developing countries with different impacts on women and men depending on the context. In the case of Mexico, different studies (Biskup & Boellstorff, 1995; Buechler, 2009) have shown that income losses from climate impact on agriculture produced serious difficulties for women to cover their basic needs. These kind of impacts also increase the workload of both women and men, mainly as they diversify their crops production, but as women are mainly responsible for other household tasks, like child care, impacts tend to affect them more severely (Goh, 2012). In this context, access to information and technologies is crucial to cope with climate impacts (Goh, 2012). Several studies have shown that men have more access to information and technology than women like in South Africa (Archer, 2003), Burkina Faso (Roncoli et al., 2009) and Jamaica (Vassell, 2009).

Some specific impacts on women related to scarcity of natural resources, mainly water and fuel shortages, had also been evidenced in different geographic contexts, due to their traditional roles as resource collectors for the household. The distances that women have to walk for collecting water have increased after several droughts in Vietnam (Shaw, Prabhakar, Nguyen, & Provash, 2007), Ethiopia (Asheber, 2010) and Senegal (Dankelman et al., 2008).

All of these climate change impacts could provoke migrations, or may even precipitate conflicts. Specifically, men are more likely to migrate than women, who normally stay in the affected areas to care for the family and household producing specific positive or negative impacts (Goh, 2012). In Nigeria, temporary migration of men induced the development by women of new livelihoods strategies and the increase of women's workload (Agwu & Okhimamhe, 2009). On the contrary, seasonal migration of men in South Africa (Nelson & Stathers, 2009) and in Tanzania (Babugura, 2010) has increased the prevalence of HIV/AIDS among this group due to unprotected sex outside the marriage with the subsequent infection of their wives.

Summarizing, gender-sensitive interventions to support adaptation to the direct and indirect impacts of climate change aim to address the different vulnerabilities of men and women.

However, such a gender perspective is still lacking in sectors related to energy, transport and infrastructures (Brody et al., 2008; Otzelberger, 2011).

2.2.2. Gender and mitigation

Mitigation of climate change is defined as “an anthropogenic intervention to reduce the sources or enhance the sinks of greenhouse gases” (IPCC, 2001).

Regarding gender and mitigation, there are few policy briefings, NGO reports or scientific literature of how mitigation is treated in developing countries (Marshall, Ockwell, & Byrne, n.d.).

As has been discussed previously, that gender has been inserted into the climate change agenda through women’s specific vulnerability has obscured the contribution that women can make to mitigation actions, and the effects that mitigation actions could have on them. To untap this potential, it is important to determine how emissions characteristics (amount and patterns) of men and women differ (Yianna Lambrou & Piana, 2006b).

The information related to gender on mitigation is very low, mainly because mitigation actions are normally seen from a technological or economic view (Brody et al., 2008), even when it is recognized that climate change is not just a technological problem and needs to take into account political and socio-economic aspects (Dankelman, 2002).

Before COP 21, countries were asked to communicate their Intended Nationally Determined Contributions (INDCs), in which they outlined their national post-2020 climate action commitments. This INDC will become the first Nationally Determined Contribution (NDC) when a country ratifies the agreement, unless a new NDC is submitted at the same time. The inclusion of gender aspects in the NDC will be fundamental for equitable and sustainable development outcomes but only 37.5 percent of INDCs submitted included gender as an aspect to consider (IUCN, 2016). To really achieve gender-responsive policies to climate change, the development of national gender and climate change actions plans together with a deep monitoring of the implementation of INDCs regarding gender aspects needs to be promoted (Aguilar, Granat, & Owren, 2015). Also, it is important to mention that many INDCs include references to countries’ Clean Development Mechanism (CDM) strategy; Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs); and Low-Emission Development Strategies (LEDS) (IUCN, 2016).

Regarding CDMs or any future market mechanism developed after the Paris Agreement, several studies recognised their potential to promote positive gender impacts but there remains a lack of knowledge and specific tools to achieve it (FORMIN, 2010; Yianna Lambrou & Piana, 2006b; UNFCCC, 2012a). Also, at the national level, NAMAs could be an opportunity for developing countries to secure the support of developed countries to reduce or limit their emissions. Moreover, NAMAs could be an opportunity for the integration of more gender-aware indicators, although there are no clear guidelines or gender indicators for them (Skinner, 2011).

Gender issues, and especially opportunities for women's empowerment through mitigation actions, are not commonly addressed, with some exceptions where this is the main focus (EIGE, 2012; WHO, 2014a). One notable exception is the policies promoted by the Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD), where gender dimensions have been largely overlooked (Nhantumbo & Chiwona-Karltun, 2012; Skinner, 2011; UN-REDD Programme, 2011).

Overall, the role of women in mitigation measures should not be under-estimated, as developing countries have the potential to reduce or store greenhouse gases, particularly in areas in which women are already active, such as emission reduction through the implementation of clean cookstoves, lighting or electrical appliances (Bailis, Drigo, Ghilardi & Masera, 2015; FORMIN, 2010).

2.3. Gender and Energy Access in developing countries

In order to establish the relationship between gender and energy access in developing countries, it is useful to understand how "energy access" has been treated in the international agenda since the beginning of the 21st century.

When the Millennium Development Goals (MDGs) were established in the Millennium Summit of the UN in 2000, no explicit mention to energy was formulated in any of the eight global goals, even though a debate was already established around the role of energy for human development (Brew-Hammond, 2012). It is later, in 2005, that the relationship between access to modern energy sources, both electricity and improved cooking systems, and human development, and their importance in achieving the MDGs, was clearly established (Takada et al., 2007; UNDP, 2005).

Since then, energy access has been increasingly gaining attention in the international agenda and it is set as a critical factor for human sustainable development. 2012 was declared by the United Nations as the "International Year of Sustainable Energy for All" and 2014-2024 the "Decade of Sustainable Energy for All". Accordingly, research and development moved from energy for sustainability towards sustainable energy (Bazilian, Sagar, et al., 2010; Brew-Hammond, 2012; Halsnæs & Garg, 2011). Promising energy access initiatives have also been launched such as Sustainable Energy for All (SE4all) by the UN and the World Bank (WB), the Global Alliance for Clean Cookstoves (GACC) by UN Foundation or Lighting Africa by WB.

Finally, a specific goal for energy was included in the SDGs. The SDG 7 is an ambitious goal, especially target 7.1 stating "by 2030 ensure universal access to affordable, reliable, and modern energy services" (Sustainable Development Knowledge Platform, 2015). One study developed just after the approval of the SDGs shows that to achieve SDG 7 the progress should be between three to four times faster than the one projected at that time (Nicolai, Hoy, Berliner, & Aedy, 2015).

Despite the increased recognition of energy access in the international agenda, different stakeholders working on the topic have identified significant gaps that should be covered for better commitment in energy interventions. Consensus has not yet been reached on what is understood by energy access. While a universal definition has not emerged due to its intrinsic complexity (Pachauri, 2011), this has not deterred some attempts to try to frame energy access by finding common aspects in all of them.

The International Energy Agency (IEA) highlights four significant elements that commonly appear in most definitions of energy access: (a) minimum level of electricity, (b) safe and sustainable cooking and heating fuels and stoves, (c) energy for productive activities, (d) energy for public services (IEA, 2014). The UN Secretary-General's Advisory Group on Energy and Climate Change (United Nations, 2010) defines energy access as "access to clean, reliable and affordable energy services for cooking and heating, lighting, communications and productive uses".

This has led to several approaches for measuring energy access based on multi-tier methodologies. Before these methodologies emerged, a binary measurement - household with access to electricity and modern technologies for cooking or without them - was used. Compared to this, multi-tier frameworks are a significant advance, as they are based on the performance of households in different attributes of its energy source like capacity, duration and availability, reliability, quality, affordability, legality, health and safety. These attributes are measured by tiers, from Tier 0 (no access) to Tier 5 (the highest level of access). Some examples are the "Energy Supply Index" (Practical Action, 2010), the "Incremental levels of access to energy services" (United Nations, 2010), the "Multi-tier standards for cookstoves" from the GACC and the Partnership for Clean Indoor Air (PCIA) (ISO, 2012) and the "Multi-Tier approach to measuring energy access" from SE4all (ESMAP, 2014). This last one has been widely accepted in the international community:

Attributes of energy supply		Tier 0	Tier 1	Tier 2	Tier 3	Tier 4	Tier 5
Capacity	Household electricity	No electricity*	Very low power	Low power	Medium power	High power	
	Household cooking	Inadequate capacity of the primary cooking solution				Adequate capacity of the primary cooking solution	
Duration and availability	Household electricity	<4 hours	4-8 hours		8-16 hours	16-22 hours	>22 hours
	Household cooking	Inadequate availability of the primary cooking solution				Adequate availability of the primary cooking solution	
Reliability	Household electricity	Unreliable energy supply				Reliable energy supply	

Attributes of energy supply		Tier 0	Tier 1	Tier 2	Tier 3	Tier 4	Tier 5
Quality	Household electricity and cooking	Poor quality of energy supply			Good quality of energy supply		
Affordability	Household electricity	Unaffordable energy supply			Affordable energy supply		
	Household cooking	Unaffordable energy supply			Affordable energy supply		
Legality	Household electricity	Illegal energy supply			Legal energy supply		
Convenience	Household cooking	Time and effort spent sourcing energy cause inconvenience			Time and effort spent sourcing energy		
Health and safety	Household electricity	Unhealthy and unsafe energy system			Healthy and safe energy system		
	Household cooking**	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5

Table 2.1. Simplified multi-tier matrix of energy access

*The detailed multi-tier matrix for household electricity considers a continuous variable between tier 0 and tier 1 for basic lighting services so as to capture the contribution of solar lamps that do not reach the minimum output threshold required for tier 1 access but that are highly affordable and enable households to reduce or eliminate the use of kerosene for lighting.

**Levels are defined based on the technical performance of the cookstove (for example, in terms of efficiency, pollution, and safety), kitchen ventilation, and conformity of usage (use of required accessories, regular cleaning, and so on.)

Source: (ESMAP, 2014)

2.3.1. Gender and Energy Access in the developing countries

Compared to climate change, gender considerations are fully mainstreamed in energy access in developing countries at policy level (Cecelski & Unit, 2000; Danielsen, 2012; S. Dutta, 2003; Yianna Lambrou & Piana, 2006a), at project level (Cecelski & Dutta, 2011; UNDP & ENERGIA, 2004) and in research (Batliwala & Reddy, 2003; Clancy et al., 2002; Pachauri & Rao, 2013b; Sovacool et al., 2013).

Energy poverty, mainly concentrated in developing countries, is experienced differently and more severely by women than by men (UNIDO & UNWOMEN, 2013). Specific impacts of the lack of access to modern energy services suffered by women are large and varied. Women and girls spend hours a day gathering fuelwood and carrying water (Cordes & GACC, 2011; UNDP, 2005). During these tasks, women and girls have to walk long distances with a heavy load with its consequent health impacts. In addition, these walks, together with the lack of street lighting, increase the risk of them suffering gender based violence (Cordes & GACC, 2011), especially in conflict situations and in refugee camps (UNHCR, 2014). Indoor air pollution produced by the use of traditional biomass for cooking is the fourth largest cause of morbidity and premature mortality worldwide, being the women the main affected (IEA et al., 2010; WHO, 2006a). As a

result of this, the importance of energy access to women's development and empowerment is clear and has been widely established, as Table 2.1 illustrates.

Energy Form	Impacts for women of access to energy		
	Practical	Productive	Strategic
Electricity	- Pumping water: reducing need to haul and carry. - Mills for grinding. - Lighting improves working conditions at home.	- Increase possibility of activities during evening hours - Provide refrigeration for food production and sale - Power for specialised enterprises	- Make streets safer: allowing participation in other activities (e.g. evening classes and women's group meetings) - Improved access to information through ICT
Cooking technologies and fuels	- Improved health through reduction on indoor air pollution and reduction on carrying heavy loads of firewood - Less time and effort in gathering and carrying firewood - Less time and effort for cooking	- More time for productive activities - Lower cost of process heat for income generating activities - Participation in related business	- Can allow for improved monitoring and control of natural forests in community forestry management frameworks - Can allow for gained recognition in the case of women participation in related business - More time for education and income generation activities (specially for young women and girls)
Mechanical	- Milling and grinding - Transport and portering of water and crops	- Increases variety of enterprises	- Transport: allowing access to commercial and social/political opportunities

Table 2.2. Possibilities for improving the position of women through energy

Fuente: adapted from Lambrou & Piana (2006a); Clancy et al. (2002)

Gender mainstreaming in the energy sector has received wide attention. In this sense, the required components (i. Integration of women's and men's concerns throughout the energy development process; ii. specific activities within energy intervention aimed at reducing gender disparities and empowering women) (Oparaocha & Dutta, 2011), the capacity-building needs as set out in Table 2.3, and how to translate them to project level (Skutsch, 2005) to effectively mainstream gender in the energy sector have been defined by different authors, international institutions and NGOs.

Target Group	Capacity-Building needs	Means
National policymakers	Sensitisation towards openness to try out new methods and tools Willingness to make space and strengthen women staff in organisation's set up	Advocacy through media and print messages Well-structured and focused interaction with researchers and NGOs
Implementers of energy programmes	Sensitisation towards gender issues Practical tools and techniques to incorporate women's role in planning	Field-level workshops in local language Exchange visits and interaction with local organisations working on gender issues
Village communities	For men, sensitisation and assurance that women can meaningfully participate in programmes while respecting their traditionally accepted space and roles Willingness to participate in social empowerment process of women	Exposure visits Focus groups discussions
NGOs	Tools and techniques to incorporate women's role in planning orientation towards new methodologies	Local-level workshops Interaction with researchers and policymakers

Table 2.3. Capacity-buildings need for mainstreaming gender in energy

Fuente: UNDP & ENERGIA (2004)

As previously stated, a non-binary definition based on energy quality has reached wider acceptance but a unique framework has not yet been standardized, so the process of measuring and monitoring energy access is still undefined. Multi-tier methodologies have only general indicators regarding gender or treat gender issues superficially, as a review of research on this area has shown (Bazilian, Nussbaumer, et al., 2010; Hailu, 2012; Nussbaumer, Bazilian, & Modi, 2012; Pachauri & Spreng, 2011). Consequently, although the possibilities to improve the position of women through developing access to energy is large, there is need to count with specific gender indicators and disaggregate data on energy access by gender in order to improve and promote gender-sensitive energy programmes.

Despite of previous statements, there is a recognition of the importance to introduce gender issues and gender-specific indicators that measure improved energy access and its productive uses (UNDP, 2015; UNIDO & UNWOMEN, 2013). Also, several considerations to not exclude women and marginalised groups from energy access initiatives have to be taken into account. In the feasibility and initial planning, questions about specific energy needs, access to information, ability to participate in the decision making process of different groups, and tasks and works done by each social group have to be asked. During the programme design and implementation phases, specific training and payment schemes for each group, and ensuring their capacity to use energy productively and to own and control the operation of the energy service, must be assured. Finally, different indicators related to practical and strategic benefits for each group should be used during monitoring and evaluation.

In conclusion, the importance that energy access could have for women's development and empowerment and for mainstreaming gender in energy access policies, programs and projects is well established and receives wide attention. However, with the new approaches adopted to measure energy access and the importance of this topic in the SDGs, the future work and research on this area are still important.

2.4. Discussion: the linkages between gender, climate change and energy access

During the previous sections, the linkages between gender and adaptation, mitigation to climate change and energy access in developing countries have been discussed separately. Summarizing, gender and adaptation and energy access have been widely studied while mitigation and gender is not well covered. Some important linkages have been identified when looking in the intersection between gender, climate change and access to energy, and they are discussed in this section.

Despite of it, some significant knowledge gaps still remain. There is a lack of documentation on linkages between gender, climate change mitigation and energy access. The linkages between energy access and climate change mitigation is clear and the importance to mainstream gender in mitigation is widely recognised. However, the literature is rather thin on the evidence on the key role of women could have on mitigation actions through access to energy projects and on how to mainstream gender on them. Also, linkages between gender and climate change adaptation are clearly established and the literature recognises the importance of integrating gender in adaptation actions but energy access has not received wide attention as impacts of climate change on it are not clear.

Regarding the linkages, first of all, and importantly, if we compare which gender dimensions have been studied or used when analysing climate change and energy access separately (see Roehr 2007, Skutsch 2005, Table 2.2 and Table 2.3) we can see that most of them are the same or very similar.

There are a lot of well-known possibilities for improving the position of women through energy (Table 8.1) but, as stated in the previous section, there are several considerations to be taken so as not to exclude women and marginalised groups from energy access initiatives. At the same time, the ways in which access to energy is achieved will determine whether the impact is positive or negative to mitigate climate change, as energy is at the core of climate change mitigation discussions (Aguilar et al., 2015).

However, in the case of access to electricity, some considerations regarding the previous statement have to be taken into account. On one hand, there is a risk that the higher costs, especially in the short term, of renewable energy investments, the main option for decarbonising electricity in developing countries, are passed on to consumers, with resulting

gender-specific impacts (Skinner, 2011). On the other hand, women's engagement in this initiatives could be an effective way for them to gain access to new jobs or to improve their income generation activities (Aguilar et al., 2015).

Regarding access to modern fuels and technologies for cooking, the linkages between women's development and both mitigation and adaptation to climate change are large. However, although this is a great example on how to simultaneously address these three issues at the same time the knowledge and lessons learned from these kinds of projects have not been received wide attention on the general debate about gender and climate change. First of all, the main beneficiaries of initiatives like improved cookstoves and clean fuels projects, are women, and the positive impacts are various, including financial and time savings and health improvement. Secondly, improved cookstoves and clean fuels projects have a great potential to mitigate climate change (GACC, n.d.-b) as they reduce the consumption of solid fuels and consequently the emissions of GHG during combustion. It is estimated that GHG emissions from solid fuels are 1.0–1.2 Gt CO₂e/yr. (1.9–2.3 percent of global emissions) and that successful deployment and utilization of 100 million improved stoves could reduce this by 11–17 percent (Robert Bailis et al., 2015). Also, during the combustion of solid fuels black carbon (BC) and other short-lived climate pollutants are emitted. Recent studies show that BC may be responsible for close to 20 percent of the Earth's warming, and that residential solid fuel burning produce up to 25 percent of global BC emissions (GACC, n.d.-b). Finally, the availability of traditional fuel sources, like solid fuels, is affected by climate change and energy for cooking becomes more commoditised, scarce and expensive (Skinner, 2011). In that way, improved cookstoves and clean fuel projects could be an adaptation strategy to traditional fuel scarcity, especially in semiarid regions.

A recent study conducted in Senegal, The Gambia and Guinea Bissau by the authors of this chapter could exemplify the potential of improved cookstoves projects to link energy access, climate change and gender equality. The results of the study show that there are several social benefits including the reduction of indoor air pollution, the reduction in collecting and cooking time and some economics savings in the case woodfuel was paid by the family. At the same time, there was a GHG emissions reduction. (Mazorra, Sota, Lumbreras, & Borge, 2015; Sota et al., 2014). In addition, the profitability of these actions is confirmed by the results, which showed that the installation of the ICS generates benefits that outweigh the associated costs both at household and project level (Mazorra et al., 2015).

As climate change impacts could reduce agriculture production, the availability of sustainable and efficient energy can play a key role to reduce these impacts (GTZ, 2010). In these ways, energy access projects can play an important role in CC adaptation.

The foregoing argues that women must play a key role in determining energy access in developing countries, both in access to electricity and in modern cooking technologies. If this is done in a sustainable way, (e.g. renewable energy in the case of access to electricity, and really

clean and sustainable cookstoves and clean fuels for the first step towards modern cooking technologies,) developing countries can contribute widely to mitigation of climate change, adaptation to its impacts and, at the same time, to women's empowerment and development, as household energy managers (GTZ 2010; UNFCCC 2012a; FORMIN 2010).

2.5. Conclusions

Although there is some literature on linkages between gender, climate change and access to energy, more evidence on how they interplay at all scales is needed. These scales cover from the international level where many decisions are taken, to the local level where specific projects are implemented and where information is a key issue.

Specifically, wider scientific evidence on the women vulnerabilities and differentiated gendered impacts of climate change is needed. Not all women are vulnerable to climate change and they are not vulnerable in the same way. Their vulnerability varies between countries, and within different communities in the same country. In this sense, the emphasis on women vulnerability to climate change impacts as the main reason for the work on gender and adaptation has hidden some important questions, such as: what are the gender inequalities underlying this vulnerability and, how can men and women work together even with different roles, preferences, needs, knowledge and capacities?

Regarding the mitigation of climate change, the potential contribution of women is often underestimated and there is a need for research on how to include gender issues in mitigation actions to better address the views and needs of often ignored social groups. In the first place, it is needed to determine the differences in the emissions characteristics (amount and patterns) between men and women (Yianna Lambrou & Piana, 2006b).

In addition, there is low knowledge about the nexus between mitigation and adaptation, and a gendered understanding of this is even lower. Focusing on the third issue of this chapter, some energy projects with great potential to contribute to mitigation and gender equality could fail if the impacts of climate change on energy access are not addressed to determine the best gender sensitive adaptation strategies in each case. Cooking technologies are a good example for this situation (Jerneck & Olsson, 2013; Skinner, 2011).

Nevertheless, the approval of the Post 2015 Agenda constitutes a great progress. For the first time, the environmental agenda, especially climate change, and development agenda have converged through the Sustainable Development Goals (SDG). Given that in the development agenda it is widely accepted that gender considerations must be taken into account, and there are specific goals for gender equality, access to energy and climate change, this convergence could be a unique opportunity to really embed gender issues in the climate change agenda (Women's Major Group, 2013).

Capítulo 3. Estado del arte: particularización de los vínculos para las soluciones de cocinado

Figura 3.1. Estructura de la tesis
Fuente: Elaboración propia

3.1. Introducción

Una vez realizada una aproximación general al problema en el Capítulo 2, en este se particulariza el análisis realizado para el objeto concreto de esta tesis doctoral. Con el mismo se establece el marco de la investigación, detallando el estado del arte de los vínculos entre el acceso a fuentes modernas de energía para cocinar, la mitigación del cambio climático y la igualdad de género en países en desarrollo. Como se puede apreciar en la Figura 3.2 el alcance de este capítulo queda delimitado por la intersección de estos tres elementos.

Figura 3.2. Esquema de aproximación al objeto de investigación
Fuente: elaboración propia

En primer lugar se realiza una descripción de las características que presentan las soluciones de cocinado como herramienta para el acceso a energía, explicitando que se entiende en este caso por acceso a energía, los marcos existentes para su medición y los modelos de cocinas y combustibles existentes (apartado 3.2).

En segundo lugar, se presentan los principales impactos asociados a los proyectos de soluciones de cocinado (apartados 3.3). Estos se desgranarán a partir de cómo se relacionan con el cambio climático (apartado 3.3.1) y el género (apartado 3.3.2). En el primer caso, además de explicar cómo las soluciones de cocinado pueden contribuir a la mitigación del cambio climático, se analiza cómo están consideradas en el panorama internacional de la lucha contra el cambio climático. En el segundo caso, se detallan los potenciales impactos que los proyectos de soluciones de cocinado pueden tener sobre la igualdad de género y las condiciones de vida de las mujeres. Para ello se presentan las principales evidencias existentes sobre estos.

Por último, se extraen una serie de conclusiones en las cuales se analizan los vínculos existentes entre el acceso a fuentes modernas para cocinar, el cambio climático y las cocinas mejoradas (apartado 3.4) y que justifican el abordaje metodológico seguido en la tesis (Capítulo 4).

3.2. Soluciones de cocinado: una herramienta para el acceso a la energía

Como se ha comentado anteriormente (apartados 1.1), en el mundo existen actualmente más de 2700 millones de personas que aún utilizan fuentes tradicionales de la biomasa para cocinar (IEA, 2016a). Obviamente, por la magnitud de este problema, para poder alcanzar el acceso universal a la energía para el año 2030 el acceso a energía para cocinar deberá ser prioritario en los próximos años. La distribución geográfica de estas personas es la siguiente:

Región	Millones de personas	Porcentaje de la población
África	793	69%
Norte de África	1	0%
África Subsahariana	792	81%
Asia en desarrollo	1875	50%
China	453	33%
India	819	63%
América Latina	65	14%
Brasil	10	5%
Oriente Medio	8	4%
Total	2742	38%

Tabla 3.1. Población dependiente de fuentes tradicionales de la biomasa para cocinar en el año 2014
Fuente: (IEA, 2016a)

Como se puede apreciar, en términos absolutos el problema se concentra principalmente en Asia, con especial incidencia en China e India. Mientras que en términos porcentuales es en África Subsahariana donde este problema es mayor, ya que el 81 % de la población sufre este problema. En el caso de los países objeto de esta investigación, se estima que las personas dependientes de fuentes tradicionales de la biomasa son 2 millones en Gambia (95% de la población), 9 millones en Senegal (61% de la población) y 12 millones en Guinea Bissau (98% de la población) (IEA, 2016a).

Los esfuerzos internacionales en este campo son liderados por la GACC, una iniciativa de la Fundación de Naciones Unidas (UN) lanzada en 2010. Según se recoge en su primer documento estratégico *“Igniting change: a strategy for universal adoption of clean cookstoves and fuels”*, su objetivo es promover la adopción en 100 millones hogares de cocinas y combustibles limpios y eficientes mediante el desarrollo de una estrategia común para el sector catalizando los esfuerzos realizados en este sentido (Cordes & GACC, 2011). En este documento, después de un

análisis de los principales impactos de los usos tradicionales de la biomasa (que se analizará posteriormente en el apartado 3.3) y de las principales barreras en el sector, establece de su estrategia de transformación del mismo. Esta estrategia se basa principalmente en la creación de mercados de cocinas a través de tres pilares: promover la demanda, fortalecer la oferta y fomentar un entorno favorable.

Figura 3.3. Estrategias de transformación del sector de cocinas limpias y eficientes
Fuente: (Cordes & GACC, 2011)

Obviamente, de cara a certificar la consecución del objetivo marcado en dicha estrategia se debe contar con un marco común para la medición de cuando un hogar ha adoptado un sistema de cocinado limpio y eficiente. En este sentido, y como ya se ha comentado en el capítulo anterior (apartado 2.3 y Table 2.1), en los últimos años se ha realizado un gran esfuerzo de conceptualización del significado del acceso a la energía, evolucionando desde una concepción binaria del mismo hacia una medición basada en el nivel de desempeño de los servicios energéticos de un hogar en distintos atributos. A partir del marco general inicial, “Multi-Tier approach to measuring energy access” (ESMAP, 2014), se han ido definiendo marcos más detallados y específicos para los distintos aspectos que se consideran en el acceso a la energía.

En el caso concreto del acceso a energía para cocinar, este marco multi-nivel cuenta con siete atributos referidos a la solución de cocinado. Los atributos, cuyos respectivos niveles se pueden consultar en la Tabla 3.2, son: salud (basado en la contaminación intradomiciliar), eficiencia de la cocina, conveniencia (basada en el tiempo empleado en la colección de combustible y de

preparación de la comida), seguridad, asequibilidad (incluyendo el gasto en la cocina y el combustible), la calidad y la disponibilidad (Bhatia & Angelou, 2015).

		Niveles					
		0	1	2	3	4	5
Atributos	1. Calidad de aire interior	PM _{2.5} (µg/m ³)	A ser especificado por una agencia competente como la OMS basado en riesgos para la salud			<35 (OMS, IT-1)	<10 (Directrices de la OMS)
		CO (mg/m ³)				<7 (Directrices de la OMS)	
	2. Eficiencia de la cocina (no aplica si el sistema de cocinado se usa también para calentar el ambiente)	Solución principal que alcance el nivel respectivo (TIER 1, 2, 3, 4). A ser especificado por una agencia competente consistente con la condiciones locales de cocinado.					
		Tiempo de preparación (min/comida)		<7	<3	<1.5	<0.5
	3. Conveniencia	Tiempo de adquisición de combustible y preparación de la comida (hrs/semana)		<15	<10	<5	<2
	4. Seguridad	Niveles de seguridad del IWA	Solución principal: ISO Tier 2	Solución principal: ISO Tier 3	Solución principal: ISO Tier 4		
		Accidentes (quemaduras y fuegos no intencionados)				No han ocurrido accidentes en el último año que requiera atención médica profesional	
	5. Asequibilidad				Coste normalizado de la solución para cocinar (incluyendo el combustible) <5% de los ingresos del hogar		
	6. Calidad del fuel principal: variaciones en la tasa de calentamiento debido a la calidad del combustible que afecta a la facilidad para cocinar				No tiene efectos importantes		
	7. Disponibilidad del combustible principal. El combustible principal está fácilmente disponible:				Al menos el 80% del año. A lo largo del todo el año.		

Tabla 3.2. Matriz multi-nivel de acceso a soluciones de cocinado

Fuente: (Bhatia & Angelou, 2015)

Como se puede apreciar en la tabla anterior, un punto muy importante a la hora de definir el nivel de acceso a energía alcanzado con una determinada solución de cocinado está directamente relacionado con el desempeño de la cocina en sí misma.

En este sentido, desde la GACC se viene realizando un esfuerzo de normalización en los últimos años. Para ello, en febrero de 2012 se alcanzó un acuerdo interino, “*ISO International Workshop Agreement (IWA)*”, que propone un marco para la medición del desempeño de una cocina basada en el nivel alcanzado en varios atributos (ISO, 2012). Este marco cuenta con 5 niveles, desde 0 o peor rendimiento y que se correspondería con el rendimiento de una cocina de tres piedras definido en el laboratorio hasta 4 o mayor rendimiento que se correspondería con un objetivo ideal específico en cada caso (ISO, 2012). A continuación se exponen una serie de tablas con los niveles establecidos para cada uno de los atributos considerados:

	CO a alta potencia (g/MJd)*	CO a baja potencia (g/min/L)
Nivel 0	>16	>0.20
Nivel 1	≤16	≤0.20
Nivel 2	≤11	≤0.13
Nivel 3	≤9	≤0.10
Nivel 4	≤8	≤0.09

Tabla 3.3. Niveles de emisiones de CO asociados con la prueba de ebullición de agua de VITA 4.1.2

* g/MJd equivale a gramos por MJ aportados a la olla

Fuente: (ISO, 2012)

	PM a alta potencia (g/MJd)*	PM a baja potencia (g/min/L)
Nivel 0	>979	>8
Nivel 1	≤979	≤8
Nivel 2	≤386	≤4
Nivel 3	≤168	≤2
Nivel 4	≤41	≤1

Tabla 3.4. Niveles de emisiones de PM asociados con la prueba de ebullición de agua de VITA 4.1.2

* g/MJd equivale a gramos por MJ aportados a la olla

Fuente: (ISO, 2012)

	Alta Potencia	Baja Potencia
	Eficiencia térmica (%)	Consumo específico (MJ/min/L)
Nivel 0	<15	>0.050
Nivel 1	≥15	≤0.050
Nivel 2	≥25	≤0.039
Nivel 3	≥35	≤0.028
Nivel 4	≥45	≤0.017

Tabla 3.5. Niveles de eficiencia y uso de combustibles asociados con la prueba de ebullición de agua de VITA 4.1.2

Fuente: (ISO, 2012)

	Emisiones intra-domiciliarias de CO (g/min)	Emisiones intra-domiciliarias de PM (g/min)
Nivel 0	>0.97	>40
Nivel 1	≤0.97	≤40
Nivel 2	≤0.62	≤17
Nivel 3	≤0.49	≤8
Nivel 4	≤0.42	≤2

Tabla 3.6. Niveles de emisiones intra-domiciliarias asociados con la prueba de ebullición de agua de VITA
4.1.2

Fuente: (ISO, 2012)

Niveles según protocolo de seguridad de la Universidad Estatal de IOWA	
Nivel 0	<45
Nivel 1	≥45
Nivel 2	≥75
Nivel 3	≥88
Nivel 4	≥95

Tabla 3.7. Niveles asociados con el protocolo de seguridad de estufas a biomasa desarrollado en la Universidad Estatal de Iowa
Fuente: (ISO, 2012)

Este marco está diseñado para pruebas controladas realizadas en laboratorio por lo que los resultados de desempeño de las distintas cocinas pueden no corresponder con el desempeño real. Esto se puede deber a las posibles variaciones en el tipo de la leña, su humedad, los instrumentos utilizados para cocinar, el comportamiento del usuario o la aceptación cultural (ISO, 2012).

Ante estas limitaciones y después de identificar la necesidad de generar un marco estandarizado más amplio (ISO, 2012; Simon, Bailis, Baumgartner, Hyman, & Laurent, 2014), la Organización Internacional de Normalización (ISO según sus siglas en inglés) estableció el Comité Técnico 285. El objetivo de este comité es desarrollar un estándar en el campo de las soluciones de cocinado para personas que utilizan fuentes tradicionales de la biomasa para cocinar (GACC, n.d.-c). En el momento de la redacción de esta tesis, este comité, formado por cuatro grupos de trabajo (marco conceptual, protocolos de laboratorio armonizados, directrices para test de campo e impactos sociales), no había finalizado aún su trabajo por lo que el acuerdo alcanzado por el IWA continuaba utilizándose como estándar interino.

El número de soluciones de cocinados existentes es muy amplio. Existen cientos de diseños distintos, ya que deben responder a los distintos hábitos culturales y culinarios de las distintas zonas del mundo, y a esto hay que sumar los tipos de combustibles que se pueden utilizar. Aun así, se pueden dividir en varios grupos según sus respectivas características:

Figura 3.4. Clasificación de las distintas soluciones de cocinado de acuerdo con sus impactos potenciales
Fuente: (ESMAP et al., 2015)

Además, desde la GACC se utiliza el marco interino IWA para definir cuando una cocina es eficiente y limpia de acuerdo con la siguiente clasificación (GACC, 2012):

- Una cocina que alcance el nivel 2 o mayor del estándar de eficiencia será considerada como eficiente.
- Una cocina que alcance el nivel 3 o mayor del estándar para emisiones intra-domiciliarias será considerada como limpia a efectos los impactos en salud.
- Una cocina que alcance el nivel 3 o mayor para todas las emisiones será considerada como limpia a efectos de los impactos medioambientales.

La alianza cuenta con un catálogo de cocinas en su página web (GACC, n.d.-a) que recoge un total de 337 modelos de cocinas, de los cuáles 171 son utilizados en África. De los modelos africanos registrados solo 25 cuentan con información de algunos de los atributos de la norma interina IWA y sólo 4 tienen la información para todos los atributos.

Tal y como se puede apreciar en la Figura 3.5, según la definición de la GACC de los modelos registrados utilizados en África que cuentan con información: 20 pueden ser considerados como eficientes y 5 limpios a efectos de salud y de impactos medioambientales, mientras que sólo 4 serían también eficientes.

Figura 3.5. Nº de modelos de cocinas registrados en el catálogo de la GACC en África según niveles en cada atributo de la norma IWA

Fuente: Elaboración propia a partir de (GACC, n.d.-a)

3.3. Potenciales impactos de proyectos de cocinas mejoradas

La GACC define 5 áreas de impacto de las soluciones de cocinado y por tanto de su trabajo (GACC, 2015): medio ambiente, mujer y género, salud, medios de vida y sector humanitario (fuera del alcance de la presente tesis doctoral). Más adelante se detallarán cada una de estas áreas de impacto a través de su relación con el cambio climático y el género.

De manera general la utilización de fuentes tradicionales de biomasa para cocinar se puede caracterizar por la ineficiencia energética de la combustión y por su gran consumo asociado de combustibles sólidos, principalmente madera. Esto genera una serie de impactos medioambientales como la contaminación del aire, emisiones de GEI, la deforestación y la pérdida de biodiversidad (M. A. Jeuland & Pattanayak, 2012; Lee et al., 2013; Simon, Bumpus, & Mann, 2012). A esto hay que sumar que la exposición al humo proveniente de estas fuentes tradicionales causa 4.3 millones de muertes prematuras anuales contribuyendo además a un variado número de enfermedades crónicas (WHO, 2016). Estos impactos en la salud son principalmente sufridos por las mujeres debido a su rol como proveedoras de energía en el hogar y por el hecho de ser las encargadas de cocinar (Y. Lambrou & Piana, 2006). Este rol también las hace protagonistas de los impactos económicos que sufren las familias principalmente relacionados con el tiempo empleado en la recolección de combustibles que obliga a limitar el tiempo destinado a otras actividades (ESMAP et al., 2015) o por el porcentaje de los ingresos familiares que debe destinarse a la compra de este combustible en algunos casos (ESMAP et al., 2015). Por último, en los contextos humanitarios todos los impactos antes mencionados se suman al resto de los problemas que sufre la población afectada por crisis (Lahn & Foreword, 2015; Vianello, 2016).

Tal y como se señala en el punto anterior, la estrategia de la GACC se basa principalmente en la creación de mercados adaptados a las condiciones de los países donde interviene. Normalmente a la hora de analizar los modelos de provisión de servicios de energía para mercados de la base de la pirámide se distinguen dos aspectos fundamentales: la cadena de valor del producto o servicio (desde el diseño hasta los servicios post-venta) y una serie de aspectos transversales (Bardouille, Avato, Levin, Pantelias, & Engelmann-Pilger, 2012; itdUPM, 2015; WBCSD, n.d.). Obviamente el objetivo final de estos modelos no es otro que la adopción y uso sostenible de estos servicios por parte de la población.

Cuando el análisis se centra en los potenciales impactos generados por estos servicios, se tiene una serie de impactos asociados a cada uno de los eslabones de la cadena y a la adopción y uso sostenible de los mismos. En la Figura 3.6, se puede ver de manera esquemática una cadena valor típica para un modelo de provisión de soluciones de cocinado, con los aspectos transversales a considerar, que conllevaría la adopción y uso del servicio, señalando los impactos que se producirían en cada caso.

Figura 3.6. Bloques principales de un modelo de provisión de energía particularizado para soluciones de cocinado y sus impactos asociados

*Los cuadros grises se corresponden con los tipos de impactos asociados.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Bardouille et al., 2012; GACC & ICRW, 2016; itdUPM, 2015; WBCSD, n.d.)

La participación de la población en la cadena de valor de soluciones de cocinado tiene una serie de impactos directos en los medios de vida de la misma que conllevará un mayor bienestar económico. En el caso de que la participación sea de la población femenina contribuirá además al empoderamiento social y económico de las mujeres (Figura 3.7) (GACC & ICRW, 2016; Jerneck & Olsson, 2013).

Figura 3.7. Impactos en los medios de vida y en el empoderamiento económico y social de las mujeres asociados a las distintas participaciones de la población en la cadena de valor de las soluciones de cocinado

Fuente: Adaptado de (GACC & ICRW, 2016)

Figura 3.8. Impactos asociados a la adopción y uso de soluciones de cocinado

Fuente: Elaboración propia

En el caso que estas soluciones sean adoptadas y usadas por las poblaciones, los potenciales impactos que se producen son bastante diversos e interconectados entre sí. Estos potenciales impactos son consecuencia de la mejora en la eficiencia energética de la combustión cuyo

primer efecto es un menor consumo de combustible, con la consiguiente disminución del tiempo necesario para cocinar y menor producción de humo. Los impactos producidos cubren cuatro de las cinco áreas definidas por la GACC (medio ambiente, mujer y género, salud y medios de vida) (Figura 3.8.).

En los siguientes apartados se desarrollan estos impactos a partir de la aproximación que se sigue en este estudio (Figura 3.2), concretando en los potenciales impactos derivados de la adopción y uso de las cocinas.

3.3.1. Soluciones de cocinado y cambio climático

La relación entre la adopción de soluciones de cocinado y el cambio climático, concretamente la mitigación del mismo ha sido ampliamente establecida (Akbar, Barnes, Eil, & Gnezditskaia, 2011; Robert Bailis et al., 2015; ESMAP et al., 2015; GACC, n.d.-b, 2014; Grieshop, Marshall, & Kandlikar, 2011; Michael Johnson et al., 2009; Lee et al., 2013; Simon et al., 2014; WHO, 2016). Como se puede ver en la Figura 3.9 son dos las razones principales por las que las soluciones de cocinado contribuyen a la mitigación del cambio climático, la reducción de GEI debido al menor uso de combustibles y la reducción de emisiones de contaminantes climáticos de vida corta (CCVC) con respecto a la situación de referencia. Los CCVC son contaminantes con potencial de calentamiento cuyo ciclo de vida en la atmósfera es relativamente corto como son el carbono negro (BC según su siglas en el inglés), el metano, el ozono troposférico y los hidrofluorocarburos (HFC) (CCAC Scientific Advisory Panel, 2016).

Figura 3.9. Impactos relacionado con el cambio climático asociados a la adopción y uso de soluciones de cocinado

Fuente: Elaboración propia

3.3.1.1. Reducción de emisiones de GEI derivadas de la reducción del consumo de combustible

El consumo de combustibles sólidos para cocinar, principalmente leña, a nivel global se estima que alcanza 1.3 mil millones de toneladas, lo que supone entre 9 y el 10% de la energía primaria total consumida en el mundo (Robert Bailis et al., 2015; ESMAP et al., 2015; WHO, 2016). Esto supone una de las principales causas de degradación de bosques y de deforestación, aunque la magnitud del problema está en revisión (ESMAP et al., 2015). Este consumo genera grandes emisiones de GEI alcanzando entre 1.0-1.2 Gt de CO₂ equivalentes al año lo que supone alrededor entre el 1.5 y 3% de las emisiones globales (Robert Bailis et al., 2015; ESMAP et al., 2015).

Como ya se ha comentado anteriormente, con la instalación de soluciones de cocinado se produce una mejora en la eficiencia de la combustión, lo que supone una disminución en el consumo de combustible. A pesar de ser uno de los impactos potenciales más claros y más rápidamente percibidos por las familias (ESMAP et al., 2015), la magnitud de la reducción en el consumo de combustible asociado a la instalación de las distintas soluciones de cocinado es uno de los ámbitos donde menor evidencia existe de evaluaciones realizadas a nivel hogar (Brooks et al., 2016; M. A. Johnson et al., 2013). Esto se debe principalmente a la gran variabilidad que existe en las prácticas de cocinado y en las distintas de soluciones de cocinado existentes que provocan la necesidad de realizar estudios de terreno específicos en cada caso. Aun así, esta disminución varía de forma proporcional con la eficiencia energética de la solución de cocinado, estimando reducciones medias de leña del 25% para aquellos modelos más básicos hasta un máximo del 75% para la cocinas avanzadas que utilizan carbón como combustible (ESMAP et al., 2015).

En el caso de la leña esta disminución supondrá una reducción en la emisión de GEI, sólo cuando la biomasa leñosa utilizada sea “no renovable”. Esto se debe a que durante la combustión de la biomasa leñosa se libera dióxido de carbono (CO₂), pero cuando la biomasa utilizada es renovable (vuelve a crecer en el mismo sitio en un período de tiempo corto), este CO₂ es transformado en oxígeno (O₂) durante el proceso de fotosíntesis, quedando el carbono en la estructura celular de la biomasa. Cuando esto sucede no se puede decir que al reducir el consumo de leña gracias a una solución de cocinado se esté reduciendo CO₂ a nivel global más allá de lo que se reduciría en ausencia de la cocina. Sin embargo, cuando la biomasa extraída no es remplazada en una proporción equivalente, se considera que es no renovable. Y en ese caso, las emisiones de CO₂ no pueden ser transformadas en O₂, permaneciendo en la atmósfera en forma de GEI. Es precisamente en este caso de biomasa no renovable, cuando sí que se puede asegurar que una solución de cocinado está reduciendo las emisiones de GEI en relación a las emisiones que habría si se continuase utilizando una cocina tradicional.

En este sentido, en el estudio más reciente al respecto, Robert Bailis et al. (2015) estiman que entre el 27-34% de la leña recolectada a nivel mundial puede considerarse no renovable y que los principales puntos calientes se sitúan en el sur de Asia, África del Este y en algunos puntos

de África del Oeste. Teniendo esta fracción de biomasa no renovable en consideración, el mismo estudio apunta que la instalación de 100 millones de cocinas mejoradas, objetivo marcado por la GACC para 2020, podría reducir la emisión de GEI derivadas de la combustión de la biomasa entre un 11 y un 17% (Robert Bailis et al., 2015).

Visto lo anterior, muchos autores señalan que la inclusión de los programas de soluciones de cocinado en los mercados de carbono podrían jugar un importante papel en el apoyo a la promoción y sostenibilidad de proyectos de soluciones de cocinado (Lambe, Jurisoo, Lee, & Johnson, 2014; Lee et al., 2013; Simon et al., 2012), incluso con la incertidumbre asociada a la gran volatilidad de precio de la tonelada equivalente de carbono (Simon et al., 2014). En el momento actual, centrándose en aquellas soluciones de cocinado cuyo combustible es la leña existen las siguientes cuatro metodologías aceptadas en estos mercados (Tabla 3.8): *“Indicative Programme, Baseline, and Monitoring Methodology for Improved Cook-Stoves and Kitchen Regimes Version 2.0”* (GS, 2010), *“Technologies and practices to displace decentralized thermal energy consumption Version 2.0”* (GS, 2015a), *“Energy efficiency measures in thermal applications of non-renewable biomass Version 08”* (UNFCCC, 2016a) y *“Switch from non-renewable biomass for thermal applications by the user Version 07”* (UNFCCC, 2016b).

A pesar de que estas metodologías están consolidadas, algunos estudios (Robert Bailis et al., 2015; M. A. Johnson, Edwards, Ghilardi, Berrueta, & Masera, 2007; Michael Johnson et al., 2009; Michael Johnson, Edwards, & Masera, 2010; Lee et al., 2013) señalan la necesidad de mejorar dichos métodos en diversas áreas, especialmente en la estimación de la cantidad de combustible utilizada, de la fracción de biomasa no renovable considerada y de los factores de emisión.

Programa	Gold Standard (GS)		Mecanismo de Desarrollo Limpio	
	Indicative Programme, Baseline, and Monitoring Methodology for Improved Cook-Stoves and Kitchen Regimes	Technologies and practices to displace decentralized thermal energy consumption	Energy efficiency measures in thermal applications of non-renewable biomass	Switch from non-renewable biomass for thermal applications by the user
Versión revisada de la metodología	Version 2.0, 08/02/2010 (GS, 2010)	TPDDTEC Version 2.0, 24/04/2015 (GS, 2015a)	Version 08 (UNFCCC, 2016a)	Version 07 (UNFCCC, 2016b)
Aplicabilidad	Introducción de tecnologías/prácticas que reducen o desplazan emisiones de GEI del consumo de energía térmica en hogares, instituciones, comercios o instalaciones industriales.	Introducción de tecnologías/prácticas que reducen o desplazan emisiones de GEI del consumo de energía térmica en hogares o instalaciones no domiciliarias.	Introducción de equipos de energía térmica de alta eficiencia que utilizan biomasa no-renovable.	Introducción de tecnologías basadas en EERR que desplazan el uso de biomasa no renovable.
Medición del consumo de biomasa	Kitchen Performance Test (KPT)		Tres opciones: Kitchen Performance Test (KPT), Water Boiling Test (WBT) or Controlled Cooking Test (CCT)	
Fracción de biomasa no renovable	Evaluación cuantitativa basada en la estimación del incremento medio anual y de la recolección de biomasa leñosa para el área donde el combustible es recolectado; o evaluación cualitativa basada en imagen satélite y encuestas de campo de acuerdo con la metodología MDL AMS II.G.		Encuestas específicas para el proyecto o valores por defecto de fracción no renovable para países en desarrollo basado la evaluación a nivel nacional del incremento medio anual y de la recolección total de biomasa leñosa.	
Escenario de base	Patrones de consumo de combustible y tecnología usada por la población objetivo de la tecnología del nuevo proyecto.		Se asume la utilización de combustibles sólidos para cubrir la demanda de energía térmica.	
GEI incluidos en el análisis	Dióxido de carbono, metano y dióxido de nitrógeno		Dióxido de carbono	

Tabla 3.8. Características principales de las metodologías de cálculo de reducción de emisiones provenientes de soluciones de cocinado basadas en el uso de leña
Fuente: Elaboración propia a partir de (GS, 2010, 2015a; Lee et al., 2013; UNFCCC, 2016a, 2016b)

3.3.1.2. Mitigación del cambio climático derivadas de la reducción de emisiones de CCVC

En la combustión de combustibles sólidos, leña u otras formas de biomasa el principal CCVC emitido es el BC, un tipo primario de aerosol carbonoso que se emite, como fracción del PM_{2.5} emitido, debido a procesos de combustión incompleta (Ahmed et al., 2009).

A pesar su escasa permanencia en la atmósfera, desde unos pocos días hasta varias unas pocas décadas (IPCC, 2007), provoca el calentamiento de la atmósfera a través de diferentes procesos, como puede ser la absorción de la radiación solar, su influencia en la formación de nubes o la aceleración del proceso de derretido de la nieve o el hielo al depositarse sobre los mismo aumentando su absorción de calor (Ramanathan & Carmichael, 2008; UNEP, 2011).

En cuanto a su influencia en el calentamiento global, se estima que el BC posee un potencial de calentamiento entre 100 y 2000 veces mayor que el del CO₂, estimándose que sus emisiones totales pueden suponer el equivalente al 25-50% del calentamiento producido por el CO₂ (GACC, n.d.-b). Así mismo, la reducción de sus emisiones podría reducir el calentamiento global en 0.5°C (UNEP & WMO, 2011). Teniendo en cuenta que las emisiones de BC procedentes de la quema residencial de biomasa suponen el 20 y 25 por ciento del total de emisiones de este compuesto (ESMAP et al., 2015; Lamarque et al., 2010) las soluciones de cocinado puede jugar un papel fundamental en la acciones de mitigación asociadas al BC (de la Sota et al., 2017; GACC, n.d.-b, 2014).

Además de su posible importancia en la mitigación del cambio climático, como se verá más adelante (apartado 3.3.2.3), el BC al ser una fracción del PM_{2.5} está asociado a múltiples problemas de salud y muertes prematuras (WHO, 2016; WHO & Scovronick, 2015)

En el anterior apartado se presentaba un resumen de las diversas metodologías reconocidas internacionalmente para la determinación de la reducción de GEI derivadas de los proyectos de solucionados de cocinado. En el caso del BC solo existe una metodología aceptada bajo el marco de GS, de nombre *“Quantification of climate related emission reductions of Black Carbon and Co-emitted Species due to the replacement of less efficient cookstoves with improved efficiency cookstoves”* (GS, 2015b). Ésta debe ser utilizada conjuntamente con la metodología TPDDTEC. En la siguiente tabla se aprecian las principales características de la misma:

Versión revisada de la metodología	Versión 1.0, Marzo 2015.
Aplicabilidad	Introducción de cocinas eficientes y/o prácticas o cambio de biomasa no renovable a biomasa renovable para alcanzar los requerimientos de energía térmica para cocinar.
Medición del consumo de biomasa	Baseline Performance Field Test (BFT) o Kitchen Performance Test (KPT) en el caso de cocinas mejoradas.
Escenario de base	Patrones de consumo de combustible y tecnología usada por la población objetivo de la tecnología del nuevo proyecto.

GEI incluidos en el análisis	BC, y otras especies que se emiten junto a él como carbono orgánico (OC), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (NMVOCs).

Tabla 3.9. Características principales de la metodología de cálculo de reducción de emisiones de BC para su uso en mercados de carbono

Fuente: (GS, 2015b)

Esta metodología cuenta con una serie de limitaciones. En primer lugar, tiene como requerimiento específico que tecnología escogida alcance al menos el nivel 3 de la norma IWA en emisiones de PM_{2.5} a alta y baja potencia. Como se vio anteriormente (Figura 3.5), al menos en África son muy pocas las cocinas que cumplen con este requisito. En segundo lugar, es necesario contar con factores de emisión de BC y del resto de compuestos considerados tanto para la solución de cocinado del escenario base como para la seleccionada. La disponibilidad de estudios al respecto es limitada y la realización de los mismos es complicada debido al tipo de actividad, especialmente si los estudios se realizan en terreno (de la Sota et al., 2017; Maccarty, Ogle, Still, Bond, & Roden, 2008)

3.3.1.3. Las soluciones de cocinado en el panorama internacional de la lucha contra el cambio climático

A lo largo de los puntos anteriores se ha desgranado el papel que puede jugar el acceso a tecnologías modernas para cocinar en la lucha contra el cambio climático. Durante la redacción y posterior ratificación del Acuerdo de París, los distintos países han desarrollado unas estrategias de lucha contra el cambio climático, conocidas como Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (en inglés, *Intended Nationally Determined Contributions*, INDC) que van a implementar en los próximos años y que han a la UNFCCC. Estos documentos recogen los distintos sectores donde se actuará, incluyendo en algunos casos acciones concretas, tanto en mitigación como en adaptación al cambio climático. Obviamente, uno de los sectores que tendrá especial importancia en los países en desarrollo será el energético ya que estos, de acuerdo con lo que se recoge en el ODS 7, deberán alcanzar el acceso universal a la energía para el año 2030, como también se reconoce en el Acuerdo de París (UNFCCC, 2015a).

Teniendo en cuenta lo anterior se ha realizado un análisis de los INDC enviados hasta el momento a UNFCCC con el objetivo de conocer cómo se está considerando el acceso a energía y en especial a soluciones de cocinado en estas estrategias. El análisis (Anexo 3: Análisis de los INDC de países de África Subsahariana) se ha limitado a los países de África Subsahariana (donde se encuentran los países donde se desarrolla el caso de estudio de esta tesis) que se encontraban recogidos en el registro de la UNFCCC en Abril de 2017 (UNFCCC, n.d.).

Como se puede apreciar en la Tabla A.0.13, de los 49 países que conforman África Subsahariana sólo 31 han enviado hasta el momento sus INDC. Es muy relevante que sólo uno de los países (Botswana) no considera el sector energético y que en la mayoría de los casos, 26 países de los 30 restantes, tiene en cuenta dentro de la estrategia la necesidad de dotar de acceso a energía a gran parte de su población para el año 2030. Aunque este aspecto es considerado como uno

de los pilares fundamentales de sus estrategias de mitigación, en la mayoría de los casos la atención se centra en el acceso a la electricidad con energías renovables, de acuerdo con lo que establece el Acuerdo de París (UNFCCC, 2015a).

En cuanto a las soluciones de cocinado existe una gran variabilidad, ya que en aquellos casos donde se considera (21 países de 31) esta aparece en algunos casos como una acción de la estrategia de mitigación del sector energético, en otros casos como estrategia de mitigación del sector forestal debido a la reducción de deforestación y degradación de tierras y en otros, la minoría, se reconoce su capacidad dual como acción transversal en las estrategias de adaptación y mitigación.

3.3.2. Soluciones de cocinado y género

A continuación, una vez establecidos los potenciales impactos de la adopción de soluciones de cocinado relacionados con el cambio climático, se va a proceder a establecer aquellos potenciales que impactan que tienen una relación con la igualdad de género.

En este caso, como se puede apreciar en la Figura 3.10, estos son más variados y presentan una serie de relaciones entre ellos. En general, el punto de partida para que estos impactos se produzcan es el mismo que en el caso anterior, el aumento en la eficiencia de la combustión conduce a un menor consumo de combustible, un menor tiempo de cocinado y una menor producción de contaminantes.

Figura 3.10. Impactos relacionados con el género asociados a la adopción y uso de soluciones de cocinado

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.1. Potenciales impactos relacionados con el menor consumo de combustible

La disminución de consumo de combustible asociada a las soluciones de cocinado, a pesar de las incertidumbres acerca de su magnitud, tiene dos potenciales impactos directos: el menor tiempo empleado en la recolección del combustible necesario, actividad principalmente desarrollada por mujeres y niñas (ESMAP et al., 2015), y, en aquellos casos donde el combustible sea comprado, la disminución del gasto familiar en la adquisición de los mismos (ESMAP et al., 2015; M. Jeuland & Tan Soo, 2016).

A nivel mundial, el tiempo empleado en la recolección de combustible es variable dependiendo principalmente de la cantidad de combustible utilizada para cocinar y de las prácticas de recogida. Por lo tanto, la reducción del tiempo asociada a la implementación de soluciones de cocinado también varía. ESMAP et al. (2015) realizó un análisis sistemático del tiempo empleado en la obtención de combustibles a partir de encuestas nacionales de más de 70 países, obteniendo una media de 1.3 horas por días con un rango que variaba desde los 30 minutos hasta las 6 horas. Aun así, en muchos casos también existen grandes variabilidades en estos tiempos a nivel país por lo que es necesario, como ya se señaló anteriormente, realizar estudios a nivel hogar.

Obviamente, este tiempo supone un coste en términos de usos productivos por el tiempo dedicado a la recolección y preparación del combustible que se estima a en 60 millones de años perdidos anualmente y ciertas estimaciones aseguran que la mitad de este tiempo podría dedicarse a actividades productivas (ESMAP et al., 2015).

Figura 3.11. Tiempo empleado en horas en la recolección de combustibles en varios países por género

Gris claro: Hombres, Gris oscuro: Mujeres

Fuente: (ESMAP et al., 2015)

En cuanto a los roles de género en la obtención del combustible, esta tarea en los países en desarrollo ha sido asumida por las mujeres con la ayuda de los niños (ESMAP et al., 2015; Y. Lambrou & Piana, 2006). Por lo tanto, el tiempo perdido y el coste de oportunidad asociado se les pueden atribuir mayoritariamente. En este caso, también existen variaciones geográficas que dependen principalmente de las características socio-culturales de cada zona del mundo dando lugar a diversos rangos de participación de los hombres en estas actividades (Figura 3.11).

Además de los costes en términos productivos del tiempo empleado en la recolección, en muchos lugares del mundo la totalidad o parte del combustible usado por las familias debe comprarse. Como se puede apreciar en la siguiente figura, dicha factura puede alcanzar alrededor de los 100.000 millones de USD:

Figura 3.12. Gasto global en dólares asociado a combustibles para cocinar
Fuente: (ESMAP et al., 2015)

Como se puede apreciar en la figura, apenas la mitad corresponde combustibles sólidos que serían los costes que podrían ser evitados por las familias gracias a la introducción de soluciones de cocinado más eficientes que las actuales. En cuanto a la proporción del gasto familiar dedicado al combustible este varía ampliamente a lo largo del globo y obviamente depende de la media de ingresos de la familia. En general, la población urbana dependiente de combustibles sólidos y los sectores más pobres son aquellos que soportan una carga económica mayor en sus presupuestos familiares, especialmente en las épocas de lluvia donde el precio de los combustibles se puede hasta doblar (ESMAP et al., 2015).

3.3.2.2. Potenciales impactos con el menor tiempo empleado en cocinar

La disminución del tiempo de cocinado asociada a las soluciones de cocinado es un potencial impacto directamente relacionado con los roles de género en el hogar. En este caso, toda la

carga de trabajo asociada a esta actividad recae sobre las mujeres (Figura 3.13) y supone alrededor de unos 80 millones de años productivos perdidos anualmente que podrían reducirse ampliamente con la instalación de soluciones de cocinado.

Figura 3.13. Tiempo empleado en horas en el cocinado de alimentos en varios países por género
 Gris claro: Hombres, Gris oscuro: Mujeres
 Fuente: (ESMAP et al., 2015)

Además, como se verá en el siguiente apartado, el hecho que las mujeres sean las responsables de cocinar provoca que pasen largos periodos de tiempo en ambientes con una alta concentración de contaminantes que genera numerosos impactos en salud.

3.3.2.3. Potenciales impactos relacionados con la menor producción de contaminantes

Las emisiones de contaminantes durante la quema de combustibles sólidos son el resultado de una combustión incompleta que se produce por unas condiciones de combustión ineficientes. La cantidad y características de los contaminantes generados dependen de múltiples factores entre los que destacan: tipo de combustible, condiciones de la combustión (temperatura, flujo de aire y humedad ambiente), modo de combustión y el tipo de cocina empleada.

Esta emisión de compuestos genera altos niveles de contaminación dentro de las viviendas lo que produce una serie de impactos en salud, especialmente para las mujeres que cocinan y los niños (Desai, Mehta, & Smith, 2004; WHO, 2006a, 2016).

Los principales contaminantes derivados de la combustión de combustibles sólidos son el CO, el PM y el dióxido de nitrógeno. En la Tabla 3.10, se muestran los valores límite fijados en las directrices de la OMS que no se deberían superar en los periodos de tiempo establecidos para estos contaminantes y los principales impactos de salud asociados.

Contaminante	Efectos Observados	Valor de referencia ²
CO	Reducción en la tolerancia al ejercicio y aumento de síntomas en personas con problemas isquémicos del corazón.	• 15 min – 100 mg/m³ = 87.3 ppm • 1 hora – 35 mg/m³ = 30.6 ppm • 8 horas – 10 mg/m³ = 8.7 ppm • 24 horas – 7 mg/m³ = 6.1 ppm
PM ³	Efectos en los sistemas respiratorio y cardiovascular (principalmente ALRI en menores de 5 años y COPD en mujeres mayores de 30 años)	• PM_{2.5}: 10 µg/m³ (media anual) 25 µg/m³ (media 24-h) • PM₁₀: 20 µg/m³ (media anual) 50 µg/m³ (media 24-h)
NO ₂	Síntomas respiratorios, broncoconstricción, incremento en la reactividad bronquial, inflamación de las vías respiratorias y disminución en las defensas inmunes, aumentando la susceptibilidad a inflamaciones respiratorias	• Media en 1 hora: 200 µg/m³ • Media anual: 40 µg/m³

Tabla 3.10. Valores límites fijados para contaminantes según las Directrices de la OMS
Fuente: Elaboración propia a partir de (WHO, 2006b, 2010, 2014b)

En la literatura internacional existe numerosa evidencia de las consecuencias para la salud de esta exposición a contaminantes como puede verse en la siguiente tabla. Esta evidencia está especialmente demostrada para las infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores para niños menores de 5 años (ALRI, Acute Lower Respiratory Infections) y para las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas en hombres y mujeres mayores de 30 años (COPD, Chronic obstructive pulmonary disease) y el cáncer de pulmón debido a la exposición del humo procedente de la combustión de carbón:

Evidencia	Consecuencias para la salud	Grupos (por sexo y edad en años)
Fuerte	- ALRI	- Niños menores de 5 años.
	- COPD	- Mujeres mayores de 30 años.
	- Cáncer de pulmón	- Mujeres mayores de 30 años.
Moderada-I	- COPD	- Hombres mayores de 30 años.
	- Cáncer de pulmón	- Hombres mayores de 30 años.
Moderada-II	- Cáncer de pulmón	- Mujeres mayores de 30 años.
	- Asma	- Niños entre 5 y 14 años.
	- Asma	- Todos los grupos a partir de 15 años.
	- Cataratas	- Todos los grupos a partir de 15 años.
	- Tuberculosis	- Todos los grupos a partir de 15 años.

Tabla 3.11. Evidencia para distintos aspectos en salud asociados a la contaminación intra-domiciliar
Fuente: (Desai et al., 2004)

Además de estos impactos principales existen diversos estudios que han cuantificado otra serie de impactos a tener en cuenta en regiones concretas del mundo como la presión sanguínea de

² Para el CO, se incluyen los valores en partes por millón (ppm) para facilitar la comparación directa con los resultados presentados en el apartado 5.5. La conversión se ha realizado a P=760 mm columna de Hg y T=25°C

³ WHO *Air quality guidelines* 2005. Estos estándares se desarrollaron a partir de estudios epidemiológicos relacionados con concentraciones en el aire exterior pero las directrices reconocen que puede ser utilizados para concentraciones de contaminantes intra-domiciliarios (WHO, 2006b).

la mujeres expuestas (McCracken, Smith, Díaz, Mittleman, & Schwartz, 2007) o el bajo peso de recién nacidos expuestos a estos contaminantes durante el embarazo (Thompson et al., 2011).

De todos estos impactos antes señalados, donde mayor incidencia se ha puesto internacionalmente por su importancia es en la concentración de PM existente en las cocinas. No fue hasta 2005, que la OMS fijó un valor de referencia para las partículas en suspensión (PM) (WHO, 2006b). Además del valor guía, la OMS define tres objetivos intermedios (OI) que se presentan en la siguiente tabla. Se ha demostrado que éstos se pueden alcanzar con medidas sucesivas y sostenidas de reducción. Los países pueden encontrar estos valores intermedios particularmente útiles para calcular los progresos con el paso del tiempo en el difícil proceso de reducir constantemente la exposición de la población al material particulado.

Referencia temporal	Objetivo Intermedio	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	Fundamento
Anual	OI-1	70	35	Niveles asociados con un riesgo de mortalidad a largo plazo alrededor de un 15% mayor que con el nivel de las directrices
	OI-2	50	25	Reducen el riesgo de mortalidad prematura en un 6% aproximadamente [2- 11%] en comparación con el nivel del OI-1
	OI-3	30	15	Reducen el riesgo de mortalidad en un 6% [2-11%] aproximadamente en comparación con el nivel del OI-2.
24 horas	OI-1	150	75	Incremento de alrededor del 5% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las directrices
	OI-2	100	50	Incremento de alrededor del 2,5% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las directrices
	OI-3	75	37.5	Incremento de alrededor del 1,2% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las directrices

Tabla 3.12. Guías de calidad del aire y objetivos intermedios para el material particulado de la OMS
Fuente: (WHO, 2006b)

Como se ha detallado, estos impactos están directamente relacionados con la concentración de contaminantes en el interior de las viviendas. El número de estudios al respecto es muy amplio, siendo el impacto de las soluciones de cocinado que más ha sido estudiado, y, como se verá posteriormente (apartado 4.8) existen metodologías asentadas para la medición de contaminantes en el interior de viviendas que utilizan combustibles sólidos para cocinar (R. Edwards, Hubbard, Khalakdina, Pennise, & Smith, 2007).

Principalmente estos estudios se han centrado en el estudio del CO y el PM_{2.5}, aunque en los últimos años han aumentado el número de estudios que analizan otras fracciones del material particulado, especialmente la ultrafina por ser la más representativa en el PM_{2.5} y porque sus impactos en salud son mayores que para otros rangos (Rapp, Caubel, Wilson, & Gadgil, 2016).

Los resultados de estos estudios son muy variados, ya que la dependencia en el modelo, tipo y características del combustible, condiciones socio-culturales en el uso y características del habitáculo utilizado para cocinar tiene una alta influencia en las concentraciones (Jetter & Kariher, 2009; Yamamoto, Louis, Sié, & Sauerborn, 2014).

Finalmente, para la determinación cuantitativa de los impactos en salud antes señalados, producidos por la contaminación en el interior del hogar existen varias alternativas metodológicas dependiendo de la disponibilidad de datos existente. Como se puede apreciar en la Tabla 3.13, una de ellas se basa en la utilización de las concentraciones de contaminantes.

Aproximación	Metodología	Datos usados
Basado en contaminantes	Extrapolación en base a la exposición-respuesta	- Estimación de la exposición a contaminantes indicativos, normalmente PM. - Relaciones exposición-respuesta a partir de estudios epidemiológicos. - Tasas de morbilidad y mortalidad.
Basado en el combustible	Suma enfermedad por enfermedad	- Estimación de la distribución de la exposición a través de un proxy, normalmente el tipo de combustible. - Riesgo relativo de estudios para enfermedades específicas en poblaciones específicas experimentando la exposición anterior. - Tasas de morbilidad y mortalidad.
Supervivencia infantil	Análisis de supervivencia	Curvas de supervivencia de diferentes factores de riesgo basadas en encuestas a nivel hogar.
Transnacional	Análisis mediante regresiones	Comparación entre países de datos a nivel nacional sobre condiciones de salud y energía.

Tabla 3.13. Métodos de evaluación para determinar las cargas de morbilidad medio ambiental del uso de combustibles sólidos

Fuente: (Desai et al., 2004)

A estos métodos, para los cuales se deben utilizar en muchos casos datos no pertenecientes a la zona de estudio y realizar varias suposiciones, había que añadir los ensayos controlados aleatorios, que permiten obtener la reducción en la prevalencia de las enfermedades asociadas a la contaminación intra-domiciliar mediante grupos de control y tratamiento. Este método es el que arroja las evidencias más robustas según Guy Hutton & Rehfuess, 2006.

3.3.2.4. Coste económico asociado a las soluciones de cocinado

El amplio número de personas dependiente de usos tradicionales de la biomasa para cocinar tiene importantes costes económicos asociados a los impactos negativos que este produce. En base a una amplia revisión bibliográfica y estimaciones globales, ESMAP et al. 2015 determina que este coste puede suponer 123 mil millones de dólares (USD) anuales (22-224 mil millones de USD) en términos económicos, de los cuales entre 38-40 mil millones se corresponden con el gasto en combustibles para cocinar, de los cuales muchos son evitables. Pero además, suponen también costes en términos de usos productivos por el tiempo dedicado a la recolección de

combustible (140 millones de años perdidos anualmente en la recolección y el tiempo de cocinado) o las muertes anuales (4.3 millones) o el número de DALYs (110 millones) derivados de los impactos en salud.

Existe una gran número de estudios que señalan los costes y beneficios asociados con las adopción de soluciones de cocinado (M. Jeuland, Pattanayak, & Bluffstone, 2015; S. Malla & Timilsina, 2014). Algunos de estos estudios han sido realizados a nivel mundial (G. Hutton, Rehfuess, & Tediosi, 2007; G. Hutton, Rehfuess, Tedioso, & Weiss, 2006; M. Jeuland & Tan Soo, 2016) pero como señalan Brooks et al. los estudios en condiciones reales son limitados limitándose a proyectos concretos en algunos países como Kenia, Sudán y Nepal (M. B. Malla, Bruce, Bates, & Rehfuess, 2011), Uganda (Habermehl, 2007), Malawi (Habermehl, 2008), México (García-Frapolli et al., 2010), Ghana (Afrane & Ntiamoah, 2012) o en comunidades rurales andinas (Garfí, Ferrer-Martí, Velo, & Ferrer, 2012).

3.3.2.5. Las soluciones de cocinado y el género en el panorama internacional de la lucha contra el cambio climático

En este apartado se ha desgranado cuáles son los impactos potenciales de las soluciones de cocinado prestando especial atención a la igualdad de género, mientras que en el apartado anterior (apartado 3.3.1.) se presentó su potencial en la lucha contra el cambio climático, donde se señaló cómo estas soluciones están siendo consideradas en el panorama internacional a través de los INDC de los países de África Subsahariana (Tabla A.0.13).

Teniendo en cuenta esto, se ha continuado el análisis anterior procediendo de manera similar con el objetivo de conocer si en los INDC, además de considerar las soluciones de cocinado, se han considerado los otros impactos potenciales y cómo se trata la igualdad de género en los mismos (Tabla A.0.14 en el Anexo 3: Análisis de los INDC de países de África Subsahariana). Esto es de suma importancia, especialmente en las estrategias de mitigación, ya que como se estableció en el Capítulo 2 las mujeres normalmente solo son consideradas como víctimas del cambio climático y se les toma en cuenta mayormente como beneficiarias de las estrategias de adaptación. Además, la inclusión del género en estas estrategias será fundamental para lograr un desarrollo sostenible y equitativo, y por tanto los ODS (Aguilar et al., 2015; IUCN, 2016).

En dicha tabla se puede apreciar como los potenciales impactos asociados a las soluciones de cocinas sólo se consideran en algunos casos concretos, donde cabe mencionar Burkina Faso, Costa de Marfil, Ghana, Ruanda y Zambia.

Con respecto a la consideración del género, se confirma que las limitaciones señaladas en el Capítulo 2 acerca de la consideración del género en la lucha contra el cambio climático no se han superado tras el Acuerdo de París. En la mayor parte de los casos, el género sólo se considera dentro de las estrategias de adaptación o simplemente como un factor a tener en cuenta en la estrategia, sin especificación alguna de cómo esto se va a llevar a cabo. De esta manera, los

resultados del análisis indican que sólo en dos países se puede decir que se tienen en cuenta los vínculos entre las soluciones de cocinado, la mitigación del cambio climático y el género.

3.4. Conclusiones

A lo largo del presente capítulo se han desglosado los potenciales impactos que tienen las soluciones de cocinado sobre la lucha contra el cambio climático y la igualdad de género.

En el mismo se ha visto que la relación entre la adopción de distintas soluciones de cocinado tienen una relación directa, aunque sigan existiendo incertidumbres en algunos puntos, con la mitigación del cambio climático. Este potencial de mitigación depende de la diferencia entre la situación de referencia, es decir las emisiones producidas por la tecnología de cocinado utilizada previamente, y la situación con la nueva tecnología, las emisiones producidas tras la adopción de la solución de cocinado. Es en el primer punto donde existen las mayores incertidumbres ya que es necesario estudiar los niveles de contaminación y emisiones asociados a las cocinas tradicionales.

Además, también se han detallado aquellos potenciales impactos que tienen una relación directa con la igualdad de género. En general, se puede llegar a la conclusión que estos potenciales impactos y su relación con el género han sido ampliamente estudiados, especialmente en el caso de los impactos salud. Aun así, en aquellos que tienen una relación directa con la generación de oportunidades para las mujeres, como pueden ser la reducción en el tiempo empleado en actividades relacionadas con el cocinado, es necesario profundizar y realizar estudios a nivel de proyecto que aumenten la disponibilidad de datos en distintas zonas geográficas.

Por otro lado, el análisis de la consideración de soluciones de cocinado en las estrategias de lucha contra el cambio climático en países de África Subsahariana arroja unas conclusiones esclarecedoras. Estas estrategias consideran las soluciones de cocinado con distintos niveles de importancia, pero los potenciales impactos asociados a las mismas sólo se consideran en algunos casos concretos. Además, en todos los casos obvian el papel activo que las mujeres pueden jugar en las estrategias de mitigación y por tanto su capacidad para contribuir a la igualdad de género y los potenciales impactos no son desagregados por sexo.

A esto hay que sumar, que apenas existan estudios donde se aborden los potenciales impactos de estas soluciones de manera integral. Algunos estudios se centran en un impacto concreto como el cambio climático (Jerneck & Olsson, 2013; M. A. Johnson et al., 2007; Michael Johnson et al., 2010; Lee et al., 2013), la emisión de contaminantes y sus impactos en la salud (Aunan et al., 2013; Chowdhury et al., 2012; Desai et al., 2004; R. D. Edwards et al., 2007; Naeher, Smith, Leaderer, Mage, & Grajeda, 2000; Yu, 2011) o la disminución en el consumo de combustible (Brooks et al., 2016; García-Frapolli et al., 2010; M. A. Johnson et al., 2013). En otros casos, cuando se analizan varios impactos a la vez estos se centran principalmente en la relación entre

los impactos climáticos, los medioambientales (principalmente la deforestación) y los impactos en salud (Akbar et al., 2011; Anenberg et al., 2013; M. A. Jeuland & Pattanayak, 2012; M. A. Johnson & Chiang, 2015; WHO & Scovronick, 2015). Finalmente aquellos estudios que analizan el amplio rango de impactos existentes, mayormente de organismos internacionales, analizan el género como una categoría más de estos impactos (ESMAP et al., 2015; WHO, 2016) o analizan los costes y beneficios económicos del uso de fuentes tradicionales de la biomasa o de la adopción de soluciones de cocinado a nivel mundial (G. Hutton et al., 2007, 2006; M. Jeuland et al., 2015; M. Jeuland & Tan Soo, 2016).

Capítulo 4. Metodología

Figura 4.1. Estructura General de la tesis
Fuente: Elaboración propia.

4.1. Introducción

Tras la revisión del estado del arte realizada en los dos capítulos anteriores, en este capítulo se presenta el proceso metodológico que se ha seguido para alcanzar los objetivos de este estudio.

En primer lugar se introduce el caso de estudio (apartado 4.2), un gran proyecto realizado por la ONG española Alianza por la Solidaridad (ApS) en la subregión natural de la Casamance, compartida por Senegal, Gambia y Guinea Bissau, el cual tenía como una de sus principales áreas de trabajo la mejora de la eficiencia energética en los hogares mediante la sustitución de cocinas tradicionales por cocinas mejoradas de biomasa.

Considerando las características del caso de estudio y el análisis y conclusiones del Capítulo 3, se presenta el proceso metodológico seguido en el caso de estudio (apartado 4.3).

A continuación se detalla el proceso de selección de comunidades donde se realizó el trabajo de campo (apartados 4.4) y se desarrollan las metodologías elegidas para su aplicación especificando la forma de aplicación y suposiciones tomadas en cada caso (apartados 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10).

4.2. Caso de estudio

El objeto de estudio de la esta investigación se ha centrado en la subregión natural de la Casamance en África Occidental compartida por Senegal, Gambia y Guinea Bissau. Los tres países cuentan con un Índice de Desarrollo Humano bajo y bajas tasas de acceso a energía:

País	Población	IDH 2015	Posición IDH 2015	Población sin acceso a electricidad		Población dependiente de fuentes tradicionales de la biomasa
				Urbano	Rural	
Senegal	15.1	0.494	162 de 188	88%	40%	61%
Gambia	2.0	0.452	173 de 188	66%	13%	95%
Guinea Bissau	1.8	0.424	178 de 188	37%	6%	98%

Tabla 4.1. Datos básicos de los países objeto del estudio

Fuente: (IEA, 2016a, 2016b; UNDP, 2016)

La subregión, aunque se encuentra dividida entre tres países, presenta unas características geográficas y étnicas comunes así como una problemática similar en los tres países. La misma se caracteriza por un alto nivel de pobreza, desnutrición y analfabetismo, con especial prevalencia en las mujeres, todo esto a pesar del potencial existente de recursos naturales y productivos. Aun así este potencial se ve amenazado especialmente por la gran deforestación existente en la zona, la disminución de lluvias provocada por el cambio climático, la salinización de la tierra y el acaparamiento de tierras (APS, n.d.-a, n.d.-b, n.d.-c, 2016).

En este contexto, entre 2011 y 2016 la ONG española APS y sus socios locales, Forum pour un Développement Durable et Endogène (FODDE) en Senegal, Agency for the Development of

Women and Children (ADWAC) en Gambia y Association pour la Promotion d'un Développement Local Intégré (APRODE) en Guinea Bissau, han llevado adelante el Convenio “Contribución a la seguridad alimentaria y la gobernanza medioambiental (SAGE) en Senegal, Gambia y Guinea Bissau” con financiación de la AECID. A lo largo de estos años se han realizado actividades que han beneficiado a un total de 3378 aldeas y alrededor de 112300 personas (APS, 2016)

Teniendo como objetivo final la reducción de la pobreza y la mejora de los niveles de vida, especialmente de mujeres y jóvenes, el convenio actuaba bajo una perspectiva de organización territorial en la promoción de la soberanía alimentaria y la gobernanza medio ambiental transfronteriza (APS, 2013; García, 2015). Las acciones propuestas en el mismo se agrupaban en torno a los siguientes resultados (APS, 2013):

- R1. Mejorada la gestión y planificación del territorio a través del apoyo y refuerzo de los planes estratégicos del territorio y empoderamiento de la población y autoridades públicas en su gestión.
- R.2. Mejorada la seguridad alimentaria de las poblaciones rurales de Kolda (Senegal), Bafata (Guinea Bissau), North and South Bank (Gambia) empoderando a grupos de mujeres y jóvenes
- R.3. Mejorada la gestión de los Recursos Naturales a través del manejo sostenible de los recursos forestales y el aumento en la eficiencia del consumo de combustibles leñosos.
- R.4. Educación para el Desarrollo. Sensibilizados los actores de la cooperación y realizadas acciones de incidencia política dirigidas a los responsables políticos a nivel internacional, regional, nacional y local, sobre la relación entre la gestión sostenible de los recursos naturales en África Occidental como estrategia de lucha contra la pobreza y el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la desertificación.

Dentro de las actividades englobadas en el R.3 se prestó especial atención a las acciones de mejora de la eficiencia energética en el ámbito familiar y comunitario a través de la implementación de cocinas mejoradas (APS, 2013). Es en esta actividad concreta donde se centra la investigación que se presenta en esta tesis doctoral.

La estrategia elegida en este caso para la mejora de la eficiencia energética fue la instalación de una solución de cocinado. En concreto, se optó por el cambio de la cocina tradicional de leña (cocina de tres piedras) por una cocina mejorada tipo rocket manteniendo la leña como combustible (ver Figura 3.4).

La elección de los modelos de cocina a instalar fue realizada a partir de talleres participativos realizados en distintas comunidades con mujeres líderes. Esta selección dos tipos de cocinas a ser instaladas en cada hogar, Noflaye Jeeg y Noflaye Jaboot, cuyas características, suministradas por el fabricante, pueden verse en la Tabla 4.2. En el momento de la realización de la investigación estas cocinas no había sido sometidas a pruebas contraladas de laboratorio por lo que no se dispone de datos fiables sobre el desempeño de la misma.

Nombre de la CM	Noflaye Jeeg	Noflaye Jaboot
Foto		
Combustible	Madera	
Reducción en el uso de combustible	45 a 50%	
Esperanza de vida	5 años	6 años

Tabla 4.2. Características de los modelos de cocinas mejoradas utilizados por el convenio
Fuente: (PRODER, 2011)

La implementación de las cocinas mejoradas comenzó a finales del año 2012, alcanzando un total de 23723 unidades instaladas al finalizar el convenio (APS, 2016). En cuanto al alcance de esta investigación, la misma se ha limitado a la implementación en la zona de intervención 1 del convenio que se llevó a cabo durante el año 2013. En este mismo año se realizó el trabajo de campo necesario para la recogida de datos e información utilizados en las metodologías que se presentan a continuación, concretamente en el momento inicial de la implementación.

La zona de intervención 1 del convenio cubría un total de 5432 hogares repartidos de la siguiente manera entre los tres países:

País	Nº de hogares	Noflaye Jeeg	Noflaye Jaboot
Senegal	1781	1781	1781
Gambia	2943	2943	2943
Guinea Bissau	708	708	708
Total	5432	5432	5432

Tabla 4.3. Nº total de cocinas consideradas en el análisis
Fuente: Elaboración propia

4.3. Aproximación metodológica de la tesis doctoral

A la hora de realizar la aproximación metodológica a la presente tesis doctoral se han seguido una serie de consideraciones.

En primer lugar, se ha optado por realizar un abordaje integral de los impactos de la adopción de soluciones de cocinado producidas en un caso de estudio real (apartado 4.2) con el objetivo de superar algunas de las limitaciones de los estudios existentes en este campo, señaladas en las conclusiones del Capítulo 3. Además de superar estas limitaciones, esta aproximación contribuye a aumentar el conocimiento en alguna de las áreas menos estudiadas como la disminución en el consumo de combustible o la disminución del tiempo empleado en actividades relacionadas con el cocinado en condiciones reales (Brooks et al., 2016), en una de las regiones del mundo con menores estudios acerca de los impactos de soluciones de cocinado.

En segundo lugar, y totalmente relacionado con el punto anterior, a la hora de la elección de las metodologías empleadas en cada caso, se ha optado por la aplicación de metodologías ampliamente utilizadas en el sector y que son reconocidas por la GACC (GACC, 2015). Además, tal y como recomienda Stanistreet et al. (2015), se ha optado por la aplicación de métodos mixtos, cualitativos y cuantitativos, ya que la elección de un único método dará lugar a una aproximación incompleta.

Por último, la aplicación de las distintas metodologías y el análisis de los datos se ha realizado en todo momento teniendo en cuenta que los resultados obtenidos debían tener una aplicación práctica en la continuación de las actividades del convenio una vez finalizada la investigación. Además, esta se centró únicamente en los impactos potenciales derivados de la adopción y uso de las cocinas como se estableció previamente.

Por razones metodológicas, el trabajo de campo tuvo que realizarse acompasado con la implementación, de manera que se pudiera contar con datos en los mismo hogares antes y después del cambio de cocina. Atendiendo a esta consideración y de acuerdo con los trabajadores del convenio se decidió centrar el análisis en 2 comunidades de cada país: Colondito Fouta y Diabougou en Senegal, Brikama Ba y Ker Ardo en Gambia, Helacunda y Sissaucunda Samanco en Guinea Bissau. Esto supuso una limitación en cuanto al alcance de la investigación, limitado a la zona de intervención 1, ya que la instalación de cocinas solo se había llevado a cabo en dicha zona y la estrategia de implementación de cocinas para el resto del convenio aún no estaba decidida. En base a esto se consideró oportuno no extrapolar los datos obtenidos a la totalidad de cocinas instaladas al finalizar al convenio.

Figura 4.2. Proceso metodológico seguido en la tesis doctoral
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta todo lo anterior, en la Figura 4.2 se puede apreciar el proceso metodológico concreto seguido en la tesis. Este proceso se basa en el análisis de los cambios producidos entre

la situación de partida, hogares cocinando con cocinas tradicionales, y la situación después de la intervención realizada por el convenio, hogares utilizando una cocina mejorada.

En primer lugar, se caracteriza el combustible utilizado por las familias previamente a la actuación del convenio como punto de partida del análisis (apartado 4.5).

En segundo lugar, se analizan los beneficios sociales (apartado 4.6). En este apartado se analizan en primer lugar las prácticas de cocinado y obtención de combustible, teniendo en cuenta los roles de género en el análisis. Posteriormente se analiza, el consumo de combustible, el tiempo empleado en su obtención y el tiempo empleado en cocinar antes y después de la intervención.

En tercer lugar, se realiza el cálculo de la reducción de emisiones de GEI siguiendo la metodología *“Indicative Programme, Baseline, and Monitoring Methodology for Improved Cook-Stoves and Kitchen Regimes Version 2.0”* de Gold Standard (a partir de ahora GS V.02) (GS, 2010) (apartado 4.7). Como parte de esta metodología se analiza también si la biomasa utilizada en la zona puede considerar no renovable.

En cuarto lugar, se realiza un estudio de las concentraciones de contaminación intradomiciliar, en concreto de CO y PM, mediante la instalación de medidores en distintas hogares antes y después de la instalación de las cocinas mejoradas (apartado 4.8). Los resultados obtenidos en la campaña de medición son tratados estadísticamente para la obtención de las concentraciones más significativas, las diferencias entre ambos modelos de cocinas y para la evaluación de la influencia en la misma de algunos parámetros.

En base a los resultados del apartado anterior, se procede al cálculo de los impactos en salud derivados de la reducción en dichas concentraciones en términos del número de casos evitados en las enfermedades consideradas para los distintos grupos de edad y sexo (apartado 4.9).

Finalmente, todos los resultados obtenidos previamente son monetizados para la realización de un análisis coste-beneficio. Esto nos ha permitido tener en unidades comunes los impactos generados por el convenio, proveyendo además de información valiosa de cara la justificación de la intervención y para determinar la estrategia a seguir por el convenio en las siguientes fases de implementación (apartado 4.10).

4.4. Selección de comunidades y nº de viviendas

La zona de intervención del convenio es una región amplia con un gran número de comunidades y con características culturales muy diferentes, por lo que fue necesario hacer una selección de las comunidades en las que realizar el trabajo de campo para la obtención de la información necesaria para la aplicación de las distintas metodologías.

Para la selección de las comunidades participantes en el estudio, proceso llevado a cabo entre el investigador y los responsables del convenio, se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- Asegurar una representatividad de la casuística socio-cultural de las distintas comunidades objeto en la zona de intervención de manera que se asegurara la representatividad por país, tipo de cocinas (cocina utilizada y ubicación) y otros factores asociados principalmente al uso de la leña.
- Plan de diseminación de cocinas mejoradas en la zona de intervención establecido por el convenio.
- Ubicación de las comunidades, teniendo en cuenta la disponibilidad temporal y los medios de transporte disponibles para los traslados.
- Criterios específicos referidos a las distintas metodologías, especialmente aquellos establecidos en los protocolos de actuación para la instalación de los medidores de contaminantes.

Para ello, en primer lugar se delimitó el posible grupo de comunidades a aquellas que ya tuvieran cocinas instaladas en el momento de realizar la investigación (Tabla 4.4). Esta consideración se tomó porque los habitantes de las comunidades ya tenían conocimiento del funcionamiento de las cocinas y las posibles mejoras producidas, lo que permitiría asegurar la validez de los resultados.

País		
Senegal	Gambia	Guínea-Bissau
Diyabougou	Brikama-ba	Sissaucunda Samanco
Hamdalaye	Sare Luba	Cupuda
Niangure	Ker Ardo	Colondinto
Pring	Mandorry	Helacunda
Colondito Fouta		
Demoussor		

Tabla 4.4. Comunidades con nuevos modelos de cocinas instalados al inicio de la investigación
Fuente: Elaboración propia a partir de información de la ONG implementadora

Con el fin de concretar las comunidades en las que realizar la investigación, se preparó un cuestionario que se pasó a los técnicos y animadores del convenio en cada país. Las preguntas, que se recogen en la Tabla 4.5, tenían como objetivo identificar las peculiaridades de cada comunidad con el fin de establecer patrones comunes para cada región. Los criterios sirvieron para establecer diferencias y similitudes entre las comunidades y agrupar las comunidades en clúster. Para cada clúster se eligió una comunidad participante en el estudio.

PREGUNTAS	
1	Número de miembros de la familia
2	¿Hay otros usos del combustible?
3	Tipo de combustible
3b	Tipo de leña
4	¿Se paga por el combustible?
5	¿Se paga por el transporte?
6	Horas dedicadas a la recolecta al día

7	Horas de uso de la cocina al día
8	Presencia de niños en el entorno de cocina
9	Lugar de cocina
10	Almacenamiento de leña

Tabla 4.5. Preguntas para establecer las agrupaciones de comunidades por país

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos y considerando otras cuestiones de tipo socio-cultural se decidió llevar a cabo el estudio en las comunidades que figuran en la Tabla 4.6.

Comunidad seleccionada	Nº de familias
Senegal	
Diyabougou	150
Colondito Fouta	40
Gambia	
Brikamaba	430
Ker Ardo	170
Guinea Bissau	
Sissaucunda Samanco	26
Helacunda	11

Tabla 4.6. Comunidades seleccionadas para el estudio

Fuente: Elaboración propia

4.5. Caracterización del combustible

El objetivo principal de este apartado es estudiar los combustibles utilizados para cocinar en las comunidades rurales beneficiarias del convenio antes de la intervención. Para identificar las mejoras esperadas por la instalación de las cocinas es necesario, en primer lugar, conocer el tipo de combustible que se utiliza en las distintas comunidades donde éstas se van a instalar, debido a su importancia tanto para los beneficios socio-económicos esperados, como para la reducción de GEI. En este sentido, se seleccionaron los siguientes aspectos para caracterizar de manera general los combustibles:

- Tipo de combustible (leña, carbón vegetal, carbón, residuos agrícolas, etc.)
- Especie vegetal
- Humedad del combustible

Para ello se establecieron las siguientes necesidades de información y se diseñó un cuestionario que fue aplicado en 66 hogares repartidos en las 6 comunidades objeto del estudio:

Necesidad de Información	Instrumento de Recogida	Manera de Aplicación
Tipo de combustible	Cuestionario	Aplicado a técnicos o animadores que daban una respuesta genérica para toda la comunidad
Especie vegetal	Cuestionario	Aplicado a técnicos o animadores que daban una respuesta genérica para toda la comunidad
Humedad del combustible	Observación	Dato observado en terreno

Tabla 4.7. Necesidades de información: Caracterización del combustible

Fuente: Elaboración propia

4.6. Análisis de beneficios sociales

Para el análisis de los múltiples beneficios sociales en el momento de realizar la investigación no existía ninguna metodología consolidada. Durante el año 2016, la GACC publicó su guía para el análisis de estos potenciales impactos (GACC & ICRW, 2016) donde los caracterizaba (Figura 3.7). Así mismo desarrolló una serie de indicadores a tener en cuenta.

Como ya se comentó, la metodología de esta tesis se elaboró previamente al desarrollo de dichos indicadores por lo que a continuación se realiza un análisis de los mismos y se relacionan con cómo han sido utilizados en esta tesis (Tabla 4.8).

Como se puede constatar en la Tabla 4.8, la mayoría de los indicadores que la GACC considera que deben ser analizados a la hora de evaluar los beneficios sociales de las soluciones de cocinado fueron también incluidos dentro de esta investigación. En algunos casos, estos han sido tratados con menos profundidad que lo requerido por la GACC, ya sea por la características del caso de estudio o por que no se contó con ciertas especificaciones que si se recoge este marco. Además, algunos indicadores fueron recogidos en otras secciones del documento y no específicamente en la de beneficios sociales.

Indicador	Uso dado en la tesis
Uso/adopción y tiempo de cocinado	
Uso/adopción	
Porcentaje de usuarios de cada solución de cocinado primaria en cada una de las actividades de cocinado	No aplica en esta investigación. Solo hay único sistema.
Porcentaje de usuarios de cada solución de cocinado secundaria/terciaria en cada una de las actividades de cocinado	
Número medio de minutos requeridos para las tareas de cocinado con cada solución de cocinado por semana	
Tiempo de cocinado	
Número medio de minutos requeridos para cada tarea de cocinado cada semana	No analizado.
Número medio de minutos requeridos para todas las tareas de cocinado cada semana	Analizado en este mismo apartado, en este caso por día.
Cocinado: dinámicas, trabajo y seguridad y salud	
Dinámicas de cocinado	
Porcentaje de hogares en los que varios miembro están envueltos en el cocinado	Analizado en este mismo apartado.
Porcentaje de hogares en los que se realizan otras tareas mientras se cocina	
Porcentaje de hogares en los que el hombre participa en el cocinado	
Porcentaje de usuarios que señalan que necesitan menos tiempo para cocinar desde la instalación de la solución	
Usos principales a los que se da a el tiempo ahorrado	No se pudo analizar por el poco tiempo desde la instalación de las CM.
Carga de trabajo asociada al cocinado	
Percepción de la carga de trabajo asociada al cocinado	No analizado.
Seguridad y salud en el cocinado	

Indicador	Uso dado en la tesis
Porcentaje de usuarios que reportan riesgos mientras cocinan	Se recoge en el apartado 4.10.2.5
Porcentaje de usuarios que reportan riesgos en los miembros de su familia mientras cocinan	
Porcentaje de usuarios que reportan sentirse más seguros cocinando desde la instalación de la solución de cocinado	
Gasto en combustibles, uso del tiempo, trabajo y seguridad/protección	
Gastos en combustible	
Porcentaje de hogares que compren algún combustible	Analizado en este mismo apartado.
Porcentaje de hogares que usan varios tipos de combustible	Analizado en el apartado 4.5.
Tipos de combustible más frecuentemente comprados	Analizado en este mismo apartado.
Gasto mensual medio en cada tipo de combustible	Se recoge en el apartado 4.10.2.3.
Gasto mensual medio en combustible	Se recoge en el apartado 4.10.2.3.
Número medio de viajes para compra de combustible, tiempo requerido por viaje, distancia recorrida por viaje y peso medio	Analizado en este mismo apartado.
Tiempo necesario para el aprovisionamiento de combustible	
Porcentaje de hogares que recolectan combustible	Analizado en este mismo apartado.
Número medio de viajes para recolectar combustible al mes y tiempo medio empleado	No analizado.
Número medio de horas que cada hogar emplea en la recolección por mes/año	Analizado en este mismo apartado, en nuestro caso por día.
Ídem. anterior por tipo de combustible	
Porcentaje de usuarios que señalan menor tiempo necesario en recolección desde la instalación de la solución	Analizado en este mismo apartado
Usos principales a los que se da a el tiempo ahorrado	No se pudo analizar por el poco tiempo desde la instalación de las CM.
Carga de trabajo asociada a la recolección de combustible	
Número medio de viajes para compra de combustible, tiempo requerido por viaje, distancia recorrida por viaje y peso medio	

Indicador	Uso dado en la tesis
Ídem para cada tipo de combustible	
Porcentaje de usuarios que reportan varios miembro involucrados en la recolección de combustible	Analizado en este mismo apartado con menor grado de profundidad
Porcentaje de usuarios que reportan varios modos de transportar el combustible	
Percepción de la carga de trabajo asociada	No analizado.
Seguridad y salud en el aprovisionamiento de combustible	
Porcentaje de usuarios que señalan sentirse más seguros cuando recolectan combustible después de la instalación de la solución	No analizado.

Tabla 4.8. Análisis de los indicadores desarrollados por la GACC y su aplicación en la presente tesis

Fuente: Elaboración propia

Concretamente, en esta investigación se realizó el análisis de estos beneficios planteando una serie de indicadores que fueron recogidos antes y después de la instalación de las cocinas para ver los cambios resultantes de la intervención. Los indicadores se agruparon en dos grupos principales: las prácticas de obtención del combustible y las prácticas de cocinado. Para ello, al igual que en el caso anterior, se aplicaron entrevistas en los 66 hogares seleccionados, lo que concuerda con las recomendaciones de la GAA para recoger este tipo de información (GACC & ICRW, 2016). En la siguiente tabla se muestran los aspectos sobre los que se recogió información:

Necesidad de Información	Instrumento de Recogida	Manera de Aplicación
De dónde proviene el combustible	Cuestionario	Aplicado a técnicos o animadores que daban una respuesta genérica para toda la comunidad
Quién recoge el combustible		Aplicado a técnicos o animadores que daban una respuesta genérica para toda la comunidad
Cómo se transporta el combustible	Cuestionario	Aplicado a técnicos o animadores que daban una respuesta genérica para toda la comunidad
Existen pagos vinculados al combustible	Cuestionario	Aplicado de manera individual a un grupo de hogares seleccionados por sus características representativas de los demás
Nº de veces que se recoge leña a la semana	Cuestionario	Aplicado de manera individual a un grupo de hogares seleccionados por sus características representativas de los demás
Tiempo empleado en la recolección de la leña	Cuestionario	Aplicado de manera individual a un grupo de hogares seleccionados por sus características representativas de los demás
Cantidad de leña utilizada al día	Balanza de resorte	Pesado en las familias seleccionadas
Quién cocina	Cuestionario	Aplicado de manera individual a un grupo de hogares seleccionados por sus características representativas de los demás
Nº de veces que se cocina al día	Cuestionario	Aplicado de manera individual a un grupo de hogares seleccionados por sus características representativas de los demás
Tiempo empleado en el cocinado al día	Cuestionario	Aplicado de manera individual a un grupo de hogares seleccionados por sus características representativas de los demás
Nº de horas al lado del fuego al día	Cuestionario	Aplicado de manera individual a un grupo de hogares seleccionados por sus características representativas de los demás

Tabla 4.9. Necesidades de información: Beneficios sociales

Fuente: Elaboración propia

4.7. Mitigación del cambio climático

Las metodologías existentes en el marco de los mercados de carbono para estimar las emisiones de CO₂ evitadas gracias a los proyectos de cocinas mejoradas, se basan en asumir que una menor utilización de biomasa para cocinar da lugar a una reducción de las emisiones de GEI, siempre y cuando la biomasa sea no renovable. La reducción del uso de biomasa cuando ésta es renovable no puede reducir emisiones netas, ya que la nueva creciente biomasa absorberá el CO₂ en un corto período de tiempo.

De cara a realizar este cálculo, en primer lugar se ha realizado un análisis de las metodologías disponibles y aplicables a este caso para la selección de la adecuada. Posteriormente se ha determinado la renovabilidad o no de la biomasa en la zona de intervención. Finalmente, se han realizado las adaptaciones necesarias en la metodología y la selección de parámetros necesarias para su aplicación.

4.7.1. Selección de la metodología utilizada para el cálculo de la reducción de emisiones

Como ya ha sido señalado, existen diferentes metodologías para cuantificar las emisiones evitadas en proyectos de soluciones de cocinado. En la Tabla 3.8, se recoge un resumen aquellas metodologías que están validadas en el marco de los mercados de carbono, ya que éste era para los responsables del convenio una de los principales objetivos detrás de realizar este análisis. .

A continuación, se realiza un análisis de las dos metodologías que son susceptibles de ser utilizadas en este caso. La primera de ellas es la llamada *“Energy efficiency measures in thermal applications of non-renewable biomass”* (a partir de ahora AMS II.G) (UNFCCC, 2016a) , aprobada en Febrero de 2008 por la Junta Ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). La aprobación de esta metodología supuso el primer reconocimiento del potencial de los proyectos de cocinas mejoradas para entrar en los mercados de carbono.

La segunda es la *“Indicative Programme, Baseline, and Monitoring Methodology for Improved Cook-Stoves and Kitchen Regimes”* (a partir de ahora GS V.02) (GS, 2010), aprobada por Gold Standard. La metodología TPDDTEC ha sido excluida de este análisis ya que en el momento de la realización de esta investigación todavía no estaba desarrollada.

Ambas metodologías están basadas en los mismos principios y asunciones, pero difieren en algunos aspectos. Mientras la metodología AMS II.G sólo considera las emisiones de CO₂ derivadas del quemado del combustible, la metodología GS V.02 tiene en cuenta también las emisiones de otros GEI, como el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), producidos durante el quemado y también durante la producción del combustible.

Gas de efecto invernadero	Metodología GS V.02	Metodología AMS II.G

Dióxido de Carbono (CO ₂)	X	X
Metano (CH ₄)	X	-
Óxido Nitroso (N ₂ O)	X	-
Perfluorocarburos (PFC)	-	-
Hidrofluorocarburos (HFC)	-	-
Hexafluoruro de azufre(SF ₆)	-	-

Tabla 4.10. GEI considerados en las metodologías de cálculo de reducción de emisiones en proyectos de cocinas mejoradas

Fuente: Elaboración propia a partir de (GS, 2010; UNFCCC, 2016a)

A pesar de que la combustión de la biomasa leñosa no produce unas emisiones muy elevadas de metano y de óxido nitroso, incluso pequeñas cantidades de estas emisiones constituyen una cantidad considerable en equivalentes de CO₂, debido a sus altos Potenciales de Calentamiento (GWP⁴): 1 tonelada de metano equivale a 21 toneladas de CO₂ y 1 tonelada de óxido nitroso equivale a 310 toneladas de CO₂. Por ello, para un mismo proyecto de cocinas mejoradas, la metodología GS V.02 puede suponer una cantidad de reducciones mayor que la AMS II.G.

Otra diferencia destacable es el ámbito en el que las metodologías pueden ser aplicadas. La AMS II.G está dirigida a proyectos a pequeña escala, en los cuales no se supere un ahorro energético anual total de 180 GWh. La GS V.02 no presenta restricciones en este aspecto. Además, la metodología aprobada por GS facilita unas indicaciones claras y concretas sobre la realización de los cálculos de reducción de emisiones, mientras que la AMS II.G es más imprecisa.

Otra ventaja de la metodología AMS II.G es su aplicabilidad tanto en el mercado obligatorio de carbono como en el voluntario, lo que permite cambiar los proyectos de uno a otro sin tener que cambiar los cálculos realizados.

Una vez realizado el análisis de las dos principales metodologías existentes para calcular el CO₂ evitado gracias a la introducción de cocinas mejoradas en un territorio, se ha optado por tomar como referencia para cuantificar las emisiones reducidas en el marco del convenio, la metodología GS V.02 de Gold Standard. Además del análisis anterior para la selección de esta metodología también se ha tenido en cuenta la información disponible para su aplicación y las condiciones específicas del convenio.

Metodología GS V.01	Metodología AMS II.G

⁴ Potencial de Calentamiento GWP (acrónimo del inglés de “Global-warming potencial”) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con un gas de referencia, por lo general dióxido de carbono.

Válida para	Mercado Voluntario de Carbono	Mercado Voluntario y Obligatorio de Carbono
GEI considerados	Dióxido de Carbono (CO ₂), Metano (CH ₄), Óxido Nitroso (N ₂ O)	Dióxido de Carbono (CO ₂)
Fuentes de emisiones consideradas	Combustión y producción del combustible	Combustión
Ámbito de aplicación	Sin restricciones	Máximo de 180 GWh de ahorro energético producido en el total del proyecto.
Indicaciones para el cálculo de emisiones	Detalladas y concretas	Imprecisas

Tabla 4.11. Comparación de la Metodologías AMS II.G y GS V.02 de cálculo de reducción de emisiones de GEI en proyectos de cocinas mejoradas

Fuente: Elaboración propia a partir de (GS, 2010; UNFCCC, 2016a)

Con respecto a la posibilidad de incluir en este análisis la reducción de toneladas de carbono equivalentes derivadas de la menor emisión de BC la metodología *“Quantification of climate related emission reductions of Black Carbon and Co-emitted Species due to the replacement of less efficient cookstoves with improved efficiency cookstoves”* exige que las cocinas utilizadas en el proyecto alcancen el nivel 3 del marco IWA en emisiones de PM tanto a alta como a baja potencia (GS, 2015b). En este caso no se cuenta con dicha información acerca de los modelos de cocina instalados por lo que no se puede realizar dicha cuantificación.

4.7.2. Renovabilidad de la biomasa

Una vez seleccionada la metodología a utilizar, el primer paso para calcular la reducción de emisiones es demostrar la no renovabilidad de la biomasa.

Una característica común a las dos metodologías anteriores es que ambas tienen únicamente en cuenta la fracción de biomasa no renovable (X_{bnr}) a la hora de realizar el cálculo de reducción de emisiones. La biomasa no renovable (BNR) es la cantidad de biomasa leñosa utilizada en ausencia de las actividades del proyecto (R) menos la cantidad de biomasa que es demostrablemente renovable (BDR): $BNR=R-BDR$. Y entonces, para calcular la fracción se utiliza la expresión: $X_{bnr}=BNR/(BNR+BDR)$.

En el momento de realizar la investigación, no existía todavía una metodología unificada para el cálculo de la fracción de biomasa no renovable. Por esto se decidió utilizar las indicaciones recogidas en la metodología AMS II.G, las cuáles se consideraban válidas en la metodología GS V.02. De acuerdo con esta metodología, para que la biomasa sea “no renovable” tienen que cumplirse, al menos, dos de los siguientes indicadores:

- Incremento en el tiempo invertido o la distancia recorrida por los usuarios o por los proveedores de leña para la recolección de la madera.
- Aumento de los precios de la leña, que indican una escasez de la misma.

- Cambios en el tipo de combustible utilizado por los usuarios para cocinar, que indica una escasez de la leña.
- Resultados de encuestas, estadísticas nacionales o locales, estudios, mapas u otras fuentes de información, que muestran que las reservas de carbono se están agotando en la zona del proyecto.

Para obtener esta información se diseñó un cuestionario que fue aplicado en los mismos 66 hogares que para la caracterización del combustible:

Necesidad de Información	Instrumento de Recogida	Manera de Aplicación
Cambios en el tiempo empleado para encontrar leña	Cuestionario	Aplicado de manera individual a un grupo de hogares seleccionados por sus características representativas de los demás
Cambios en la distancia recorrida para encontrar leña	Cuestionario	Aplicado de manera individual a un grupo de hogares seleccionados por sus características representativas de los demás
Cambios en el precio de la leña	Cuestionario	Aplicado de manera individual a un grupo de hogares seleccionados por sus características representativas de los demás
Cambios en el tipo de combustible	Cuestionario	Aplicado de manera individual a un grupo de hogares seleccionados por sus características representativas de los demás

Tabla 4.12. Necesidades de información: Renovabilidad de la biomasa
Fuente: Elaboración propia

4.7.3. Metodología de GS V.02

Como se ha explicado anteriormente, la metodología seleccionada tiene en cuenta los siguientes gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), y óxido de nitrógeno (N_2O). Para cuantificar la reducción de emisiones en estos tres tipos de gases, es necesario calcular cuánto se emitía antes y después de la introducción de las cocinas mejoradas. Se consideran las emisiones de la línea de base son aquellas producidas con las cocinas tradicionales, mientras que las emisiones del proyecto son las emisiones producidas una vez instaladas las cocinas mejoradas. La reducción de emisiones conseguida gracias al convenio se corresponderá con la diferencia entre estos dos valores.

A continuación se detallan las ecuaciones definidas en el marco de la metodología para posteriormente poder llevar a cabo la cuantificación.

4.7.3.1. Emisiones de la línea de base

Las emisiones de línea de base para cada hogar⁵ se calculan a través de los siguientes 3 parámetros:

⁵ Se el cálculo de reducción de emisiones por hogar, ya que el estudio de consumo de madera se ha hecho por hogar y no por fuego o cocina mejorada.

- Emisiones de CO₂ derivadas de las actividades de cocinado en los hogares.
- Emisiones distintas del CO₂ derivadas de las actividades de cocinado en los hogares.
- Emisiones de gases de efecto invernadero durante la producción de los combustibles.

A continuación se detallan las ecuaciones definidas para calcular cada uno de los parámetros:

Eq.LB.1a

$ELB_a =$

$$X_{bnr,a} * B_{lb,a} * FE_{bio,CO_2} + \sum (CA_{lb,i,a} * FE_{CA,CO_2,i}) \rightarrow \text{Eq.LB.1b}$$

$$+ \sum (\text{emisiones distintas del CO}_2 \text{ durante el cocinado}) \rightarrow \text{Eq.LB.1c}$$

$$+ \sum (\text{emisiones de gases de efecto invernadero durante la producción de los combustibles}) \rightarrow \text{Eq.LB.1d}$$

Donde:

- **ELB_a** = Emisiones de línea de base producidas por cada hogar en el año a (en toneladas de CO₂ eq al año).
- **X_{bnr,a}** = Fracción no renovable de la biomasa leñosa⁶ recolectada en el área del proyecto en el año a.
- **B_{lb,a}** = Masa de biomasa leñosa consumida para cocinar en cada hogar, en el escenario de línea de base, en el año a (en toneladas/año).
- **FE_{bio, CO₂}** = Factor de emisión de CO₂ de la biomasa leñosa (en toneladas de CO₂ por toneladas de biomasa leñosa).
- **CA_{lb,i,a}** = Masa de combustible alternativo i consumida para cocinar en cada hogar, en el escenario de línea de base, en el año a (en toneladas/año).
- **FE_{CA,CO₂, i}** = Factor de emisión de CO₂ del combustible alternativo i (en toneladas de CO₂ por toneladas de combustible alternativo i).

Eq.LB.1c

$$\text{Emisiones distintas al CO}_2 \text{ durante el cocinado} = \sum (B_{lb,a} * FE_{bio, no-CO_2 \text{ gas } i}) + \sum (CA_{lb,i,a} * FE_{CA,i, no-CO_2 \text{ gas } i})$$

Eq.LB.1d

$$\text{Emisiones de gases de efecto invernadero durante la producción de los combustibles} = X_{bnr,a} * B_{lb,a} * FE_{bio,prod,CO_2} + \sum (CA_{lb,i,a} * FE_{CA,prod,co_2,i}) + \sum (B_{lb,a} * FE_{bio,prod,no-co_2 \text{ gas } i}) + \sum (CA_{lb,i,a} * FE_{CA,i,prod,no-co_2 \text{ gas } i})$$

Donde:

- **FE_{bio, no-CO₂ gas i}** = Factor de emisión del gas de efecto invernadero i derivado del uso de la biomasa leñosa (en toneladas de CO₂ eq. por tonelada de biomasa leñosa).
- **FE_{CA,i, no-CO₂ gas i}** = Factor de emisión del gas de efecto invernadero i derivado del uso del combustible alternativo i (en toneladas de CO₂ eq. por tonelada de combustible alternativo i).
- **FE_{bio, prod, CO₂}** = Factor de emisión de CO₂ derivado de la producción de la biomasa leñosa (en toneladas de CO₂ por tonelada de biomasa leñosa).
- **FE_{CA, prod, CO₂, i}** = Factor de emisión de CO₂ derivado de la producción del combustible alternativo i (en toneladas de CO₂ por tonelada de combustible alternativo i).

⁶ El término de biomasa leñosa se refiere a la leña, a la madera en su estado natural. No están incluidos los productos derivados, como el carbón.

- $FE_{bio,prod,no-co2 \text{ gas } i}$ = Factor de emisión del gas de efecto invernadero i derivado de la producción de la biomasa leñosa (en toneladas de CO₂ eq. por tonelada de biomasa leñosa).
- $FE_{CA,i,prod,no-co2 \text{ gas } i}$ = Factor de emisión del gas de efecto invernadero i derivado de la producción del combustible alternativo i (en toneladas de CO₂ eq. por tonelada de combustible alternativo i).

Y entonces, la **Eq.LB.1a** resulta:

$$ELB_a = X_{bnr,a} * B_{lb,a} * FE_{bio,CO2} + \sum (CA_{lb,i,a} * FE_{CA,CO2,i}) + \sum (B_{lb,a} * FE_{bio, no-CO2, gas i}) + \sum (CA_{lb,i,a} * FE_{CA,i, no-CO2 \text{ gas } i}) + X_{bnr,a} * B_{lb,a} * FE_{bio,prod,CO2} + \sum (CA_{lb,i,a} * FE_{CA,prod,co2,i}) + \sum (B_{lb,a} * FE_{bio,prod,no-co2 \text{ gas } i}) + \sum (CA_{lb,i,a} * FE_{CA,i,prod,no-co2 \text{ gas } i})$$

4.7.3.2. Emisiones del proyecto

El escenario de proyecto es la situación tras la adopción de las cocinas mejoradas para cubrir las necesidades de cocinado en los hogares.

Al igual que para calcular las emisiones de línea de base, para calcular las emisiones de cada hogar en el escenario del proyecto se trabajará con las siguientes 3 ecuaciones:

Eq.P.1a

$$EP_a =$$

$$X_{bnr,a} * B_{p,a} * FE_{bio,CO2} + \sum (CA_{p,i,a} * FE_{CA,CO2,i}) \rightarrow \text{Eq P.1.b}$$

$$+ \sum (\text{emisiones distintas del CO}_2 \text{ durante el cocinado}) \rightarrow \text{Eq P.1.c}$$

$$+ \sum (\text{emisiones de gases de efecto invernadero durante la producción de los combustibles}) \rightarrow \text{Eq P.1.d}$$

Donde (los parámetros comunes a la Línea de Base no se repiten):

- EP_a = Emisiones de proyecto producidas por cada hogar en el año a (en toneladas de CO_{2eq} al año)
- $B_{p,a}$ = Masa de biomasa leñosa consumida para cocinar en cada hogar en el escenario del proyecto, en el año a (en toneladas/año).
- $CA_{p,i,a}$ = Masa de combustible alternativo i consumida para cocinar en cada hogar en el escenario de proyecto, en el año a (en toneladas/año).

Eq.P.1c

$$\text{Emisiones distintas al CO}_2 \text{ durante el cocinado} = \sum (B_{p,a} * FE_{bio, no-CO2 \text{ gas } i}) + \sum (CA_{p,i,a} * FE_{CA,i, no-CO2 \text{ gas } i})$$

Eq.P.1d

$$\text{Emisiones de gases de efecto invernadero durante la producción de los combustibles} = X_{bnr,a} * B_{p,a} * FE_{bio,prod,CO2} + \sum (CA_{p,i,a} * FE_{CA,prod,co2,i}) + \sum (B_{p,a} * FE_{bio,prod,no-co2 \text{ gas } i}) + \sum (CA_{p,i,a} * FE_{CA,i,prod,no-co2 \text{ gas } i})$$

Y entonces, la **Eq.P.1a** queda:

$$EP_a = X_{bnr,a} * B_{p,a} * FE_{bio,CO2} + \sum (CA_{p,i,a} * FE_{CA,CO2,i}) + \sum (B_{p,a} * FE_{bio, no-CO2 \text{ gas } i}) + \sum (CA_{p,i,a} * FE_{CA,i, no-CO2 \text{ gas } i}) + X_{bnr} * B_{p,a} * FE_{bio,prod,CO2} + \sum (CA_{p,i,a} * FE_{CA,prod,co2,i}) + \sum (B_{p,a} * FE_{bio,prod,no-co2 \text{ gas } i}) + \sum (CA_{p,i,a}$$

4.7.3.3. Reducción de emisiones

La reducción de emisiones en el año a en cada hogar será la diferencia entre las emisiones producidas en el escenario de línea de base y las emisiones del escenario del proyecto para cada uno de los parámetros definidos.

Eq.R.1a:

$$ER_a = (B_{lb,a} - B_{p,a}) * X_{bnr,a} * FE_{bio,CO2} + \sum ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,CO2,i}) + \sum ((B_{lb,a} - B_{p,a}) * FE_{bio, no-CO2 \text{ gas } i}) + \sum ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,i, no-CO2 \text{ gas } i}) + (B_{lb,a} - B_{p,a}) * X_{bnr,a} * FE_{bio,prod,CO2} + \sum ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,prod,co2,i}) + \sum ((B_{lb,a} - B_{p,a}) * FE_{bio,prod,no-co2 \text{ gas } i}) + \sum ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,i,prod,no-co2 \text{ gas } i})$$

Para el cálculo de la reducción de emisiones en el año a producido en una comunidad, en una zona de intervención o en la totalidad de la población beneficiaria del convenio, es necesario multiplicar por el número de hogares que en el que se han distribuido las cocinas mejoradas ($N_{p,a}$).

Además, a la hora de realizar el cálculo, hay que tener en cuenta los porcentajes de utilización de las cocinas mejoradas ($U_{p,a}$) y de las cocinas tradicionales ($DF_{p,a}$) en el escenario del proyecto, basados en las observaciones y las encuestas realizadas en las comunidades.

Eq.R.1b:

$$ER_a = [(B_{lb,a} - B_{p,a}) * X_{bnr,a} * FE_{bio,CO2} + \sum ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,CO2,i}) + \sum ((B_{lb,a} - B_{p,a}) * FE_{bio, no-CO2 \text{ gas } i}) + \sum ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,i, no-CO2 \text{ gas } i}) + (B_{lb,a} - B_{p,a}) * X_{bnr,a} * FE_{bio,prod,CO2} + \sum ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,prod,co2,i}) + \sum ((B_{lb,a} - B_{p,a}) * FE_{bio,prod,no-co2 \text{ gas } i}) + \sum ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,i,prod,no-co2 \text{ gas } i})] * N_{p,a} * U_{p,a} * (1 - DF_{p,a})$$

En donde:

- $N_{p,a}$ = Número de hogares receptores de las cocinas mejoradas de cada grupo operacional⁷ (comunidad, zona de intervención, población total beneficiaria del convenio) en el año a.
- $U_{p,a}$ = Porcentaje de hogares que hacen uso de las cocinas mejoradas en el año a (fracción).
- $DF_{p,a}$ = Porcentaje de hogares que todavía utilizan la cocina tradicional durante el año a en el escenario del proyecto (fracción).

Para el cálculo de la reducción total de emisiones producidas en un número A de años, se utilizar la **Eq.R.1c:**

⁷ Conjunto de hogares en el que se apliquen las fórmulas para el cálculo de la reducción de emisiones.

$$ER_A = \sum_{a=1}^A [(B_{lb,a} - B_{p,a}) * X_{bnr,a} * FE_{bio,CO2} + \sum_i ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,CO2,i}) + \sum_i ((B_{lb,a} - B_{p,a}) * FE_{bio, no-CO2 \text{ gas } i}) + \sum_i ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,i, no-CO2 \text{ gas } i}) + (B_{lb,a} - B_{p,a}) * X_{bnr,a} * FE_{bio,prod,CO2} + \sum_i ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,prod,co2,i}) + \sum_i ((B_{lb,a} - B_{p,a}) * FE_{bio,prod,no-co2 \text{ gas } i}) + \sum_i ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,i,prod,no-co2 \text{ gas } i})] * N_{p,a} * U_{p,a} * (1 - DF_{p,a})$$

Existe una segunda opción para realizar el cálculo de la reducción de emisiones: En lugar de utilizar los valores de consumo de madera en el escenario de línea de base y en el escenario del proyecto, pueden tenerse en cuenta los valores de consumo de madera en el escenario de línea de base y el valor de la eficiencia de las cocinas mejoradas instaladas, según la **Eq.R.1d**:

$$(B_{lb,a} - B_{p,a}) = B_{lb,a} * (1 - \eta_b / \eta_{p,a})$$

Donde:

- η_b = Eficiencia de la cocina tradicional (fracción). Para las cocinas de tres piedras, el valor utilizado por defecto será el 10% (0,10).
- $\eta_{p,a}$ ⁸ = Eficiencia de la cocina mejorada en el año a (fracción).

Y para calcular la reducción de emisiones, se utiliza la **Eq.R.1e**:

$$ER_A = \sum_{a=1}^A [(B_{lb,a} * (1 - \eta_b / \eta_{p,a})) * X_{bnr,a} * FE_{bio,CO2} + \sum_i ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,CO2,i}) + \sum_i ((B_{lb,a} * (1 - \eta_b / \eta_{p,a})) * FE_{bio, no-CO2 \text{ gas } i}) + \sum_i ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,i, no-CO2 \text{ gas } i}) + (B_{lb,a} * (1 - \eta_b / \eta_{p,a})) * X_{bnr,a} * FE_{bio,prod,CO2} + \sum_i ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,prod,co2,i}) + \sum_i ((B_{lb,a} * (1 - \eta_b / \eta_{p,a})) * FE_{bio,prod,no-co2 \text{ gas } i}) + \sum_i ((CA_{lb,i,a} - CA_{p,i,a}) * FE_{CA,i,prod,no-co2 \text{ gas } i})] * N_{p,a} * U_{p,a} * (1 - DF_{p,a})$$

La eficiencia de las cocinas mejoradas debe ser determinada por una entidad experta independiente en terreno o en un laboratorio, siguiendo el “Controlled Cooking Test (CCT) Protocol”. Aunque, como ya se ha señalado (Figura 3.5), estudios de este tipo no se encuentran disponibles en África para la mayor parte de modelos de cocinas existentes.

Teniendo esto en cuenta, es importante señalar que podría ocurrir que el valor de reducción de emisiones calculado utilizando la eficiencia de las cocinas fuese inferior al calculado con los datos de madera consumida por hogar en el escenario de línea de base y en el escenario del proyecto o viceversa (M. a Johnson, Edwards, Ghilardi, Berrueta, & Masera, 2007; Michael Johnson et al., 2009).

⁸ Es necesario tener en cuenta que la eficiencia de la cocina mejorada irá disminuyendo con el uso de la misma.

4.7.4. Adaptación de las ecuaciones de cálculo de reducción de emisiones a las características del convenio

El apartado anterior desarrolla de una forma completa y detallada las fórmulas de cálculo de reducción de emisiones de la metodología de Gold Standard utilizada como referencia. Para realizar el cálculo de reducción de emisiones en el contexto del convenio, se ha realizado una serie de adaptaciones a las ecuaciones anteriores. Los parámetros utilizados en las distintas ecuaciones se pueden consultar de la Tabla A.0.15 a la Tabla A.0.31, donde para cada parámetro se recoge su descripción, las unidades del mismo, el valor utilizado, las fuentes del dato y justificación de su utilización o del método utilizado para su cálculo u obtención.

4.7.4.1. Emisiones de la línea de base

Considerando que el único combustible utilizado para cocinar es la biomasa leñosa⁹, y sustituyendo los Factores de Emisión por sus valores:

Eq.LB.1b'

$$\text{Emisiones distintas al CO}_2 \text{ durante el cocinado} = B_{lb,a} * FE_{bio, no-CO_2} + \sum (CA_{lb,i,a} * FE_{CA,i, no-CO_2 \text{ gas } i}) = B_{lb,a} * 0,1176 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa} + 0 = B_{lb,a} * 0,1176 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa}$$

Eq.LB.1c'

Puesto que la madera es principalmente recolectada por los hogares, no hay emisiones de gases de efecto invernadero durante la producción de la biomasa leñosa:

$$\begin{aligned} \text{Emisiones de gases de efecto invernadero durante la producción de la biomasa leñosa} &= X_{bnr} * \\ B_{lb,a} * FE_{bio,prod,CO_2} + \sum (CA_{lb,i,a} * FE_{CA,prod,CO_2,i}) + \sum (B_{lb,a} * FE_{bio,prod,no-co_2 \text{ gas } i}) + \sum (CA_{lb,i,a} * FE_{CA,i,prod,no-co_2 \text{ gas } i}) &= X_{bnr} * B_{lb,a} * 0 + 0 + \sum (B_{lb,a} * 0) + 0 = 0 \end{aligned}$$

Y entonces:

$$\begin{aligned} ELB_a &= X_{bnr,a} * B_{lb,a} * FE_{bl-bio,CO_2} + \sum (CA_{lb,i,a} * FE_{CA,CO_2,i}) + \sum (\text{emisiones distintas del CO}_2 \text{ durante el cocinado}) + \sum (\text{emisiones de gases de efecto invernadero durante la producción de los combustibles}) \\ &= X_{bnr,a} * B_{lb,a} * 1,7472 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa} + 0 + B_{lb,a} * 0,1176 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa} + 0 \end{aligned}$$

De esta forma, las emisiones producidas por hogar en el escenario de línea de base, resultan (Eq.LB.1a'):

$$ELB_a = X_{bnr,a} * B_{lb,a} * 1,7472 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa} + B_{lb,a} * 0,1176 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa}$$

⁹ En ciertas comunidades, como en el caso de Ker Ardo, se ha observado que la biomasa leñosa no es el único combustible utilizado por las familias para cocinar. En el presente estudio se considerará que el 100% del combustible consumido es biomasa leñosa, ya que no se dispone de datos que permitan cuantificar la cantidad de combustibles alternativos utilizados en cada hogar.

4.7.4.2. Emisiones del proyecto

Del mismo modo, las ecuaciones presentadas para el escenario del proyecto:

Eq.P.1b'

Emisiones distintas al CO₂ durante el cocinado = $B_{p,a} * FE_{bio, no-CO_2} + \sum (CA_{p,i,a} * FE_{CA,i, no-CO_2 \text{ gas } i}) = B_{p,a} * 0,1176 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa} + 0 = B_{p,a} * 0,1176 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa}$

Eq.P.1c'

Emisiones de gases de efecto invernadero durante la producción de la biomasa leñosa = $X_{bnr} * B_{p,a} * FE_{bio, prod, CO_2} + \sum (CA_{p,i,a} * FE_{CA, prod, co_2, i}) + \sum (B_{p,a} * FE_{bio, prod, no-co_2 \text{ gas } i}) + \sum (CA_{p,i,a} * FE_{CA, i, prod, no-co_2 \text{ gas } i}) = X_{bnr} * B_{p,a} * 0 + 0 + \sum (B_{lb,a} * 0) + 0 = 0$

Y entonces:

$EP_a = X_{bnr,a} * B_{p,a} * FE_{bio, CO_2} + \sum (CA_{p,i,a} * FE_{CA, CO_2, i}) + \sum (\text{emisiones distintas del CO}_2 \text{ durante el cocinado}) + \sum (\text{emisiones de gases de efecto invernadero durante la producción de los combustibles}) = X_{bnr,a} * B_{p,a} * 1,7472 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa} + 0 + B_{p,a} * 0,1176 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa} + 0$

Y, por tanto, las emisiones producidas por hogar en el escenario del proyecto, son (Eq.P.1a'):

$$EP_a = X_{bnr,a} * B_{p,a} * 1,7472 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa} + B_{p,a} * 0,1176 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa}$$

4.7.4.3. Reducción de emisiones

La reducción de emisiones producida por hogar en el año a es la diferencia de $ELB_a - EP_a$, Eq.R.1a':

$$ER_a = X_{bnr,a} * (B_{lb,a} - B_{p,a}) * (1,7472 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa} + 0,1176 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa})$$

Y la reducción anual de emisiones por comunidad, zona de intervención, o población total beneficiaria del convenio, Eq.R.1b':

$$ER_a = X_{bnr,a} * (B_{lb,a} - B_{p,a}) * (1,7472 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa} + 0,1176 \text{ t CO}_{2eq}/\text{t biomasa leñosa}) * N_{p,a} * U_{p,a} * (1 - DF_{p,a})$$

Por último, para hacer el cálculo de la reducción de emisiones producida en A años, se utiliza la Eq.R.1c':

$$ER_A = \sum_{a=1}^A X_{bnr,a} * (B_{lb,a} - B_{p,a}) * (1,7472 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa} + 0,1176 \text{ t CO}_{2eq}/\text{t biomasa leñosa}) * N_{p,a} * U_{p,a} * (1 - DF_{p,a})$$

4.8. Calidad del aire interior de las viviendas

El objetivo principal de este apartado es analizar la disminución de la contaminación intra-domiciliar gracias a la instalación de las cocinas mejoradas. Para ellos se diseñó un estudio de muestreo de estos contaminantes en una serie de hogares seleccionados dentro de las comunidades participantes en el estudio. Posteriormente, los datos recogidos en el terreno fueron tratados estadísticamente para la obtención de los resultados finales.

4.8.1. Diseño del estudio

4.8.1.1. Selección del tipo de estudio

Para poder cuantificar “in situ” las mejoras en la calidad del aire interior debidas a la instalación de cocinas mejoradas es necesario realizar campañas de medición de los contaminantes seleccionados.

Existen tres alternativas para el diseño de una campaña de medida en campo para establecer si las cocinas mejoradas disminuyen la concentración de contaminantes en el interior de las viviendas en comparación con las cocinas tradicionales (R. Edwards et al., 2007):

- Estudio transversal (*cross-sectional*): se realiza una campaña de medida simultánea, en la misma área geográfica, en casas con cocinas mejoradas y en casas con cocinas tradicionales.
- Antes y después (*before and after*): se realiza la campaña en las mismas casas antes y después de la instalación de las cocinas mejoradas.
- Antes y después con grupo de control (*before and after with control*): se mide en las mismas casas antes y después de la instalación de las cocinas mejoradas y en un grupo de casas en las que no se instalan las cocinas mejoradas.

En este caso, teniendo en cuenta las características del caso de estudio (apartado 4.2) y la aproximación metodológica (apartado 4.3) seguida en la tesis se optó por un estudio “*before and after*”. Este tipo de estudio presenta una serie de ventajas ya que requiere el menor tamaño de la muestra de todos los tipos previos y reduce la variabilidad al utilizar los mismos hogares, pero por otra parte también presenta algunas desventajas, especialmente la necesidad de tener en cuenta los efectos estacionales (R. Edwards et al., 2007).

En este tipo de estudio el tamaño aconsejable de la muestra depende de la diferencia detectable en la media y en el coeficiente de variación de las medidas. En el caso de las cocinas mejoradas sin chimenea, es realista esperar una diferencia del 60% y un coeficiente de variación de las medidas de 0.7 (R. Edwards et al., 2007). Con estas condiciones, el tamaño de la muestra del estudio debería ser de 11.

4.8.1.2. Selección de medidores

Como ya se ha comentado en puntos anteriores, desde el punto de vista de los efectos sobre la salud (apartado 3.3.2.3), los principales contaminantes presentes en el aire interior en las cocinas donde se lleva a cabo una combustión de combustibles sólidos son: el material

particulado (PM), el monóxido de carbono (CO) y los óxidos de nitrógeno (NO_x). La concentración de estas sustancias en el aire interior de la cocina depende del tipo de combustible empleado, de las condiciones de la combustión y de la ventilación. En este estudio, y como en la mayoría de los estudios de contaminación intra-domiciliar de contaminantes derivados de la combustión de combustibles sólidos, se han estudiado el PM y el CO.

Además de la selección del tipo de estudio, para una correcta cuantificación de la reducción de emisiones y de la mejora del aire interior de las viviendas es necesario realizar la selección de los equipos de medida. Numerosos estudios e investigaciones (Rob Bailis et al., 2007; Bates, 2005; Chowdhury et al., 2007, 2012; Maccarty, Still, Ogle, & Drouin, 2008; Roth, 2009; Smith et al., 2007; WHO, 2008), así como las recomendaciones de dos organizaciones de referencia en el sector (Aprovecho Research Center, <http://www.aprovecho.org/> y el Berkeley Air Monitoring Group, <http://www.berkeleyair.com/>), establecen que estos deben ser portátiles, autónomos, robustos y capaces de almacenar datos durante un tiempo elevado sin asistencia.

A continuación, en la Tabla 4.13, se muestran los principales equipos disponibles en la actualidad para la medición de partículas PM_{2.5} en el aire interior que se han utilizado en trabajos similares.

Equipos	Datos medidos	Flujo de aire	Registro de datos en tiempo real	Portabilidad para monitoreo personal	Selección del tamaño	Límite mínimo de detección	Método de detección
Filtro y bomba (en condiciones controladas en laboratorio)	PM, el tamaño depende del ciclón	Bomba externa	No	Normalmente no, se puede ubicar en una mochila.	Con el ciclón.	Depende del balance y el volumen de la muestra	Gravimétrico
TSI DustTrak	PM 1, 2.5, 10	Bomba interna	Si	Portatil, pero muy pesaro para una mochila.	Todos los tamaños al mismo tiempo.	~ 1 µg/m ³	Dispersión de la luz
TSI SidePak	PM 2.5, 10	Bomba interna	Si	Adecuado	Depende del filtro.	~ 1 µg/m ³	Dispersión de la luz
UCB Particulate Monitos	0.5-5 µm	Sin bomba	Si	No	No	50 µg/m ³	Dispersión de la luz
Aprovecho IAP Meter	PM 1, 2.5 y CO	Bomba interna	Si	Adecuado	No	~ 30 µg/m ³	Dispersión de la luz

Tabla 4.13. Resumen de equipos para la medida de la concentración de partículas
Fuente: (Roth, 2009)

De los equipos de medición de PM de la Tabla 4.13, que cumplan los requisitos para este estudio (medida en campo, portátiles, autónomos, robustos y capaces de almacenar datos durante un tiempo elevado sin asistencia), destacan por su coste el *UCB Particulate Monitor* (500 \$/unidad)

y el *IAP Meter* de Aprovecho (2500 \$/unidad). Ambos miden partículas en suspensión en el aire interior y se basan en el mismo principio de medida por dispersión de luz. Además, el *IAP meter* mide simultáneamente la concentración de CO mediante sensores electroquímicos, por lo que este fue el medidor finalmente elegido.

En cuanto al CO los tipos de equipos empleados en estudios similares son:

- Analizadores de infrarrojo no dispersivo: que captan un volumen determinado de aire y lo hacen pasar a una cámara donde se mide la absorción en el infrarrojo debida al CO. Son muy caros y delicados pues se descalibran con facilidad.
- Analizadores basados en sensores electroquímicos: el CO produce cambios en las propiedades electroquímicas de una disolución que se miden empleando un par de electrodos. Estos equipos son compactos, robustos y baratos.

En el momento de realizar la investigación, gran parte de los estudios utilizaban analizadores electroquímicos (Chowdhury et al., 2012; R. D. Edwards et al., 2007). Para esta investigación se seleccionó un analizador con las mismas características a los empleados en otros estudios similares, como es el analizador Lascar modelo EL-USB-CO, que es portátil, de pequeño tamaño, posee un detector electroquímico para medir el CO y tiene una gran capacidad de almacenamiento de datos.

El número de equipos disponibles durante la campaña de medición se recoge en la siguiente tabla:

Contaminante	Marca	Modelo	Número de medidores
Partículas y CO	Aprovecho IAP	4000	2
		5000	9
CO	Lascar	EL-USB-CO	55

Tabla 4.14. Equipos de medición seleccionados

Fuente: Elaboración propia

La mayoría de las comunidades seleccionadas en el estudio (apartado 4.4) tienen un número de viviendas mucho mayor que el número de analizadores disponibles para el estudio por lo que en dichas comunidades se seleccionó un número de viviendas menor, contando con el asesoramiento de los responsables del convenio.

4.8.1.3. Protocolo de actuación en terreno

Para determinar el protocolo de actuación en terreno se tuvo en cuenta lo establecido en los dos apartados anteriores.

En primer lugar, el tipo de estudio determinaba la necesidad de realizar las campañas de medición en dos etapas: una antes de la instalación de las cocinas mejoradas y otras después.

En segundo lugar, para este tipo de estudios la duración mínima de muestreo es de 24 horas, de manera que se captan las emisiones de la cocina a lo largo de una jornada completa y se puede determinar las concentraciones diarias promedio. En este caso por las limitaciones en la capacidad de almacenamiento de datos y duración de la batería de los equipos seleccionados

esta fue la duración del muestreo. El intervalo de muestreo fue ajustado a un minuto para ambos medidores.

En tercer lugar, los protocolos estándares señalan la ubicación adecuada de los dispositivos de medición. Con respecto al lugar de cocinado estos deben instalarse a 1 metro de distancia y a una altura de 1.45 metros y en el lado opuesto a la ubicación de ventanas y puertas siempre que sea posible (Chengappa, Edwards, Bajpai, Shields, & Smith, 2007).

4.8.1.4. Objetivos secundarios del estudio

Además del objetivo principal de este estudio, también se plantearon una serie de objetivos secundarios que se exponen a continuación.

Además del tipo de cocina que se utilice, las concentraciones del aire interior dependen de otros factores, que no son iguales de una vivienda a otra, entre los que cabe mencionar (Yamamoto et al., 2014):

- Factores estructurales: dimensiones de las cocinas, ventilación, número de puertas y ventanas, etc.
- Factores relacionados con el combustible empleado como: tipo de combustible, cantidad, tamaño de las piezas, humedad del combustible.
- Factores de comportamiento durante el uso de la cocina como: frecuencia de uso, duración del cocinado, puertas y/o ventanas abiertas, localización del cocinado (exterior/interior de la casa).
- Factores familiares: cantidad y tipo de comida, celebraciones, etc.
- Factores meteorológicos: temperatura, humedad relativa, viento, lluvia, etc.
- Presencia de otros tipos de fuentes de emisión como: lámparas de aceite para iluminación, fumadores, uso de otro tipo de cocinas, etc.

Teniendo esto en cuenta, se planteó como primer objetivo secundario evaluar la influencia que estos factores tenían sobre las concentraciones registradas. Para ello durante el trabajo de campo se recogieron algunas de estas características.

Por otro lado, la selección de medidores realizada, un medidor de CO de bajo coste y un medidor de CO y PM con un coste mucho más elevado, dio lugar a un segundo objetivo secundario de evaluar el desempeño de ambos medidores y correlacionar sus mediciones. Estas comparaciones y correlaciones se podían realizar ya que ambos medidores fueron ubicados en los mismos hogares.

Primeramente, se compararon las mediciones de CO realizadas por ambos analizadores tomando como válidas las mediciones realizadas por el analizador de Aprovecho, de mucha mayor precisión. En el caso que el analizador CO Lascar realizara mediciones equivalentes este podría considerarse como válido.

En segundo lugar, existen numerosas investigaciones (Dutta, K. et al. 2007; Masera, O. et al. 2007; Naeher, L.P. et al. 2001; Northcross, A. et al. 2010) en las que se ha determinado que en las mediciones de la calidad del aire interior de las viviendas se puede utilizar la concentración media diaria de CO para determinar la concentración media diaria de PM. Para ello se establece

una ecuación de regresión entre las concentraciones de CO y las de PM. Estas correlaciones normalmente sólo son válidas para la zona concreta donde se realice el estudio ya que se ven muy influenciadas depende el tipo de cocina, las características de las viviendas y los usos y costumbres a la hora de cocinar.

El establecer las correlaciones anteriores en el caso de las regiones del convenio, permitirá en el futuro ampliar el estudio a un mayor número de viviendas, utilizando exclusivamente medidores de CO que, como se ha dicho anteriormente, son de menor coste. Esto podría también ser una aproximación a repetirse en otras zonas del mundo donde la disponibilidad de fondos puede ser limitante para realizar estudios de calidad del aire interior.

4.8.1.5. Mediciones realizadas, necesidades de información e instrumentos de recogida de información

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se instalaron en cada comunidad el siguiente número de medidores para antes y después de la instalación de las cocinas:

Comunidad	Antes de la instalación de la cocina		Después de la instalación de la cocina	
	Nº de analizadores de CO	Nº de analizadores de PM y CO	Nº de analizadores de CO	Nº de analizadores de PM y CO
Colondito Fouta	11	1	27	10
Diyabougou	22	10	22	10
Ker Ardo	40	10	40	10
Brikama Ba	54	10	49	10
Sissaucunda Samanco	11	2	26	11
Helacunda	11	2	11	10

Tabla 4.15. Datos de los analizadores instalados en las distintas comunidades

Fuente: Elaboración propia

El número de analizadores de cada tipo instalados en cada una de las comunidades varió en función de la disponibilidad de los mismos.

Además de la instalación de los analizadores, en cada comunidad se tomó una serie de información adicional para la realización del tratamiento de los datos obtenidos y su correcta interpretación. Los datos necesarios y la forma de obtener la información ha sido la siguiente:

Necesidad de Información	Instrumento de Recogida	Manera de Aplicación
Hábitos culinarios	Cuestionario	Aplicado de manera individual a un grupo de hogares seleccionados por sus características representativas de los demás
Características de la cocina	Cuestionario	Dato observado en terreno (por el técnico de UPM)

Datos de instalación de los medidores CO-PM	Cuestionario	A rellenar por el técnico encargado de la instalación
Datos de instalación de los medidores CO	Ficha técnica de instalación	A rellenar por el técnico encargado de la instalación

Tabla 4.16. Necesidades de información: Cuantificación de la reducción de emisiones

Fuente: Elaboración propia

4.8.2. Análisis de los datos

El análisis de los resultados obtenidos tendrá varias fases diferenciadas:

- Obtención de los resultados de las mediciones y de las diferencias observadas en las concentraciones antes y después de la instalación de la cocina.
- Un análisis de factores que podrían explicar los resultados anteriores.
- Una comparativa entre los tipos de medidores y de la correlación entre CO y PM.

Finalmente se hará un análisis explicativo de los resultados en su conjunto y se extraerán una serie de conclusiones de este estudio.

4.8.2.1. Resultados de las mediciones

En primer lugar, los datos obtenidos con los analizadores fueron tratados para obtener los siguientes resultados:

- Media CO 24: valor medio en 24h de los datos registrados por los analizadores durante el periodo de muestreo (expresado en ppm).
- Max CO 24: máximo de concentración registrado durante el periodo de muestreo (expresado en ppm).
- Max CO 15: máximo de las concentraciones medias de periodos de 15 minutos durante el periodo de muestreo (expresado en ppm).
- Max CO 60: máximo de las concentraciones medias de periodos de 60 minutos durante el periodo de muestreo (expresado en ppm).
- Max CO 8: máximo de las concentraciones medias de periodos de 8 horas durante el periodo de muestreo (expresado en ppm).
- Media PM: valor medio de todos los datos registrados por los analizadores durante el periodo de muestreo (expresado en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Max PM: máximo de concentración registrado durante el periodo de muestreo (expresado en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Max PM 15: máximo de las concentraciones medias de periodos de 15 minutos durante el periodo de muestreo (expresado en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Estos datos son presentados realizados una comparación con los valores límites establecidos por la OMS para la concentración de contaminantes en el interior de viviendas donde se cocina con combustible sólidos.

En segundo lugar, se obtendrá la variación porcentual del valor medio de los datos registrados antes y después de la instalación de la cocina para los siguientes resultados:

- Δ Media CO 24: variación porcentual del valor medio de todos los datos registrados por los analizadores durante el periodo de muestreo antes y después de la instalación de la cocina (expresado en ppm).

- Δ Max CO: variación porcentual del máximo de concentración registrado durante el periodo de muestreo antes y después de la instalación de la cocina (expresado en ppm).
- Δ Max CO 15: variación porcentual del máximo de las concentraciones medias de periodos de 15 minutos durante el periodo de muestro antes y después de la instalación de la cocina (expresado en ppm).
- Δ Max CO 60: variación porcentual del máximo de las concentraciones medias de periodos de 60 minutos durante el periodo de muestro antes y después de la instalación de la cocina (expresado en ppm).
- Δ Max CO 8: variación porcentual del máximo de las concentraciones medias de periodos de 8 horas durante el periodo de muestro antes y después de la instalación de la cocina (expresado en ppm).
- Δ Media PM: variación porcentual del valor medio de todos los datos registrados por los analizadores durante el periodo de muestreo antes y después de la instalación de la cocina (expresado en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Δ Max PM: variación porcentual del máximo de concentración registrado durante el periodo de muestreo antes y después de la instalación de la cocina (expresado en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Δ Max PM 15: variación porcentual del máximo de las concentraciones medias de periodos de 15 minutos durante el periodo de muestro antes y después de la instalación de la cocina (expresado en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Como se comentó anteriormente, el principal objetivo de la medición de los contaminantes en el interior de las viviendas era demostrar que la instalación de cocinas mejoradas supone una reducción de las concentraciones de los mismos.

Para ello, se aplicará un modelo de análisis de la varianza para cada una de las comunidades y países en su conjunto con el objetivo de determinar si las diferencias entre las concentraciones antes y después de la instalación son significativas.

4.8.2.2. Análisis de factores explicativos de los resultados

Como primer objetivo secundario, se decidió evaluar la influencia que ciertos factores tenían sobre las concentraciones registradas para poder explicar las diferencias observadas entre las distintas comunidades. Para ello se utilizará la información sobre estas características recogidas durante la campaña de medición.

En este análisis también se aplicará un modelo ANOVA a las distintas concentraciones en base a los siguientes factores:

- El país y la comunidad
- Combustible utilizado para cocinar
- Forma del habitáculo utilizado para cocinar
- Ventilación

4.8.2.3. Comparativa entre los medidores de CO y correlación CO-PM

Para el segundo objetivo secundario, evaluar el desempeño de ambos medidores y correlacionar sus mediciones, se realizan dos análisis.

Primeramente, un modelo de análisis de la varianza para las concentraciones de CO con el objetivo de determinar que no existen diferencias significativas entre las concentraciones medidas por ambos analizadores.

En segundo lugar, se trata de establecer la ecuación de regresión entre las concentraciones de CO y las de PM. Estas ecuaciones presentan la siguiente forma:

$$PM_{2.5} (\mu g/m^3) = CO (ppm) \cdot A + C$$

Donde:

- $PM_{2.5} (\mu g/m^3)$: concentración media diaria de $PM_{2.5}$ en microgramos por metro cúbico.
- CO (ppm): concentración media diaria de monóxido de carbono en partes por millón.
- A: coeficiente de regresión de la concentración media diaria de monóxido de carbono en partes por millón.
- C: constante de la ecuación.

Para ello se determinarán las ecuaciones de regresión en los siguientes casos:

- Regresión conjunta de todos los datos, tanto de antes como de después de la instalación de las cocinas.
- Regresión conjunta de los datos de todas las comunidades antes de la instalación de las cocinas.
- Regresión conjunta de los datos de todas las comunidades después de la instalación de las cocinas.
- Regresión diferenciada por país para el conjunto de las mediciones (antes y después de la instalación de las cocinas).

4.9. Análisis de los impactos en la salud

En el apartado 3.3.2.3 ya se expuso la relación existente entre las exposición a ciertos contaminantes intra-domiciliarios producto de la combustión de combustibles sólidos para cocinar y la exposición a los contaminantes que se producen tiene graves consecuencias para la salud.

Para la cuantificación de estos impactos existen varias aproximaciones a seguir dependiendo de la disponibilidad de datos con la que se cuente (Tabla 3.13), los cuales permiten calcular disminución en la prevalencia de enfermedades o muertes evitadas, producidos por la contaminación en el interior del hogar.

En este caso, como en el apartado anterior se ha calculado la reducción de concentración en ciertos contaminantes debido a la instalación de las cocinas mejoradas se ha optado por la utilización del método basado en contaminantes mediante funciones exposición-respuesta (Desai et al., 2004).

Las funciones exposición-respuesta son funciones que permiten relacionar los cambios en la concentración con cambios en la incidencia (n° de casos atribuibles de enfermedad o de muerte, pérdida de esperanza de vida). Se basan en modelos regresivos de estudios epidemiológicos

concretos donde se aísla el efecto de la contaminación de un determinado colectivo expuesto. En general la expresión sería la siguiente:

$$Incidence_{Control} = \left(1 - \left(\frac{1}{\exp(\beta \cdot \Delta Q)} \right) \right) Incidence_{Baseline} \cdot Pop$$

Donde:

- Incidence: incidencia del parámetro estudiado en los escenarios de referencia y control respectivamente.
- β – coeficiente de regresión del estudio epidemiológico correspondiente.
- ΔQ - diferencia de concentración para el métrico utilizado en los escenarios de referencia y control.
- Pop – población sobre la que se realiza la estimación.

Para la determinación de la reducción en las cargas de morbilidad y en muertes, de acuerdo con la metodología escogida, en primer lugar se debe seleccionar aquellos problemas de salud que van a ser considerados en el análisis. G. Hutton et al., 2006 recomienda la introducción de los impactos en salud debido a la exposición a contaminación intradomiciliar donde la evidencia esté demostrada y los cálculos del riesgo relativo asociado hayan sido realizados, limitando la cuantificación a aquellos impactos en salud cuya evidencia sea fuerte o del grupo moderado-I de acuerdo con lo recogido en la Tabla 3.11.

Una vez seleccionados los impactos en salud considerados se debe realizar la selección de datos a ser utilizados en la ecuación antes presentada. En este caso son los siguientes:

- Incidencia: se trabaja con datos provenientes de diversas fuentes que se referirán a continuación. En concreto se utilizan los siguientes parámetros:
  - Nº de muertes
  - DALY's (Disability Adjusted Life Years): Años de vida ajustados en función de la discapacidad, que representa la diferencia entre el estado actual de salud y un estado ideal donde toda la población vive hasta una edad avanzada, sin enfermedades y discapacidad. Se calcula como la suma de los años de vida perdidos (YLL, Year of Life Lost) debido a la mortalidad prematura en la población y de los años perdidos por discapacidad (YLD, Years Lost Due to Disability) que la gente vive con la esa condición o sus consecuencias.
  - Incidencia en nº de casos o episodios por año.
- Población: se estimará a partir del nº de hogares y el nº medio de personas en cada hogar, que serán estimados a partir de estadísticas nacionales y datos proporcionados por el convenio.
- Diferencia de concentración para los contaminantes escogidos: en nuestro caso serán los resultados obtenidos en el apartado anterior.
- Coeficiente de regresión exposición-respuesta: este es el dato con mayor incertidumbre ya que no existen datos disponibles para la región de estudio y cuya disponibilidad no es amplia. En este caso se ha optado por la utilización de datos provenientes de estudios en otros países aplicados a casos de cocinas mejoradas.

A continuación se presenta una tabla resumen con la información necesaria, los métodos utilizados para su recolección y las fuentes de información que han sido utilizados en este apartado:

Necesidad de información		Fuente de obtención del dato
Datos de incidencia	Muertes, DALYS y nuevos casos de COPD	Datos de incidencia directamente atribuibles a la contaminación en el interior de las viviendas del “Global Burden of Diseases, Injuries and Risk Factor Study 2010” para cada uno de los países objeto del estudio (IHME, 2010a, 2010b, 2010c).
	Episodios anuales de ALRI	Revisión literaria de estudios epidemiológicos
Datos poblacionales		Estimaciones a partir de datos proporcionados por el convenio y bases de datos internacionales (CIA, 2013; UNDESA, 2013)
Coeficientes de regresión		Revisión literaria de estudios epidemiológicos

Tabla 4.17. Necesidades de información: Cuantificación de impactos en salud
Fuente: Elaboración propia

Finalmente una vez se dispone de todos los datos, se procede a la introducción de los mismos en la función exposición-respuesta obteniéndose la reducción en las cargas de morbilidad y en muertes asociadas en los contaminantes escogidos en la zona de intervención.

4.10. Análisis coste-beneficio

A lo largo de este apartado se han detallado los potenciales impactos derivados de la instalación de cocinas mejoradas gracias al convenio (beneficios sociales principalmente asociados a la reducción del tiempo empleado en actividades de cocinado, la reducción de emisiones de GEI, la reducción de la concentración intra-domiciliar de los contaminantes estudiados y la reducción asociada en las cargas de morbilidad y muertes), así como la metodologías seguidas para su determinación.

En este apartado se presenta la metodología seguida para la realización de un análisis coste-beneficio que recoja en unidades comunes, monetizando aquellos impactos que no se encuentran expresados en términos económicos, los impactos generados por el convenio. En resumen, este paso adicional consiste realizar un análisis económico explícito y cuantitativo que compare los costes y los beneficios derivados de la intervención permitiendo obtener conclusiones de la eficiencia relativa de esta intervención.

Normalmente a la hora de realizar la evaluación económica de acciones de eficiencia energética existes dos opciones (Guy Hutton & Rehfuess, 2006):

- Análisis coste-beneficio: cuyo objetivo es identificar si los beneficios de una intervención exceden a los costes económicos de la misma.
- Análisis coste-eficiencia: mide los beneficios de una intervención en función de otro tipo de unidades como por ejemplo muertes evitadas o la deforestación evitada en kg de madera.

El segundo tipo de análisis normalmente minusvalora los beneficios sociales de este tipo de intervenciones por lo que se ha optado por la realización de un análisis coste-beneficio. Este análisis indicará si la intervención es rentable en términos económicos y además permite su comparación con otro tipo de intervenciones de cara a facilitar la decisión entre varias opciones en base a parámetros comunes.

Un punto importante a mencionar es que, en intervenciones de este tipo, especialmente en países en desarrollo, los beneficios no tienen un valor económico real sino que deben de ser determinados a partir de valores sombra, como por ejemplo el aumento del tiempo disponible, lo que justifica la realización de un análisis coste-beneficio sobre un análisis financiero puro en el cual se consideran únicamente los flujos de caja (Guy Hutton & Rehfuess, 2006).

4.10.1. Marco del análisis coste-beneficio

El primer paso para la realización del análisis coste-beneficio es determinar cuál va a ser el marco que se utilice. La definición de este marco consiste en determinar los costes y beneficios que van a ser considerados en el análisis. Estudios recientes (M. Jeuland & Tan Soo, 2016; S. Malla & Timilsina, 2014) han señalado los distintos costes y beneficios derivados de la adopción de soluciones de cocinado, y a partir de los mismos se han determinado a considerarse a este análisis.

En el marco del convenio, los costes son perfectamente conocidos y se limitan al coste de las cocinas y al coste de las actividades de eficiencia energética del mismo. En cuanto a los beneficios, se consideran aquellos que se derivan de los potenciales impactos de las soluciones de cocinado (analizado en el apartado 3.3) utilizando aquellos que han podido determinarse en el marco del convenio.

Además, se trabaja con dos marcos conceptuales, uno a nivel hogar y otro a nivel de la intervención en su totalidad (Figura 4.3 y Figura 4.4). En el primero se tendrán en cuenta los costes y beneficios en los que incurren o son aplicables a un hogar concreto, mientras que en el segundo se tendrán en cuenta los costes y beneficios a nivel de la intervención de manera global. En este segundo caso, entre los beneficios ambientales, la prevención en la degradación de los suelos y la conservación de las reservas forestales no se han valorado económicamente, ya que sería necesario realizar estudios específicos para su determinación.

Figura 4.3. Marco conceptual del análisis coste-beneficio a nivel hogar
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4. Marco conceptual del análisis coste-beneficio a nivel de la intervención
Fuente: Elaboración propia

Tomando como punto de partida el marco anterior, en la siguiente imagen se observa el procedimiento seguido para la realización del análisis coste-beneficio, detallándose también la procedencia de los distintos datos utilizados para el mismo.

Figura 4.5. Procedimiento seguido para la realización del ACB

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, tal y como se ha hecho en los apartados anteriores, en la siguiente tabla se detallan los métodos utilizados para el cálculo de los distintos apartados de este análisis y la procedencia de los datos utilizados en el mismo:

Elementos considerados en el análisis	Método	Fuente de los datos
Costes		
Coste de la cocina mejorada	Inversión inicial de la familia. Coste de reposición para distintas vidas útiles de la CM.	Dato suministrado por ApS
Coste de las actividades de eficiencia energética del proyecto	Costes de operación incluyendo salarios del personal, costes administrativos, gastos de viaje y otros costes asociados.	Dato suministrado por ApS
Beneficios		
Salario Sombra	Metodología propuesta para su cálculo por G. Hutton et al. 2006.	Bases de datos internacionales
Ahorro en combustible	Ahorro monetario en aquellas familias que pagan por él.	A partir del precio de mercado del kilogramo de leña
	Ahorro de tiempo en	Salario sombra y resultados recogidos en el apartado 4.6.

Elementos considerados en el análisis		Método	Fuente de los datos
	aquellas familias que recolectan.	estimado a partir del salario sombra.	
Disminución en el tiempo de cocinado		A partir del salario sombra.	Resultados del apartado 4.6.
Beneficios en la salud	Tiempo disponibles por los casos evitados	Metodología propuesta para su cálculo por G. Hutton et al. 2006.	Resultados del apartado 4.8.2.3, datos de severidad de la enfermedad, tiempo de recuperación y días de trabajo perdido de la región AFR-D de la WHO y salario sombra.
	Reducción en gastos en salud		Resultados del apartado 4.8.2.3, datos de severidad de la enfermedad, tiempo de recuperación y días de trabajo perdido de la región AFR-D de la WHO, cuestionario y entrevistas con responsables de centros de salud de la zona.
	Reducción en costes en el sistema nacional de salud		
Beneficios medioambientales	Reducción de emisiones de GEI	Precio de la precio de tonelada equivalente de CO ₂ en mercados de carbono.	Resultados del apartado 0 y precio de tonelada equivalente de CO ₂ .
	Prevención de la degradación de los suelos	No se considera en este análisis.	
	Conservación de bosques	No se considera en este análisis.	

Tabla 4.18. Métodos y fuentes de los datos utilizados para la determinación de los beneficios considerados en el ACB

4.10.1.1. Horizonte temporal y tasa de descuento

Para el análisis coste beneficio se ha tomado un período de referencia de 10 años (entre principios de 2014 y finales de 2023). Todos los beneficios y costes han sido tomados con el año 2014 como referencia, año que se considera como el primero completo donde los beneficios derivados del cambio de cocina pueden ser observados.

Para los cálculos realizados se ha aplicado una tasa de descuento (medida financiera que se aplica para determinar el valor actual de un pago futuro) del 3%. Esta tasa es la que se recomienda generalmente para la evaluación económica de programas de promoción de cocinas mejoradas que siempre incluyen objetivos de alto valor social y ambiental y que son de interés público y de los gobiernos respectivos (Habermehl, 2007, 2008; G. Hutton et al., 2006; Guy Hutton & Rehfuess, 2006).

4.10.1.2. Supuestos generales

Por el momento en que fue realizado el trabajo de campo, algunos datos necesarios para la realización de este análisis se han supuesto una serie de datos teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El número de cocinas mejoradas utilizadas tras su instalación permanece constante.
- El precio de los combustibles permanece constante.
- El ahorro en combustible logrado con la instalación de las cocinas mejoradas permanece constante.
- La tasa de utilización de las cocinas mejoradas es del 95%. Este es el valor que se utiliza en la bibliografía consultada de proyectos con características similares.
- Las cocinas son reemplazadas en su totalidad una vez acabada la vida útil de las mismas.
- Según datos del fabricante, los dos modelos de cocina instalados tienen una vida útil de 5 años para la cocina Noflaye Jeeg y de 6 años para la Noflaye Jaboot. Como estos datos no han sido confirmados en terreno, se va a realizar el análisis suponiendo que las cocinas pueden tener una vida útil desde los dos años, confirmada hasta el momento, hasta la dada por el fabricante.

4.10.2. Determinación del valor de los elementos considerados en el análisis

4.10.2.1. Costes considerados para el ACB

Según se recoge en el marco desarrollado, para este análisis se van a considerar dos costes: el coste de las cocinas mejoradas y el coste de las actividades de eficiencia energética del convenio.

Para el cálculo del coste asociado a las cocinas se han tomado los precios suministrados por parte del equipo del convenio en el momento de la realización de la investigación. Con este coste inicial se han calculado las anualidades para determinar el coste anual de las cocinas con una tasa de descuento del 3% y un horizonte temporal de 10 años, teniendo en cuenta la incertidumbre acerca de la vida útil de las cocinas.

El coste de las actividades de eficiencia energética del convenio ha sido un dato suministrado por el convenio.

4.10.2.2. Valorización económica del tiempo por país: cálculo del salario sombra

Muchos de los beneficios considerados en este análisis (disminución del tiempo necesario para la recolección de la leña, disminución del tiempo empleado en cocinar y el tiempo disponible por la reducción de cargas de morbilidad) provienen de impactos cuyos resultados vienen presentados en términos temporales.

Por lo tanto como primer paso la determinación de los mismos es necesario conocer cuál es la valorización monetaria del tiempo en la zona de intervención. Este es uno de los puntos del análisis cuyos datos presentan mayor incertidumbre ya que no se disponen datos reales en la zona de intervención para poder realizarlo. Para su determinación se ha optado por calcular el salario sombra, que se define como la valoración de un trabajo cuyo salario no está reconocido

en el mercado, para cada uno de los países. Para ello se han empleado las siguientes recomendaciones de la OMS (G. Hutton et al., 2006):

- Utilizar como parámetro de partida el Ingreso Nacional Bruto (INB) per cápita.
- Asignar el mismo valor económico al tiempo empleado para todos los adultos, de manera que no se favorezca a aquellos de mayores ingresos frente a los de menores, ni a hombres frente a mujeres.
- Transformar el INB a datos diarios y horarios tomando como base 230 días laborables al año y 10 horas diarias de trabajo.
- Considerar un valor del tiempo equivalente al coste salarial. Varios estudios demuestran que, aunque el tiempo ganado se emplee en actividades generadoras de ingresos, trabajos no generadores de ingresos u otras actividades como el ocio, las personas valoran su tiempo aproximadamente igual que su salario horario.

Para la determinación del valor monetario de estos periodos de tiempo hay que decidir la parte que se considera productivo. En las fuentes bibliográficas consultadas existen dos opciones:

- El valor económico del tiempo productivo ganado por las familias con las instalaciones de las cocinas puede ser utilizado y aplicado independientemente de que hagan los individuos con ese tiempo (G. Hutton et al., 2006). Es decir, se consideraría que el 100% del tiempo ahorrado tiene un valor económico asociado, considerando también el tiempo libre o de ocio conseguido.
- Asumir sólo el valor económico del tiempo ahorrado que se dedica exclusivamente a actividades productivas propiamente dicho como actividades agrícolas, actividades en el hogar que conducen a una mejora en las condiciones de vida, participación en actividades comunitarias o de generación de ingresos. Se considera que un 50% del tiempo ahorrado tiene un valor económico (Habermehl, 2007, 2008).

Tomando esto en consideración, se ha decidido para todos los cálculos posteriores utilizar ambas suposiciones de manera que se obtenga una información lo más completa posible.

4.10.2.3. Beneficios: reducción de costes por el ahorro en combustible

A la hora de calcular los beneficios económicos derivados del ahorro en combustible es necesario tener en cuenta la forma de obtención del mismo. Para ello se toma como base los resultados de la caracterización de prácticas de recogida (apartado 4.6), dividiendo la población de la zona de intervención en diversos grupos dependiendo del modo de obtención, si el combustible se paga o no, y del modo de transporte, si se realiza o no algún pago por el transporte del combustible desde el punto de obtención hasta el de utilización.

Para aquellos hogares que obtienen el combustible sin pagar, el ahorro monetario se ha estimado en base al precio sombra del combustible. Este precio se ha calculado a partir del salario sombra de cada país (apartado 4.10.2.2) y de la media de los kilogramos de leña recogidos en cada país por hora (apartado 4.6). Después de la obtención de este valor se ha calculado el ahorro a partir de la reducción en el consumo de combustible (apartado 4.6).

Para aquellos hogares que si realizan pago por el combustible, el ahorro monetario se ha calculado a partir del valor de mercado del mismo, obtenido mediante la aplicación de cuestionarios, y la reducción del consumo de combustible.

En el caso del transporte, cuando los hogares no pagan por él no existe ningún ahorro monetario derivado, mientras que los casos en los que sí existe pago, éste se ha determinado a partir de la información obtenida con los cuestionarios e información proporcionada por el convenio.

4.10.2.4. Beneficios: reducción del tiempo empleado en cocinar

Para su cálculo se ha utilizado la media por país de la reducción del tiempo pasado junto al fuego (apartado 4.6). Se ha utilizado este valor y no la reducción del tiempo empleado en cocinar ya que durante el tiempo que las mujeres emplean en cocinar éstas también realizan otras labores. De esta manera, se asegura que el valor monetario calculado se debe realmente a la mejora en la eficiencia de las cocinas. Este valor temporal se ha transformado en un valor monetario a partir del salario sombra (apartado 4.10.2.20).

4.10.2.5. Beneficios: impactos en la salud

La reducción de las cargas de morbilidad y mortalidad asociadas a la contaminación intra-domiciliar gracias a la implementación de soluciones de cocinado lleva asociado una mejora en el estado de salud de las personas. Esta mejora conduce a (G. Hutton et al., 2007; Guy Hutton & Rehfuess, 2006):

- Aumento del tiempo disponible para realizar otras actividades debido a la mejoría en el estado de salud (a nivel hogar).
- Disminución del gasto en salud de los hogares (a nivel de hogar).
- Reducción de costes en el sistema de salud (a nivel nacional).

Para el primer caso, según las recomendaciones de la OMS (G. Hutton et al., 2006), los beneficios económicos de la reducción de la morbilidad (casos de enfermedad evitados) se valoran en función del número de días enfermo evitados multiplicado por el valor del tiempo. Los beneficios económicos de las muertes evitadas son calculados multiplicando el valor medio anual del tiempo por el número de años de vida perdidos para obtener ingresos.

Para el cálculo de los días enfermo evitados, se toma como punto de partida el nº de casos evitados (apartado 4.9). Posteriormente se han utilizado los datos de severidad y tiempo de recuperación estimados por la OMS en base a un estudio mundial sobre los impactos en salud de la contaminación intra-domiciliar presentados a continuación (Tabla 4.19 y Tabla 4.20).

Estos datos son específicos para la región de la OMS AFR-D, donde se encuentran los tres países de este estudio. Además se han tomado una serie de consideraciones: el 50% de los casos se tratan y el otro 50 no (no se dispone de datos para determinar una proporción distinta) y que un caso de ALRI en un niño menor de 5 años supone que un adulto pierde la mitad su tiempo productivo (Hutton et al., 2005).

Una vez obtenido el tiempo disponible que se corresponde con las enfermedades evitadas a partir de los datos anteriores, el valor económico del aumento del tiempo disponible se calcula en función del salario sombra.

Variable	ALRI	COPD	Cáncer de pulmón
Severidad			
1	86%	60%	
2	12%	30%	
3	2%	10%	100%
Días enfermo si hay tratamiento			
1	5	25	
2	10	100	
3	15	200	125
Días enfermo si no hay tratamiento			
1	10	75	
2	20	150	
3	30	250	125

Tabla 4.19. Severidad y tiempo de recuperación para enfermedades relacionadas con la exposición a contaminación intra-domiciliar
1: casos moderados de ALRI y suaves de COPD; 2: casos severos de ALRI y moderados de COPD, 3: casos muy severos de ALRI y severos de COPD
Fuente: (G. Hutton et al., 2006)

Enfermedad	Severidad	Tratamiento	Tiempo incapacitado
ALRI	No severo	Con tratamiento	5 días
		Sin tratamiento (o mal tratado)	10 días
	Severo	Con tratamiento	10 días
		Sin tratamiento (o mal tratado)	20 días
	Muy severo	Con tratamiento	15 días
		Sin tratamiento (o mal tratado)	30 días
COPD	Estado I	Con tratamiento	10% del tiempo
		Sin tratamiento (o mal tratado)	30% del tiempo
	Estado II	Con tratamiento	40% del tiempo
		Sin tratamiento (o mal tratado)	60% del tiempo
	Estado III	Con tratamiento	80% del tiempo
		Sin tratamiento (o mal tratado)	100% del tiempo
Cáncer de pulmón	Año final	Con o sin tratamiento	100% del tiempo

Tabla 4.20. Días de trabajo perdidos debido a enfermedades
Fuente: (G. Hutton et al., 2006)

Para el cálculo de la disminución del gasto en salud de los hogares, en primer lugar se han considerado los costes de la visita a los centros de la zona de la zona obtenidos a partir de entrevistas con el personal médico: en Gambia 5 dalasi la visita más 25 dalasi adicionales en caso de ser necesario la realización de análisis (0.70 Euros) y en Senegal y Guinea Bissau 500 FCFA la visita (0.76 Euros). Además, se ha asumido que todos los casos evitados de enfermedad

significan una visita menos al centro sanitario y que se evitan los gastos en medicinas y procedimientos dependiendo de la gravedad del caso, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Enfermedad	ALRI				COPD			Cáncer	
Características	Moderada (PA)		Severa (PH)	Muy severa (PH)	Suave (PA)	Moderada (PH)	Severa (PH)	PH	PA
	Bajos índices de SIDA	Altos índices de SIDA							
Coste	0.17	0.27	7.61	14.86	3.58	168.2	181.7	44.3	5.3

Tabla 4.21. Costes en medicinas y procedimientos por caso de enfermedad para la región AFR-D de la OMS en dólares

PA: pacientes ambulatorios; PH: pacientes hospitalizados

Fuente: (G. Hutton et al., 2006)

En el cálculo de los costes para el sistema nacional de salud, no se disponen de datos suficientes para la realización de este cálculo. Aun así, se ha considerado que los gastos asociados a medicinas y procedimientos, calculados anteriormente, son en parte gastos del estado por lo que al menos una cantidad de la reducción de costes en el sistema nacional de salud estaría incluido en el montante anterior.

4.10.2.6. Beneficios: reducción de emisiones de gases de efecto invernadero

La reducción de emisiones de GEI viene determinado por el número de toneladas equivalentes de CO₂ evitadas (apartado 4.7), que equivalen a los Certificados de Emisiones Reducidas (CER) en los mercados internacionales de carbono.

Para que estas reducciones puedan transformarse en CERs y tener un valor económico asociado en los mercados de carbono es que la biomasa leñosa utilizada sea “no renovable” (apartado 4.7.2).

Para obtener el valor económico asociado a la reducción de emisiones asociada a las actividades del convenio, en caso de que se demuestre la no renovabilidad de la biomasa leñosa, se debe decidir cuál es el precio de venta de la tonelada de carbono en los mercados internacionales que va a ser utilizado. Este precio varía ampliamente según el mercado:

- Mercado obligatorio: actualmente el valor de la tonelada de CO₂ es muy bajo y los procesos de registro y certificación son costosos y complejos.
- Mercado voluntario: en estos mercados se utiliza un gran número de estándares para la certificación de las toneladas de carbono y los precios de venta en el mismo son negociados individualmente y mayores a los del mercado obligatorio. En el caso de los proyectos de cocinas mejoradas los dos estándares más utilizados son el Gold Stand (GS) y el Voluntary Carbon Standard (VCS).

En base a esto, en la siguiente tabla se presenta los precios de la tonelada de carbono utilizado en el análisis:

Mercado	Estándar	Reducción de toneladas de CO2 anual	Precio ton CO2-eq en USD	Valor económico de la reducción anual en USD	Valor económico de la reducción anual en EUR
Obligatorio	-	12912,31 t CO2-eq	0,60*	7747,38	6441,552973
Voluntario	GS		11**	142035,41	118095,1378
	VCS		9**	116210,79	96623,2946

* Precio actual del sCER en el mercado obligatorio. Fuente: <http://www.pointcarbon.com>

** Precio Medio en 2012 del estándar en el Mercado Voluntario. Fuente: Ecosystem Market Place 2013

Tabla 4.22. Valor económico de la reducción de emisiones

Fuente: Elaboración propia

4.10.2.7. Resultados de los beneficios

Una vez calculados todos los beneficios para el año de referencia (2014) se presentarán los resultados globales como la suma de los mismos para cada país por hogar y para toda la zona de intervención de acuerdo con los beneficios considerados en cada caso, según se recoge en el marco de análisis propuesto (Figura 4.4 y Figura 4.3). Los resultados se presentan en términos absolutos en euros, con el objetivo de poder realizar un análisis comparativo sobre una divisa común, y en términos porcentuales, para poder ver la contribución relativa de cada impacto en términos económicos. Para el caso de la reducción de GEI donde se han realizado el cálculo a partir de los distintos valores del crédito de carbono en los distintos mercados se toma como valor de referencia el valor de éste en el mercado voluntario con el estándar GS, ya que ha sido ésta la metodología utilizada para su cálculo.

4.10.3. Resultados del análisis coste-beneficio

Una vez calculados todos los elementos considerados en el análisis, tanto a nivel hogar como a nivel país y de la zona de intervención, se procede a obtener los resultados finales del análisis coste-beneficio. Estos resultados finales darán una visión global e indicarán si la intervención es rentable en términos económicos y además permitirá su comparación con otro tipo de intervenciones de cara a facilitar la decisión entre varias opciones en base a parámetros comunes.

Como primer paso para su obtención es necesario extrapolar los beneficios del año de referencia (2014) para todo el horizonte temporal del análisis (10 años) teniendo en cuenta la tasa de descuento seleccionada para este caso (el 3%).

Además se ha estimado oportuno presentar los resultados globales del ACB a partir de una serie de alternativas de cálculo. La elección de las mismas se ha realizado, principalmente, para poder observar la influencia que tiene la vida útil de las cocinas en los costes y beneficios. Además, se tiene en cuenta la incertidumbre asociada al método de cálculo para la obtención de los beneficios económicos derivados de la mejora en el estado de salud y en los beneficios derivados de la reducción de GEI por la alta volatilidad de los precios de los CER en los mercados

de carbono en los últimos años. Con esto en cuenta se presentan los resultados en base a 6 alternativas:

- Alternativa 1: Vida útil de la cocina de 2 años considerando todos los beneficios asociados.
- Alternativa 2: Vida útil de la cocina de 2 años sin considerar los beneficios en salud ni los asociados a la reducción de emisiones de GEI.
- Alternativa 3: Vida útil de la cocina de 4 años considerando todos los beneficios asociados.
- Alternativa 4: Vida útil de la cocina de 4 años sin considerar los beneficios en salud ni los asociados a la reducción de emisiones de GEI.
- Alternativa 5: Máxima vida útil de la cocina considerando todos los beneficios asociados.
- Alternativa 6: Máxima vida útil de la cocina sin considerar los beneficios en salud ni los asociados a la reducción de emisiones de GEI.

Los resultados finales también tienen en cuenta los dos niveles de análisis seguidos a lo largo de todo el proceso, nivel hogar y nivel convenio. A nivel hogar se presentarán los siguientes resultados:

- Período de retorno: indica el tiempo necesario para que los beneficios acumulados igualen la inversión inicial (coste de la cocina), es decir, el tiempo necesario para recuperar la inversión.
- Beneficios netos acumulados durante la vida útil de las cocinas y tasa de retorno que indica el factor en que los beneficios netos exceden a los gastos por la cocina durante su vida útil.

Estos resultados permitirán las repercusiones económicas de la instalación de las cocinas mejoradas a nivel de cada hogar.

A nivel del convenio se presentarán:

- El valor actual neto (VAN) de la intervención: representa la suma de todos los costes y todos los beneficios derivados del programa durante 10 años actualizados al año de referencia. Se ha calculado descontando los flujos de caja actualizados (beneficios anuales menos costes anuales). En caso que el VAN sea mayor que cero indicará que la inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida.
- La relación coste-beneficio compara el valor actual neto de los beneficios con el valor actual neto de los costes. Se calcula dividiendo los beneficios descontados por los costes descontados. En concreto este valor es un indicador que expresa la rentabilidad de una inversión en términos relativos, al contrario que el VAN que los expresa en términos absolutos.

Capítulo 5. Resultados

Figura 5.1 Estructura General de la tesis
Fuente: Elaboración propia.

5.1. Introducción

Siguiendo el proceso metodológico seguido en la tesis doctoral (Figura 4.2), se exponen en este capítulo los resultados del estudio, organizados de acuerdo con las distintas metodologías aplicadas.

Asimismo, toda la discusión relacionada con los resultados obtenidos se trata también en este capítulo, que posteriormente será utilizada para desarrollar las conclusiones de la tesis doctoral dando respuesta a los objetivos del estudio.

5.2. Caracterización del combustible

Los resultados de la caracterización del combustible (Tabla 5.1) se presentan, en primer lugar, a nivel de comunidad y, a continuación, se discuten y extraen conclusiones de manera agrupada para las seis comunidades visitadas. Es importante tener en cuenta que estas respuestas han sido recogidas durante la estación seca. Por tanto, algunos de los datos resultantes (por ejemplo aquellos relativos a la humedad de la leña), podrían ser diferentes si fueran medidos en otra época del año.

En Colondinto Fouta el único combustible utilizado es la leña, que las familias encuentran en bosques cercanos a la comunidad. Las especies preferidas y las históricamente más utilizadas son el Ven (*Pterocarpus erinaceus*) y el Boodé (*Terminalia Macroptera*). Pero estas especies resultan cada vez de más difícil acceso, por lo que se han empezado a usar otras de manera habitual, como el Boodi (*Terminalia laxiflora*), el Bemmbeyi (*Iannea velutina*) o el Endam (*holarrhena floribunda*), a pesar de que las mujeres afirmen que sus características son mucho peores para el uso en la cocina.

En el caso de Diyabougou, donde también se utiliza únicamente leña, las especies preferidas por las familias son el *Pterocarpus erinaceus* (Ven) y la *Terminalia macroptera* (Boodé), pero la creciente dificultad en estos últimos años para encontrarlas ha hecho que empiecen a utilizar otras especies, como son la *Cordyla pinnata* (Dukki) o el *Combretum gluthosom* (Doogué).

En la comunidad de Ker Ardo el acceso a la leña constituye un problema importante. Debido a esta dificultad para encontrar la madera, las mujeres hacen uso de muchos otros tipos de combustible: pequeñas pajas, ramas de arbustos, cáscaras de cacahuete, excrementos de animales, y hasta plásticos, que encuentran fácilmente y de forma gratuita en los alrededores de sus casas.

En el caso de Brikama ba, la leña es el único combustible utilizado, siendo las especies forestales más comúnmente utilizadas son el *Ptericapus*, la *Maitrogina inamis*, la *Terminalia macroptera*, la *Khaya senegalensis* y el *Combrenthum micrantum*, diferentes a las especies utilizadas hace algunos años.

Las familias de la comunidad de Sissaucunda Sanmanco utilizan siempre leña para cocinar, que recogen de los bosques cercanos, siendo las especies más utilizadas el *Pterocarpus erinaceus*, la *Terminalia macroptera* y la *Piliostigma reticulatum*.

En Helacunda el único combustible utilizado para cocinar es la leña, siendo esta seca en todos los hogares. Las especies forestales más utilizadas, y las preferidas por las mujeres, son el *Pterocarpus erinaceus* y la *Terminalia macroptera* (Ven y Boodé respectivamente, en la lengua local). Sin embargo, en los últimos años estas especies se han ido haciendo más difíciles de encontrar, por lo que otras diferentes se han empezado a utilizar. Algunos ejemplos son la *Terminalia Laxiflora*, el *Combretum Collinum* o el *Anacardium Occidentale*, las cuales presentan, según las mujeres entrevistadas, características peores para su uso en la cocina.

Preguntas	Respuestas
Colondito Fouta	
¿Qué tipo de combustible utiliza?	Solo leña
¿Cuáles son las especies de madera utilizadas?	Ven: pterocarpus erinaceus Boodi: terminalia laxiflora Boodé: terminalia macroptera Bemmbeyi: lannea velutina Endam: holarrhena floribunda Madufi: combretum collinum Sinjan: cassia sieberiana
Humedad de la leña	10 % de los hogares mezcla madera húmeda y seca 90 % de los hogares utiliza madera seca
Diyabougou	
¿Qué tipo de combustible utiliza?	Solo leña
¿Cuáles son las especies de madera utilizadas?	Ven: pterocarpus erinaceus Boodé: terminalia macroptera Dukki: cordyla pinnata Doogué: combretum gluthosom
Humedad de la leña	20 % de los hogares mezcla madera húmeda y seca 80 % de los hogares utiliza madera seca
Ker Ardo	
¿Qué tipo de combustible utiliza?	Leña, residuos agrícolas, residuos animales y plásticos
Si utiliza varios tipos distintos, ¿por qué?	Existe una dificultad muy grande para encontrar leña.
¿Cuáles son las especies de madera utilizadas?	Ngeran: guiera senegalensis Nette: parkia biglobosa Dukki: cordyla pinnata Jaabi: tamarindus indica
Humedad de la leña	50 % de los hogares mezcla madera húmeda y seca

Preguntas	Respuestas
	50 % de los hogares utiliza madera seca
Brikama Ba	
¿Qué tipo de combustible utiliza?	Solo leña
¿Cuáles son las especies de madera utilizadas?	Keno: ptericapus Jungo: maitrogina inamis Wollo: terminalia macroptera Jalo:khaya senegalensis Jamba katango: combrenthum micrantum
Humedad de la leña	20 % de los hogares mezcla madera húmeda y seca 80 % de los hogares utiliza madera seca
Sissaucunda Samanco	
¿Qué tipo de combustible utiliza?	Solo leña
¿Cuáles son las especies de madera utilizadas?	Ven: Pterocarpus erinaceus Boodé: Terminalia macroptera Barkeyi: Piliostigma reticulatum
Humedad de la leña	27,3% de los hogares mezcla madera húmeda y seca 72,7% de los hogares utiliza madera seca
Helacunda	
¿Qué tipo de combustible utiliza?	Leña
¿Cuáles son las especies de madera utilizadas?	Ven: Pterocarpus erinaceus Boodi: Terminalia laxiflora Boodé:Terminalia macroptera Madufi: Combretum collinum Anacardier: Anacardium occidentale
Humedad de la leña	Seca (100% de los hogares)

Tabla 5.1. Resultados caracterización del combustible para las comunidades contempladas en el análisis
Fuente: Elaboración propia

De manera general, se puede decir que en las comunidades de Helacunda, Sissaucunda Sanmanco, Colondinto Fouta, Diyabougou y Brikama Ba, el único combustible utilizado es la leña. En Ker Ardo, además de la leña, es muy habitual el uso de otros combustibles alternativos como residuos animales y agrícolas. De esta manera, se puede afirmar que todas las comunidades del estudio dependen de la biomasa para cocinar.

En total se han identificado más de una decena de especies forestales utilizadas por las familias. De entre todas ellas, el *Pterocarpus erinaceus* y *Terminalia macroptera*, son las más apreciadas y utilizadas en prácticamente todas las comunidades, pues son las que desprenden menos humo y tienen una mejor combustión. Se ha identificado que en 4 de las 5 comunidades donde únicamente se utiliza leña para cocinar ha habido cambios en las especies utilizadas debido a la dificultad de acceso de aquellas utilizadas, que como se verá más adelante es un síntoma de la no renovabilidad de la biomasa utilizada en la zona.

Excepto en Ker Ardo, en el resto de los pueblos los entrevistados han afirmado que hacen uso mayoritariamente de leña seca. Además, en base a las observaciones realizadas in-situ durante las visitas, se puede afirmar que el 100% de la madera almacenada en las casas estaba seca. Sin embargo, estos datos han sido recogidos durante la estación seca, y muy probablemente, existirán diferencias con los datos recogidos en la estación de lluvias.

5.3. Análisis de beneficios sociales

A continuación se presentan los resultados del análisis de los beneficios sociales. Para facilitar su comprensión en primer lugar se presentan las prácticas de recogida antes de la instalación de las cocinas. Posteriormente se presentarán aquellos beneficios concretos donde se han producido cambios.

5.3.1. Prácticas de recogida

En Colondito Fouta, la mayoría de las familias entrevistadas (el 90%), afirmó utilizar sólo madera seca, que era recogida por las mujeres, y en cantidades suficientes para 2 o 3 días. Esto no ocurría así en dos de las familias entrevistadas, que disponían de un carro y era el hombre quien se encargaba de esta tarea, recolectando grandes cantidades de leña. Ya sea en pequeñas o en grande cantidades, en todos los casos, la madera se almacenaba de forma individual, cercana al lugar donde se cocina.

Las familias en Diyabougou son generalmente muy numerosas. Debido a esto, y tal y como se puede ver en la Tabla 5.2, el dato de consumo de leña diario medio era de 26,7 Kg por familia. En esta comunidad, eran los hombres de cada familia los que se encargan de la tarea de la recolección de la leña. Estos se desplazaban en carro hasta algunos bosques lejanos a la comunidad recogiendo grandes cantidades de madera, principalmente seca, que luego se almacenan de forma individual en cada casa.

En Ker Ardo, las personas entrevistadas destacaron que hay que recorrer largas distancias para tener acceso a la leña. Normalmente, eran las mujeres quienes caminan hasta los bosques o las tierras de cultivo donde buscan los residuos agrarios. También se ha identificado que en algunas ocasiones eran los hombres quienes se desplazaban en carro para recolectar cantidades mayores de leña; y en otras ocasiones cuando la economía de las familias lo permitía, se compraba el combustible vegetal.

En Brikama Ba, el consumo medio era de 10,1 kg por familia y día. La principal característica de esta comunidad es que en el 80% de las familias entrevistadas se pagaba por la madera que utilizan para cocinar. Hace algunos años, las mujeres recogían la leña en los alrededores del pueblo, pero la creciente dificultad para encontrar madera, traducida en más tiempo invertido y más distancia recorrida, hizo que se viesen obligadas a comenzar a comprarla. La compra se realizaba casi siempre en pequeñas cantidades a los vendedores que se encontraban en las

calles del propio pueblo. Otras veces, y cuando los medios económicos lo permitían, las familias compraban carros llenos de leña que servían para aprovisionar a las familias durante períodos más largos.

En Sissaucunda Samanco, eran principalmente las mujeres quienes se encargan de esta tarea, aunque ocasionalmente, y cada vez con más frecuencia, los hombres empezaban a incluir la búsqueda de leña entre sus actividades. Así, en el 90,9 % de las familias la madera se transportaba con la cabeza (cuando lo hacen las mujeres), y en el 9,1% se utilizaba la bicicleta o el carro (cuando lo hacen los hombres). Tal y como se puede observar en la Tabla 5.2, el consumo de madera medio por familia era de 10,7 Kg, que se almacenaba en el 100% de los casos de forma individual en pequeñas cantidades, para 2 o 3 días. Además, las entrevistas realizadas muestran que el 72,7% de los hogares utilizaban solamente madera cogida del suelo o de árboles secos, mientras que el 27,3% recolectaba la leña directamente de los árboles,

En Helacunda, cada familia utilizaba una cantidad media de 11,6 Kg de madera, que las mujeres recogían del bosque cercano a la comunidad y transportaban sobre su cabeza. Con la madera recogida formaban pequeños almacenamientos, para 2 o 3 días, que se guardaban de forma individual, normalmente en un lugar próximo al lugar donde se cocina.

Preguntas	Colondito Fouta	Diyabougou	Ker Ardo	Brikama Ba	Sissaucunda Samanco	Helacunda
¿De dónde proviene la leña?	Bosque	Bosque	Bosque y tierras de cultivo	90% de los hogares utiliza madera comprada 10% de los hogares recoge del bosque	Bosque	Bosque
Cantidad de leña utilizada al día con la cocina tradicional (media)	12,5 kg	26,7 kg	9,5 kg	10,1 kg	10,7 kg	11,6 kg
¿Quién recoge la leña?	Principalmente mujeres. Hombres ocasionalmente	Hombres	Principalmente mujeres, a veces acompañadas por sus hijos. Ocasionalmente los hombres.	90% de los hogares utiliza madera comprada 10% de los hogares la recoge el hombre	Principalmente mujeres. Hombres ocasionalmente.	Mujeres
¿Cuál es el medio de transporte utilizado para el transporte de la leña?	70% sobre la cabeza 20% en carro 10% en bicicleta	90% Carro 10% Comprada	40 % sobre la cabeza 20% carro 40% ambos	90% de los hogares utiliza madera comprada 10% de los hogares utiliza el carro	90,9 % sobre la cabeza 9,1 % en otros medios de transporte como el carro o la bicicleta	Sobre la cabeza (100% de los hogares)
¿Se hacen reservas de leña?	70% almacenamiento pequeño 20% almacenamiento grande 10% no tienen almacenamiento	Almacenamiento grande (100% de los hogares)	60% almacenamiento pequeño 30% almacenamiento grande 10% no tienen almacenamiento	60% almacenamiento pequeño 30% almacenamiento grande 10% no tienen almacenamiento	Pequeños almacenamientos para 2 ó 3 días (100% de los hogares)	Pequeños almacenamientos para 2 ó 3 días (100% de los hogares)

Preguntas	Colondito Fouta	Diyabougou	Ker Ardo	Brikama Ba	Sissaucunda Samanco	Helacunda
¿Hay pago por el combustible?	No	90% no pago por el combustible 10% pago por el combustible	50% no pago por el combustible 10% pago por el combustible 40% a veces	80% pago por el combustible 10% no pago por el combustible 10% a veces	No	No
¿Hay pago por el transporte del combustible?	No	90% no pago por el transporte 10% pago por el transporte	80% no pagan por el transporte 20% a veces	70% no pagan por el transporte 30% sí hay pago por el transporte	No	No

Tabla 5.2. Resultados del estudio de prácticas de recogida de la leña
Fuente: Elaboración propia

En base a los datos recolectados, no se puede establecer un patrón común sobre la recolección de la leña. En las comunidades de Helacunda, Sissaucunda Sanmanco y Colondinto Fouta, la madera es recolectada de bosques cercanos a la comunidad y transportada, en la mayoría de los casos, por las mujeres hasta las casas, donde se hacen pequeños almacenamientos para 2 o 3 días. En Diyabougou, son los hombres quienes se ocupan del aprovisionamiento de leña a las familias, transportándola en carro desde bosques algo alejados de la comunidad. Las casas cuentan con grandes almacenamientos de madera, para abastecer a las familias durante algunas semanas. En Brikama ba, la mayoría de la población utiliza leña comprada, bien en pequeñas cantidades a los vendedores que se encuentran en las calles, o comprando carros que sirven para largos períodos de tiempo. En Ker Ardo son normalmente las mujeres quienes recorren largas distancias para poder encontrarla. Cuando los recursos económicos familiares lo permiten, se compran carros llenos de madera. Pero lo más habitual para superar esta escasez es el uso de diferentes combustibles alternativos como residuos agrícolas, residuos animales, e incluso plásticos.

Estos diferentes patrones en la recolección están directamente relacionados con el estado de los bosques en las distintas comunidades. Los pueblos de Colondinto Fouta, Sissaucunda Sanmanco y Helacunda, se encuentran rodeados por bosques, y el acceso a la leña no supone todavía un problema. En Diyabougou, la madera ya no se encuentra tan fácilmente como hace algunos años, obligando a las familias a desplazarse largas distancias para encontrarla. En Brikama ba, la dificultad para encontrar leña se ha incrementado tanto en los últimos años, provocando que prácticamente toda la población pague por ella. En Ker Ardo, el acceso a la leña es un grave problema para todos sus habitantes.

La cantidad media de madera utilizada por familia y día, haciendo uso de la cocina tradicional, es de aproximadamente 10 Kg para todos los pueblos a excepción de Diyabougou, donde el consumo medio ronda las 25 Kg. Esto se debe a que el número de personas para las que se cocina es mucho más numeroso.

A continuación se señalan los dos principales cambios observados gracias a la instalación de las cocinas mejoradas, la reducción en el consumo de leña y la reducción en el tiempo necesario para el aprovisionamiento de combustible y para cocinar.

5.3.2. Reducción en el consumo de leña

Gracias a la instalación de las cocinas se produjo una disminución de la cantidad necesaria para cocinar. Mediante el pesado de las necesidades de leña al día de las 66 familias participantes en estudio, a continuación se detallan los resultados para cada comunidad, incluyendo el valor medio de consumo por hogar, con la cocina tradicional y la cocina mejorada, y el ahorro medio por hogar:

País	Comunidad	Consumo de madera con cocina tradicional		Consumo de madera con cocina mejorada		Ahorro de madera	
		Diario (kg/hogar·día)	Anual (t/hogar·año)	Diario (kg/hogar·día)	Anual (t/hogar·año)	Diario (kg/hogar·día)	Anual (t/hogar·año)
Senegal	Colondito Fouta	12,5	4,56	6,94	2,53	5,56 (44%)	2,03
	Diyabougou	26,67	9,73	9,7	3,54	17,33 (64%)	6,33
	MEDIA	19,585	7,145	8,32	3,035	11,445 (58%)	4,18
Gambia	Ker Ardo	9,5	3,47	4,31	1,57	5,19 (55%)	1,89
	Brikama Ba	10,13	3,7	5,14	1,88	5 (49%)	1,83
	MEDIA	9,815	3,585	4,725	1,725	5,095 (52%)	1,86
Guinea Bissau	Helacunda	11,64	4,25	6,05	2,21	5,35 (48%)	1,95
	Sissaucunda Samanco	10,68	3,9	5,75	2,1	5,35 (46%)	1,99
	MEDIA	11,16	4,075	5,9	2,155	5,35 (47%)	1,97

Tabla 5.3. Consumo medio anual de biomasa leñosa por hogar con cocina tradicional y con cocina mejorada
Fuente: Elaboración propia

El consumo medio anual de biomasa por hogar con la cocina tradicional es de 4,63 toneladas y, considerando que cada familia está compuesta por una media 12 personas (dato facilitado por los responsables del convenio), resulta un consumo anual de 385,83 Kg por persona y año. Tras la implementación de las cocinas mejoradas, cada familia utiliza al año 2,64 toneladas, lo que significa un 57% de reducción media en consumo de biomasa leñosa para cocinar.

Los datos obtenidos del pesado de la madera se corresponden muy bien con la información extraída de los cuestionarios realizados durante las visitas: de media, las familias han contestado que, tras la instalación de las cocinas mejoradas, se ha reducido en un 61 % el número de veces por semana que recogen leña para cocinar.

En la

Países	Comunidad	Consumo de madera con cocina tradicional		Consumo de madera con cocina mejorada		Ahorro de madera	
		Diario (kg/hogar·día)	Anual (t/hogar·año)	Diario (kg/hogar·día)	Anual (t/hogar·año)	Diario (kg/hogar·día)	Anual (t/hogar·año)
Senegal	Colondito Fouta	12,5	4,56	6,94	2,53	5,56 (44%)	2,03
	Diyabougou	26,67	9,73	9,7	3,54	17,33 (64%)	6,33
	MEDIA	19,585	7,145	8,32	3,035	11,445 (58%)	4,18
Gambia	Ker Ardo	9,5	3,47	4,31	1,57	5,19 (55%)	1,89
	Brikama Ba	10,13	3,7	5,14	1,88	5 (49%)	1,83
	MEDIA	9,815	3,585	4,725	1,725	5,095 (52%)	1,86
Guinea Bissau	Helacunda	11,64	4,25	6,05	2,21	5,35 (48%)	1,95
	Sissaucunda Samanco	10,68	3,9	5,75	2,1	5,35 (46%)	1,99
	MEDIA	11,16	4,075	5,9	2,155	5,35 (47%)	1,97

Tabla 5.3, puede observarse que las comunidades de Helacunda, Sissaucunda Samanco, Ker Ardo, Brikama Ba y Colondinto Fouta presentan unos valores de ahorro medio anual de biomasa leñosa por hogar muy similares entre sí (en un intervalo entre 1,83 t/año hogar y 1,95 t/año hogar). Sin embargo, en Diyabougou los hogares ahorran una media de 6,33 t/año de biomasa leñosa. Esto se debe a que los consumos de leña en esta comunidad son mucho más grandes, pues el número de personas para las que se cocina es más numeroso que en el resto.

5.3.3. Ahorro de tiempo

Debido a la instalación de las cocinas mejoradas, y el aumento de su eficiencia de combustión, se produce una reducción del tiempo utilizado en las tareas relacionadas con la cocción de alimentos en dos vertientes: el tiempo empleado para la recolección del combustible y el tiempo empleado en la cocción de alimentos.

A partir de las encuestas realizadas se obtuvieron los siguientes resultados:

País	Comunidad	Nº veces cocinado/día	Nº horas cocinado/día		Nº horas al lado fuego/día		Nº veces recogida leña/semana		Nº horas recogida leña/semana	
			Ant.	Des.	Ant.	Des.	Ant.	Des.	Ant.	Des.
Senegal	Colondito Fouta	2,90	5,91	3,95	5,80	3,25	3,70	1,00	9,50	
	Diyabougou	3,00	7,55	4,00	4,20	2,55	0,69	-	4,47	
	Media	2,95	6,73	3,98	5,00	2,9	-	-	-	
Gambia	Ker Ardo	3,00	6,41	3,45	5,35	1,85	4,27	1,00	10,15	2,67
	Brikama Ba	3,00	6,95	4,55	3,80	3,28		Compra		
	Media	3,00	6,68	4,00	4,58	2,56	-	-	-	-
Guinea Bissau	Helacunda	3,09	6,91	4,73	6,73	4,14	3,27	1,64	3,86	1,73
	Sissaucunda Samanco	3,00	6,23	4,82	6,23	3,86	4,36	1,45	6,55	1,77
	Media	3,05	6,57	4,77	6,48	4,00	3,82	1,55	5,20	1,75

Tabla 5.4. Ahorro en tiempo con la instalación de las cocinas mejoradas

Fuente: Elaboración propia

Los ahorros son muy significativos. En cuanto al tiempo de cocinado, tanto en Senegal como en Gambia se produce un ahorro del orden del 40% mientras que en Guinea Bissau el valor es menor (27%). Algo similar sucede con las horas expuestas al fuego, produciéndose un descenso en torno al 43% para Gambia y Senegal y del 38% para Guinea Bissau. Para los lugares donde hay datos, la reducción del número de horas de recogida y de días a la semana es superior, con valores de entre el 50% y el 77%.

Con respecto a los roles de género en la responsabilidad del cocinado, al contrario que en el caso de la recolección de la leña donde existe mayor variabilidad, en este caso la responsabilidad siempre recaen en las mujeres. En relación a las prácticas, la mayoría de las mujeres (más del 90%) reconocer que realiza varias tareas mientras está cocinando, momento en los que no se encuentra junto al fuego. Es por esta razón por la que se presentan dos valores a ese respecto, nº de horas de cocinado y nº de horas frente al fuego.

5.4. Resultados de cálculo de la reducción de emisiones en caso de estudio

Tomando como punto de partida los resultados recogidos en el apartado anterior, para la determinación de la reducción de los GEI se siguen la metodología anteriormente planteada (apartado 4.7), analizando en primer lugar la renovabilidad de la biomasa para luego aplicar las ecuaciones adaptadas al caso específico.

5.4.1. Renovabilidad de la leña

Los resultados del estudio de la renovabilidad de la leña en la zona de intervención se recogen en la Tabla 5.5. La demostración de la no-renovabilidad de la biomasa en la zona de estudio es un requisito indispensable para que se pueda considerar que la instalación de cocinas mejoradas produce una reducción real en las emisiones de GEI (apartado 3.3.1). Tal y como se recoge en el apartado 4.7.2, en este caso se han seguido las recomendaciones recogidas en la metodología AMS II.G de la UNFCCC (UNFCCC, 2016b), que establece para que la biomasa sea “no renovable” tienen que cumplirse, al menos, dos de los siguientes indicadores:

- Incremento en el tiempo invertido o la distancia recorrida por los usuarios o por los proveedores de leña para la recolección de la madera.
- Aumento de los precios de la leña, que indican una escasez de la misma.
- Cambios en el tipo de combustible utilizado por los usuarios para cocinar, que indica una escasez de la leña.
- Resultados de encuestas, estadísticas nacionales o locales, estudios, mapas u otras fuentes de información, que muestran que las reservas de carbono se están agotando en la zona del proyecto.

En el caso de Colondito Fouta en Senegal, además del cambio de las especies que las familias recolectan, otros aspectos, como el aumento del tiempo invertido para coger leña o el aumento de la distancia recorrida, percibidos por el 100% de las mujeres, muestran que la madera que se está recolectando no es renovable. También en Senegal, los hombres de todas las familias entrevistadas en Diabougou afirman que la distancia recorrida para encontrar la leña es mayor ahora que hace algunos años, y que el tiempo que tienen que invertir, por tanto, es también mayor. Estas tendencias, sugieren que la biomasa utilizada en la comunidad es no renovable.

En Ker Ardo, Gambia, la escasez de leña se pone de manifiesto en otros aspectos de la comunidad, como la amplia variedad de especies utilizadas (tanto de buena como de mala calidad), la recolección por igual de madera fresca y seca o los pequeños almacenamientos de leña e incluso ausencia de los mismos. En el caso de Brikama Ba, también en Gambia, hace algunos años las mujeres recogían la leña en los alrededores del pueblo, pero la creciente dificultad para encontrar madera, traducida en más tiempo invertido y más distancia recorrida, hizo que se viesen obligadas a comenzar a comprarla. Además, también se ha detectado un importante aumento del precio de la leña en los últimos años. En ambos casos, se pone de manifiesto la no renovabilidad de la biomasa utilizada.

En las dos comunidades estudiadas en Guinea Bissau los resultados también sugieren que la biomasa utilizada es no renovable. En Sissaucunda Samanco, pese a que el acceso a la leña no se presenta por ahora como un problema para las familias de esta comunidad, el 100% de las personas entrevistadas afirma que sí que existe una dificultad creciente para encontrar algunas de las especies utilizadas (en especial *Pterocarpus erinaceus* y la *Terminalia macroptera*), y que el tiempo y la distancia recorrida para recoger la leña ha ido incrementando en los últimos 5 años. En Helacunda, los resultados son idénticos a los señalados para Sissaucunda Samanco.

Preguntas: En los últimos 5 años,	Respuestas
Colondito Fouta	
¿Ha percibido un aumento del tiempo invertido para recolectar la leña?	Sí (100% de los hogares)
¿Ha percibido un aumento de la distancia recorrida para recolectar la leña?	Sí (100% de los hogares)
¿Ha percibido un aumento de los precios de la leña?	Sí (100% de los hogares)
¿Ha habido un cambio en el tipo de combustible que utiliza? ¿Por qué?	Sí (100% de los hogares). En el pasado sólo se utilizaban Ven y Boodé pero cada vez es más difícil encontrarlos, por eso se utilizan también otras especies.
Diyabougou	
¿Ha percibido un aumento del tiempo invertido para recolectar la leña?	Sí (100% de los hogares)
¿Ha percibido un aumento de la distancia recorrida para recolectar la leña?	Sí (100% de los hogares)
¿Ha percibido un aumento de los precios de la leña?	Sí (100% de los hogares)
¿Ha habido un cambio en el tipo de combustible que utiliza? ¿Por qué?	Sí (100% de los hogares). Debido a la dificultad para encontrar algunas especies.
Ker Ardo	
¿Ha percibido un aumento del tiempo invertido para recolectar la leña?	Sí (100% de los hogares)
¿Ha percibido un aumento de la distancia recorrida para recolectar la leña?	Sí (100% de los hogares)
¿Ha percibido un aumento de los precios de la leña?	Sí (100% de los hogares)
¿Ha habido un cambio en el tipo de combustible que utiliza? ¿Por qué?	Sí (100% de los hogares). Debido a la dificultad para encontrar leña.
Brikama Ba	
¿Ha percibido un aumento del tiempo invertido para recolectar la leña?	Sí (100% de los hogares)
¿Ha percibido un aumento de la distancia recorrida para recolectar la leña?	Sí (100% de los hogares)

Preguntas: En los últimos 5 años,	Respuestas
¿Ha percibido un aumento de los precios de la leña?	Sí (100% de los hogares)
¿Ha habido un cambio en el tipo de combustible que utiliza? ¿Por qué?	Sí (100% de los hogares). Debido a la dificultad para encontrar leña.
Sissaucunda Samanco	
¿Ha percibido un aumento del tiempo invertido para recolectar la leña?	Sí (100% de los hogares)
¿Ha percibido un aumento de la distancia recorrida para recolectar la leña?	Sí (100% de los hogares)
¿Ha percibido un aumento de los precios de la leña?	No hay pago por la leña
¿Ha habido un cambio en el tipo de combustible que utiliza? ¿Por qué?	Sí (100% de los hogares). Debido a la dificultad para encontrar algunas especies.
Helacunda	
¿Ha percibido un aumento del tiempo invertido para recolectar la leña?	Sí (100% de los hogares)
¿Ha percibido un aumento de la distancia recorrida para recolectar la leña?	Sí (100% de los hogares)
¿Ha percibido un aumento de los precios de la leña?	No hay pago por la leña
¿Ha habido un cambio en el tipo de combustible que utiliza? ¿Por qué?	Sí (100% de los hogares). Debido a la dificultad para encontrar algunas especies

Tabla 5.5. Resultados del estudio de renovabilidad de la biomasa por comunidad
Fuente: Elaboración propia

En resumen, los resultados indican que en las 6 comunidades analizadas el 100% de sus habitantes han afirmado que en los últimos años ha habido un aumento del tiempo invertido y de la distancia recorrida para recolectar la leña. En todo caso, estos resultados deben tomarse con cierta precaución ya que en algunas ocasiones el aumento del tiempo invertido o de la distancia recorrida se puede deber a otras razones, como la tala de bosques para el aumento de las tierras cultivables, y no exclusivamente debido a la tala para la obtención de leña para cocinar.

Además, también se han producido cambios en las especies utilizadas, ya que las preferidas, y las que históricamente han sido consumidas en mayor cantidad, empiezan a estar menos presentes en la zona. Por último, aquellas familias que pagan por la leña, han afirmado que los precios de la leña han aumentado considerablemente en los últimos años.

Puesto que la metodología utilizada establece que para que la biomasa sea “no renovable” tienen que cumplirse, al menos, dos de los anteriores indicadores antes expuestos, se puede asumir que la biomasa utilizada por la población beneficiaria del convenio no es renovable. En un caso ideal, la utilización de estos criterios debería haberse sustituido por la utilización de un sistema de información geográfica adecuado el cual no se encontraba disponible en este caso.

Con el fin de corroborar la información extraída del trabajo en terreno y de poder cuantificar la cantidad de la biomasa que es no renovable de toda la utilizada por la población del convenio, se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica de las principales fuentes regionales, nacionales e internacionales que podrían proporcionar datos al respecto. Sin embargo, estas fuentes disponen de una muy reducida información para las zonas de intervención del convenio, y por eso no se ha podido extraer una información tan específica como se hubiese deseado, no siendo posible llegar a esta cuantificación.

5.4.2. Cálculo de la reducción anual de emisiones

Una vez que se ha determinado que la biomasa consumida en la zona de intervención es no renovable se puede proceder al cálculo de la reducción anual de emisiones siguiendo la metodología recogida en el apartado 4.7. Antes de proceder el cálculo se ha procedido a la selección de los parámetros (Anexo 4. Resumen de los parámetros a utilizar en las ecuaciones para el cálculo de la reducción de emisiones de GEI).

Además, con el fin de utilizar un valor de reducción de consumo de biomasa leñosa lo más representativo posibles para el convenio y que se correspondiera con las condiciones predominantes en las comunidades beneficiarias del convenio, los datos de consumo de biomasa leñosa en la comunidad de Diyabougou no se han tenido en cuenta en los cálculos, ya que de las comunidades seleccionadas en la zona de intervención 1 está es la única que presenta estas características especiales.

A razón de lo explicado en los párrafos anteriores, el ahorro de combustible medio utilizado para el análisis será el que se recoge en las siguientes tablas:

Comunidad	Consumo medio anual de biomasa leñosa por hogar con cocina tradicional (t/año hogar)	Consumo medio anual de biomasa leñosa por hogar con cocina mejorada (t/año hogar)	Ahorro medio anual de biomasa leñosa por hogar (t/año hogar)
Helacunda	4,25	2,21	1,95
Sissaucunda Sanmanco	3,90	2,10	1,99
Ker Ardo	3,47	1,57	1,89
Brikama ba	3,70	1,88	1,83
Colondinto Fouta	4,56	2,53	1,83
Media	3,97	2,06	1,90
Desviación estándar	0,44	0,36	0,07

Tabla 5.6. Consumo medio anual de biomasa leñosa por hogar con cocina tradicional y con cocina mejorada de las comunidades visitadas por la UPM

Fuente: Elaboración propia

	Consumo de madera con cocina tradicional		Consumo de madera con cocina mejorada		Ahorro de madera	
	Diario (kg/hogar-día)	Anual (t/hogar-año)	Diario (kg/hogar-día)	Anual (t/hogar-año)	Diario (kg/hogar-día)	Anual (t/hogar-año)
Media	10,89	3,976	5,638	2,058	5,29	1,94

Tabla 5.7. Reducción media de en el consumo de madera con la instalación de las cocinas mejoradas

Fuente: Elaboración propia

Si se tiene en cuenta que se ha tomado una tasa de utilización de las cocinas mejoradas del 95%, la reducción utilizada para el análisis sería la siguiente:

	Consumo de madera con cocina tradicional		Consumo de madera con cocina mejorada		Ahorro de madera	
	Diario (kg/hogar-día)	Anual (t/hogar-año)	Diario (kg/hogar-día)	Anual (t/hogar-año)	Diario (kg/hogar-día)	Anual (t/hogar-año)
Media	10,35	3,78	5,36	1,96	5,03	1,84

Tabla 5.8. Consumos y reducción media el consumo de madera con la instalación de las cocinas mejoradas con una tasa de utilización del 95%

Fuente: Elaboración propia

5.4.2.1. Cálculo de la reducción anual de emisiones en las comunidades visitadas de la zona de intervención 1

Una vez determinado el consumo medio anual de biomasa leñosa por hogar antes y después de la instalación de las cocinas mejoradas, puede calcularse la reducción total de emisiones producida en cada comunidad.

- Helacunda: 12 hogares
- Sissaucunda Samanco: 27 hogares
- Ker Ardo: 184 hogares
- Brikama Ba: 411 hogares
- Colondito Fouta: 40 hogares
- Diyabougou: 150 hogares

Así, haciendo uso de las ecuaciones presentadas anteriormente, para el año 1 ($a=1$) se obtienen los resultados recogidos en la Tabla 5.9.

En el momento de realizar la investigación, los datos disponibles sobre deforestación y consumo de madera específicos para las zonas de intervención del convenio no eran suficientes para hallar la fracción de biomasa no renovable $X_{bnr,1}$. En estos casos, la bibliografía consultada aconseja utilizar los valores por defecto para cada país, proporcionados por la Junta Ejecutiva de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (ver Tabla A.0.23)

Siguiendo el procedimiento descrito en el apartado 0, en primer lugar se realizan los cálculos realizados para obtener el consumo de leña anual por hogar en el escenario de línea de base y en el escenario del proyecto ($B_{lb,1}$ y $B_{p,1}$) (Tabla 5.6).

El número de hogares de cada comunidad que fueron beneficiarias de las cocinas mejoradas ($N_{p,1}$) fue proporcionado por los responsables del convenio.

Se ha considerado que el porcentaje de hogares que hacían uso de las cocinas mejoradas en el año a ($U_{p,a}$) es igual al 95% en todas las comunidades. Este es el valor que se utiliza en la bibliografía consultada de proyectos con características similares.

El porcentaje de hogares que todavía utilizan la cocina tradicional durante el año a en el escenario del proyecto ($DF_{p,a}$), se ha tomado igual a 5%, correspondiente al valor utilizado en la bibliografía consultada, siendo necesario realizar actividades de monitoreo para verificarlo.

5.4.2.2. Cálculo de la reducción anual de emisiones de la zona de intervención 1

Procediendo de manera análoga al cálculo realizado para las comunidades visitadas, para toda la zona de intervención se obtienen las reducciones recogidas en la Tabla 5.10.

Un ahorro de leña de 1,90 toneladas al año por hogar (Tabla 5.8) se traduce en una reducción anual de 2,74 toneladas de CO_{2-eq} /hogar en las comunidades de Guinea Bissau y Senegal (con un 85% de la biomasa no renovable), y en 2,93 toneladas de CO_{2eq} /hogar en las de Gambia (con un 91% de la biomasa no renovable).

En total, la reducción de gases de efecto invernadero producida en la zona de intervención 1, con 5432 hogares, en el año 1 es de 15.456 ton CO_{2-eq} /año.

5.4.2.3. Estimación de la reducción de emisiones de la zona de intervención producida durante los años de vida útil de las cocinas

Considerando que la esperanza de vida de las cocinas Noflaye Jegg y Noflaye Jaboot es de 5 y 6 años respectivamente (Tabla 4.2), se puede estimar la reducción total de emisiones producida en la zona de intervención 1 producida al cabo de estos años:

$$ER_{5 \text{ años}} = 15456,11 \text{ ton } CO_{2-eq}/\text{año} * 5 \text{ años} = 77280,55 \text{ ton } CO_{2-eq}$$

Es importante aclarar que se trata de una estimación, pues para el cálculo se han utilizado valores de ciertos parámetros que son válidos para el año 1, y que deben monitorearse y actualizarse para hacer un cálculo más exacto (madera utilizada en los hogares con la cocina mejorada, fracción de biomasa no renovable, porcentaje de utilización de la cocina mejorada y porcentaje de utilización de la cocina tradicional).

País	Com.	$X_{bnr,1}$ (fracción)	$B_{lb,1}$ (t/hogar año)	$B_{p,1}$ (t/hogar año)	$N_{p,1}$	$U_{p,1}$ (fracción)	$DF_{lb,1}$ (fracción)	Reducción total ER_1 (ton $CO_{2-eq}/año$)	Reducción por hogar ER_1 (ton $CO_{2-eq}/año$)
Guinea Bissau	Helacunda	0,85	4,25	2,21	12	0,95	0,05	35,00	2,92
	Sissaucunda Samanco	0,85	3,90	2,10	27	0,95	0,05	69,53	2,58
Gambia	Ker Ardo	0,91	3,47	1,57	184	0,95	0,05	533,57	2,90
	Brikama ba	0,91	3,70	1,88	411	0,95	0,05	1144,65	2,79
Senegal	Colondinto Fouta	0,85	4,56	2,53	40	0,95	0,05	116,03	2,90
	Diyabougou	0,85	9,73	3,54	150	0,95	0,05	1328,86	8,86

Tabla 5.9. Reducción anual de emisiones derivada de la implementación de las cocinas mejoradas en las comunidades visitadas por la UPM

Fuente: Elaboración propia

ZONA DE INTERVENCIÓN 1	País	$X_{bnr,1}$ (fracción)	$B_{lb,1}$ (t/hogar año)	$B_{p,1}$ (t/hogar año)	$N_{p,1}$	$U_{p,1}$ (fracción)	$DF_{lb,1}$ (fracción)	Reducción total ER_1 (ton $CO_{2-eq}/año$)	Reducción por hogar ER_1 (ton $CO_{2-eq}/año$)
	Guinea Bissau	0,85	3,97	2,06	708	0,95	0,05	1940,32	2,74
	Gambia	0,91	3,97	2,06	2943	0,95	0,05	8634,83	2,93
	Senegal	0,85	3,97	2,06	1781	0,95	0,05	4880,96	2,74
TOTAL REDUCCIÓN DE EMISIONES ZONA DE INTERVENCIÓN 1								15456,11 ton $CO_{2-eq}/año$	

Tabla 5.10. Reducción anual de emisiones derivada de la implementación de las cocinas mejoradas en las comunidades visitadas por la UPM

Fuente: Elaboración propia

5.5. Calidad del aire interior

5.5.1. Resultados de las mediciones

En primer lugar, se muestran dos tablas, una por contaminante analizado, que comparan para cada comunidad y país los resultados obtenidos con los correspondientes valores límites de la OMS (Tabla 3.10 y Tabla 3.12), antes (Tabla 5.11) y después (Tabla 5.12) de la instalación de las cocinas.

En general, para las concentraciones de CO, en Senegal y Gambia no se cumple con los valores límites de la OMS mientras que en Guinea Bissau sí se cumplen, a excepción de la media de CO en 24 horas y el máximo de las medias horarias antes de la instalación de las cocinas y del máximo de las medias horarias después. Para las concentraciones medias de PM_{2.5} no se cumple con el valor límite establecido por la OMS en ninguno de los casos.

País	Comunidad	Media CO 24	Max CO 15	Max CO 60	Media CO 8h.	Media PM
Senegal	Colondito Fouta	16,00	115,62	87,05	15,66	1010
	Diyabougou	33,79	160,95	129,34	31,15	809,50
	Media	24,90	138,28	108,20	23,41	909,75
Guinea Bissau	Sissacunda Samanco	8,98	47,69	37,90	5,85	207,5
	Helacunda	1,43	13,73	7,50	1,26	62,00
	Media	5,21	30,71	22,70	3,56	134,75
Gambia	Ker Ardo	14,9	113,72	89,48	11,17	725,50
	Brikama Ba	15,69	128,22	89,48	10,70	439,30
	Media	15,29	120,97	89,48	10,94	582,40

*En gris aquellas mediciones con no cumplen con los requisitos de la OMS

Las concentraciones de CO se presentan en ppm y las de PM_{2.5} en µg/m³

Tabla 5.11. Resultados y cumplimiento de requisitos de la OMS antes de la instalación de las cocinas mejoradas

Fuente: Elaboración propia

País	Comunidad	Media CO 24	Max CO 15	Max CO 60	Media CO 8h.	Media PM
Senegal	Colondito Fouta	9,04	95,55	66,73	6,50	241,67
	Diyabougou	21,20	125,98	94,33	20,63	531,7
	Media	15,12	110,77	80,53	13,56	386,67
Guinea Bissau	Sissacunda Samanco	6,60	54,91	37,10	4,46	182,00
	Helacunda	0,77	10,04	6,39	0,63	57,10
	Media	3,68	32,47	21,74	2,54	119,55

Gambia	Ker Ardo	12,63	114,65	81,16	10,68	288,20
	Brikama Ba	13,26	130,93	100,15	10,01	1111,30
	Media	12,95	122,79	90,65	10,35	699,75

*En gris aquellas mediciones con no cumplen con los requisitos de la OMS

Las concentraciones de CO se presentan en ppm y las de PM_{2.5} en µg/m³

Tabla 5.12. Resultados y cumplimiento de requisitos de la OMS antes de la instalación de las cocinas mejoradas

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, se presentan los incrementos medios por comunidad para todos los parámetros analizados cuya determinación se ha realizado en base a las medias obtenidas para cada parámetro en las mediciones antes y después de la instalación de las cocinas, únicamente en las casas donde se instalaron analizadores en ambos casos. Los resultados obtenidos han sido los siguientes¹⁰:

Δ Media CO 24	Δ Max CO 24	Δ Max CO 15	Δ Max CO 60	Δ Max CO 8	Δ Media PM	Δ Max PM	Δ Max PM 15
COLONDITO FOUTA 21 Y 23 DE FEBRERO-7 Y 8 DE MARZO							
Datos de los analizadores de CO (11 ANALIZADORES)							
-29,4	7,1	0,1	-11,4	-36,6		-	
Datos de los analizadores de PM y CO (1 ANALIZADOR)							
-19,2	19,0	65,5			-39,6	-36,1	-59,6
DIYABOUGOU 28 DE FEBRERO Y 1 DE MARZO-14 Y 15 DE MARZO							
Datos de los analizadores de CO (24 ANALIZADORES)							
-37,3	-8,1	-19,6	-25,4	-27,0		-	
Datos de los analizadores de PM y CO (10 ANALIZADOR)							
-45,7	-5,9	-18,5			-34,3	28,2	8,0
CONJUNTO							
Datos de los analizadores de CO							
-33,3	-0,5	-9,7	-18,4	-31,8		-	
Datos de los analizadores de PM y CO							
-32,5	6,5	23,5			-37,0	-3,9	-25,8

Tabla 5.13. Resumen de resultados contaminación interior de las viviendas: Senegal

Fuente: Elaboración propia

Δ Media CO 24	Δ Max CO 24	Δ Max CO 15	Δ Max CO 60	Δ Max CO 8	Δ Media PM	Δ Max PM	Δ Max PM 15
KER ARDO 25 Y 26 DE FEBRERO-11 Y 12 DE MARZO							
Datos de los analizadores de CO (41 ANALIZADORES)							
-15,2	16,1	1,3	-9,3	-18,6		-	

¹⁰ El número de analizadores recogido en las tablas se refiere al número de analizadores utilizados para hacer la comparación, ya que esta requiere que haya datos de antes y después de la instalación de las cocinas. Para el tratamiento estadístico posterior si se toman en cuenta los datos recogidos por todos los analizadores.

Datos de los analizadores de PM y CO (10 ANALIZADORES)						
-71.4	-24.0	-38.1		-60.3	-40.8	-57.4
BRIKAMA BA 27 Y 28 DE FEBRERO-13 Y 14 DE MARZO						
Datos de los analizadores de CO (55 ANALIZADORES)						
-15,5	6,9	1,7	0,8	-10,8		-
Datos de los analizadores de PM y CO (10 ANALIZADORES)						
58	3	-3		-5.38	-15.0	-17.0
CONJUNTO						
Datos de los analizadores de CO						
-15,4	11,5	1,5	-4,2	-14,7		-
Datos de los analizadores de PM y CO						
-3,9	-10,4	-20,7		-32,84	-26,7	-37,3

Tabla 5.14. Resumen de resultados contaminación interior de las viviendas: Gambia

Fuente: Elaboración propia

Δ Media CO 24	Δ Max CO 24	Δ Max CO 15	Δ Max CO 60	Δ Max CO 8	Δ Media PM	Δ Max PM	Δ Max PM 15
SISSAUCUNDA SAMANCO 18 Y 19 DE FEBRERO-4 y 5 DE MARZO							
Datos de los analizadores de CO (11 ANALIZADORES)							
-43.2	-22.6	-24.0	-33.1	-47.1			
Datos de los analizadores de PM y CO (2 ANALIZADORES)							
-60.7	13.9	37.4			133.5	93.9	10.8
HELACUNDA 20 Y 21 DE FEBRERO-5 Y 6 DE MARZO							
Datos de los analizadores de CO (11 ANALIZADORES)							
-46.3	-27.4	-26.2	-15.0	-30.1			
Datos de los analizadores de PM y CO (2 ANALIZADORES)							
-100	-76.0	-76.4			-30.6	-8.2	-27.7
CONJUNTO							
Datos de los analizadores de CO							
-44,8	-25,0	-25,1	-24,1	-38,6			
Datos de los analizadores de PM y CO							
-75,7	-31,0	-19,5			51,4	42,9	-8,4

Tabla 5.15. Resumen de resultados contaminación interior de las viviendas: Guinea Bissau

Fuente: Elaboración propia

Los datos de CO que se han utilizado son los procedentes de los analizadores de la marca Lascar ya que se dispone de un mayor número de los mismos. En la Tabla 5.16 se muestran los resultados de la aplicación de un modelo de análisis de la varianza para cada una de las

comunidades y países en su conjunto con el objetivo de determinar si las diferencias entre las concentraciones antes y después de la instalación son significativas¹¹.

En resumen, las reducciones recogidas en la Tabla 5.13, la Tabla 5.14 y la Tabla 5.15 son, en su mayoría, no significativas, es decir, estadísticamente no se puede concluir que el conjunto de concentraciones medidas antes de la instalación de las cocinas sea diferente al conjunto medido después de la instalación.

En concreto, para el CO:

- En Senegal:
  - La reducción de las medias diarias sí se pueden considerar significativas.
  - Las diferencias en los máximos diarios no son significativas en ningún caso mientras que en el máximo de las medias octohorarias se podría considerar que si lo son.
  - Para los máximos de las medias quinceminutales y horarias son significativas en Diyabougou y no lo son en Colondito Fouta. Si se considera Senegal como un conjunto las reducciones de estos dos parámetros si serían significativas.
- En Gambia y en Guinea Bissau no existen diferencias para todas las concentraciones de CO analizadas.

Para PM_{2,5}:

- En Senegal, las reducciones en la media diaria son significativas, mientras que para los máximos diarios y las medias quinceminutales no lo son, excepto para este último en el caso de Colondito Fouta.
- En Gambia, las reducciones son significativas para los tres parámetros en el caso de Ker Ardo pero no lo son para Brikama Ba y los datos en su conjunto.
- En Guinea Bissau no lo son en ninguno de los casos.

Los resultados anteriores tienen una gran variabilidad lo que, tal y como ya se indicaba en la metodología, lleva a pensar que existen una serie de factores diferenciadores que explican las diferencias observadas para las distintas comunidades.

Independientemente de la variabilidad mostrada, los resultados antes presentados concuerdan con la bibliografía al respecto (Chowdhury et al., 2012; K. Dutta, Shields, Edwards, & Smith, 2007; Masera et al., 2007; Naeher et al., 2000; Northcross, Smith, & Hernández, 2012; Smith et al., 2007), en los que se demuestra que las cocinas mejoradas con chimenea consiguen una reducción significativa de las concentraciones de CO y PM mientras que las cocinas sin chimenea (como es el caso de este convenio), dan lugar a resultados variados y en muchos casos las reducciones observadas no son significativas.

---

¹¹ En todos los casos los datos cumplen con los requisitos de independencia, homocedasticidad y normalidad, requisitos para la validez del modelo ANOVA.

Parámetro	Senegal			Gambia			Guinea Bissau		
	Conlondito Fouta	Diyabougou	Conjunto	Ker Ardo	Brikama Ba	Conjunto	Helelacunda	Sissacunda Samanco	Conjunto
	p-valor								
Media CO 24 h	0.0287	0.0089	0.0001	0.3207	0.2542	0.1247	0.3971	0.1695	0.1002
Max CO 24 h	0.5364	0.3670	0.1192	0.1015	0.4965	0.1290	0.3638	0.7868	0.1586
Max CO 15 min	0.4525	0.0661	0.0200	0.9082	0.8895	0.8908	0.4942	0.6100	0.2788
Max CO 60 min	0.2887	0.0369	0.0044	0.4509	0.9465	0.6673	0.7937	0.9447	0.2338
Max CO 8 min	0.0167	0.0865	0.0010	0.1974	0.1541	0.1541	0.6114	0.1111	0.0893
Media PM 24 h	0.0066	0.0230	0.0002	0,0249	0,8715	0,6607	0,9272	0,8537	0,8475
Max PM 24 h	0.4270	0.3360	0.9865	0,0443	0,6958	0,0893	0,7953	0,5975	0,6509
Max PM 15 min	0.0437	0.8736	0.3796	0,0307	0,6813	0,0545	0,8893	0,2898	0,4892

*Valores de p-valor<0,05 (color gris y negrita) indican que existen diferencias significativas para el parámetro en cuestión entre antes y después de la instalación de la cocina. Valores de p-valor ≥0,5 y <0,1 (color gris) indican que existen diferencias que podrían ser significativos. Valores de p-valor ≥0,1 (color blanco) indican que las diferencias no son significativas.

Tabla 5.16. Resultados de la existencia de diferencias significativas antes y después de la instalación de la cocina mejorada
Fuente: Elaboración propia

5.5.2. Análisis de factores explicativos de los resultados

A continuación se presentan los resultados relativos al primer objetivo secundario, evaluar la influencia que ciertos factores tenían sobre las concentraciones registradas para poder explicar las diferencias observadas en el apartado anterior. Para ello se ha aplicado un modelo ANOVA a las medias y máximos de CO y PM en base a los siguientes factores:

- El país y la comunidad
- Combustible utilizado para cocinar
- Forma del habitáculo utilizado para cocinar
- Ventilación

Para la comparación múltiple para determinar que medias son significativamente diferentes de otras en cada factor se ha utilizado el procedimiento de diferencia mínima significativa de Fisher (LSD), el cual permite identificar además la existencia de grupos homogéneos.

En este apartado únicamente se presentarán las conclusiones del efecto de los factores estudiados, mientras que su relación con respecto a las concentraciones en las comunidades se realizará en el apartado 5.5.4.

5.5.2.1. País y comunidad

En primer lugar, y aunque el país o la comunidad no son factores explicativos por sí mismos, se ha analizado si las concentraciones son diferentes de un país a otro o de una comunidad a otra con el objetivo de buscar alguna orientación para los siguientes factores analizados.

Después de analizar los distintos parámetros y su relación con el país, se puede concluir que las concentraciones son distintas en cada país.

Con respecto a las comunidades, no se ha observado que exista ningún patrón común que permita identificar los factores explicativos que pudieran tener importancia. El único resultado concreto es que las distintas concentraciones de CO en Diabougou son significativamente diferentes a las del resto de las comunidades.

Esta comunidad tiene la característica diferenciadora mostrada en los apartados anteriores de tener un consumo de leña mayor al resto de comunidades Tabla 5.2.

Partiendo de esta base, se ha realizado un análisis en el que se ha determinado que existe una relación entre las concentraciones de CO y la cantidad de leña utilizada que justifica el resultado obtenido.

5.5.2.2. Combustible utilizado para cocinar

Según los datos recogidos (ver apartado 5.3.1), en todas las comunidades se utiliza exclusivamente leña a excepción de en Ker Ardo donde aparte de la leña se utiliza también residuos agrícolas, residuos animales y plásticos lo cual podría tener consecuencias en la magnitud de las concentraciones medidas.

Los resultados indican que para las concentraciones de CO, el combustible utilizado para cocinar no es significativo.

Para el PM, los resultados indican que antes de la instalación de las cocinas este parámetro sí es significativo mientras que después de la instalación de las cocinas no lo es.

Esto significa que el uso de otros combustibles distintos de la leña para cocinar en Ker Ardo podría explicar algunos de los resultados anteriores.

5.5.2.3. Forma del habitáculo utilizado para cocinar y ventilación del mismo

Según la información recogida por el equipo de trabajo, existen tres tipos de habitáculos según su forma y que suponen la mayor parte de las cocinas analizadas:

- Circulares: en Colondito Fouta y Sissacunda Samanco.
- Cuadradas: en Ker Ardo y Brikama Ba.
- Rectangulares: en Diyabougou.

En cuanto a la ventilación, las cocinas se pueden clasificar en cuatro grupos distintos:

- Nula
- Pequeña
- Media
- Grande (o exterior)

En general, en las comunidades de Guinea Bissau o se cocina en el exterior o la ventilación de las cocinas es grande, en Senegal mayoritariamente las cocinas tienen una ventilación mediana y en algunos casos pequeña y en Gambia la ventilación es nula o pequeña.

En la realización de este análisis se ha determinado que tanto la forma de la cocina como la ventilación son factores explicativos.

Para confirmar estos resultados, se ha realizado un segundo análisis para determinar si la forma de la cocina es un factor explicativo con igual ventilación. El análisis demuestra que la forma del habitáculo no influye en las concentraciones si la ventilación es similar.

Por tanto se puede concluir que la ventilación de la cocina es un factor explicativo mientras que la forma del habitáculo empleado para cocinar no lo es.

Así mismo, se puede observar un patrón similar para todos los parámetros: las concentraciones aumentan a medida que la ventilación disminuye existiendo diferencias significativas en todos los casos entre las casas con ventilación nula o pequeña con respecto a aquellas con ventilación grande o donde se cocina en el exterior.

Hay que resaltar que en el único país donde se cumple con los valores de referencia de la Organización Mundial de la Salud acerca del CO es en Guinea Bissau, y es en este país donde se cocina en el exterior o la ventilación de las cocinas es grande en la mayoría de los hogares. Esto confirma que la ventilación parece ser el factor explicativo con mayor importancia en la concentración de contaminantes.

En el caso de los valores de referencia para PM, no se alcanzan en ningún caso, lo que deja entrever que las condiciones actuales de ventilación en Guinea Bissau no son suficientes para asegurar unos niveles adecuados de exposición a la contaminación entre la población de las comunidades beneficiarias.

5.5.3. Comparativa entre los analizadores de CO y correlación CO-PM

Como ya se ha explicado anteriormente, para realizar las mediciones de la concentración de CO se han utilizado dos tipos de analizadores: unos de la marca Lascar (modelo EL-USB-CO) y otros de la marca Aprovecho IAP.

Los primeros tienen un precio menor y se han comprado un total de 55 unidades, mientras que los segundos realizan también mediciones de material particulado, aunque su precio es mayor y sólo se dispone de 11 unidades.

5.5.3.1. Comparativa entre analizadores de CO

En primer lugar se procede a demostrar, mediante la aplicación de un modelo de análisis de la varianza, si no existen diferencias significativas entre las concentraciones medidas para el CO con ambos analizadores.

El análisis estadístico realizado para las mediciones antes de la instalación de las cocinas mejoradas arroja los siguientes resultados¹²:

Parámetro	Senegal	Gambia	Guinea Bissau	Global
	p-valor*			
Media CO 24h	0.1945	0.032	0.9829	0.0720
Max CO 24h	0.6669	0.8671	0.1531	0.8439
Max CO 15 min	0.3702	0.7344	0.9677	0.4946

*Valores de p-valor>0,05 (color gris) indican que no existen diferencias entre ambos analizadores.

Tabla 5.17. Resultados de la existencia de diferencias significativas para el CO con ambos analizadores antes de la instalación de las cocinas mejoradas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla anterior, para un intervalo de confianza del 95% (p-valor>0,05) no existen diferencias entre las mediciones realizadas en todos los casos a excepción de la media de CO en 24 horas en Gambia.

Para las mediciones realizadas después de la instalación de las cocinas los resultados son los siguientes¹³:

¹² En todos los casos los datos cumplen con los requisitos de independencia, homocedasticidad y normalidad, requisitos para la validez del modelo ANOVA.

¹³ En todos los casos los datos cumplen con los requisitos de independencia, homocedasticidad y normalidad, requisitos para la validez del modelo ANOVA.

Parámetro	Senegal	Gambia	Guinea Bissau	Global
	p-valor*			
Media CO 24h	0.1328	0.5760	0.0848	0.1297
Max CO 24h	0.7509	0.4458	0.2813	0.3255
Max CO 15 min	0.6922	0.4027	0.4508	0.3321

*Valores de p-valor>0,05 (color gris) indican que no existen diferencias entre ambos analizadores.

Tabla 5.18. Resultados de la existencia de diferencias significativas para el CO con ambos analizadores antes de la instalación de las cocinas mejoradas

Fuente: Elaboración propia

En este caso, en ninguno de los casos se observan diferencias entre las mediciones realizadas por ambos analizadores.

Según los resultados anteriores, se puede concluir que no existen diferencias significativas en las concentraciones de CO medidas por los analizadores de la marca Lascar y los de la marca Aprovecho.

5.5.3.2. Regresiones CO-PM

Tal y como se explicó en la sección de metodología (apartado 4.8.2.3), en este apartado se busca determinar si existe una correlación entre las concentraciones de CO y PM , según la siguientes ecuación:

$$PM_{2.5} (\mu g/m^3) = CO (ppm) \cdot A + C$$

Para ellos se han determinado las ecuaciones de regresión de los siguientes casos:

- Regresión conjunta de todos los datos, tanto de antes como de después de la instalación de las cocinas.
- Regresión conjunta de los datos de todas las comunidades antes de la instalación de las cocinas.
- Regresión conjunta de los datos de todas las comunidades después de la instalación de las cocinas.

A la hora de realizar una regresión lineal, se debe comprobar que las variables consideradas tiene este tipo de relación para valorar la necesidad de realizar alguna transformación en la serie de datos que permita obtener una mejor regresión. Este análisis se realiza con las siguientes figuras.

Figura 5.1. Gráfico de dispersión entre las medias diarias de CO y PM_{2.5}
Fuente: Elaboración propia

Figura 5.2. Gráfico de dispersión entre las medias diarias de CO y PM_{2.5} antes de la instalación de las cocinas
Fuente: Elaboración propia

Figura 5.3. Gráfico de dispersión entre las medias diarias de CO y PM2.5 antes de la instalación de las cocinas
Fuente: Elaboración propia

Figura 5.4. Gráfico de dispersión entre las medias diarias de CO y PM_{2.5} en Senegal
Fuente: Elaboración propia

Figura 5.5. Gráfico de dispersión entre las medias diarias de CO y PM_{2.5} en Gambia
Fuente: Elaboración propia

Figura 5.6. Gráfico de dispersión entre las medias diarias de CO y PM_{2.5} en Gambia
Fuente: Elaboración propia

En los todos los casos se aprecia que existe una relación lineal entre las dos variables y, por tanto, se puede proceder a determinar las ecuaciones de regresión en cada uno de los casos.

Los resultados obtenidos según la nomenclatura de la ecuación anterior se encuentran en la siguiente tabla, donde:

- R^2 ajustado representa el porcentaje, expresado en tanto por uno, de la variabilidad del PM que es explicada por el CO.
- t es el estadístico utilizado para este proceso. Si t es mayor que dos el parámetro correspondiente de la ecuación es significativo.
- IC corresponde al intervalo de confianza, que es la zona en la que con una confianza del 95% se encuentra el auténtico valor de A.

Regresión	R ² ajustado	A		C		IC
		Valor	t	Valor	t	
Conjunta	0.639	36.293	13.529	130.342	3.989	30,927 - 41,658
Conjunta antes	0.563	33.349	7.593	218.039	3.104	24,564 - 42,133
Conjunta después	0.581	34.922	9.023	98.877	3.136	27,181 - 42,662
Senegal	0.625	29.519	10.117	-34,420	0.520	23,683 - 35,354
Gambia	0.484	32.484	6.131	38.652	0.469	21,887 - 43,080
Guinea Bissau	0.365	20.223	3.767	46.378	1.555	9,486 - 30,959

Tabla 5.19. Resultado de las regresiones¹⁴

Fuente: Elaboración propia

Viendo los resultados de la tabla anterior en ningún caso se ha alcanzado un grado de correlación adecuado entre el CO y el PM ($R^2 > 0.7$), por lo que para el caso estudiado este tipo de ecuaciones no podrían utilizarse.

Ante esta situación, a pesar de la confirmación mostrada anteriormente de que las concentraciones de CO medidas por los dos modelos de analizadores no presentan diferencias significativas, no sería posible que en el futuro se pudieran obtener las concentraciones medias diarias de PM a partir de mediciones de CO realizadas con los analizadores marca Lascar, más baratos y de los que se dispone de un mayor número.

5.5.4. Resumen e interpretación de los resultados

En este apartado, tomando como base los factores explicativos que han demostrado tener influencia sobre las concentraciones obtenidas, se presentan e interpretan los resultados definitivos del estudio.

5.5.4.1. Medias y máximos diarios de monóxido de carbono

En las siguientes figuras se muestran los resultados obtenidos para las medias de CO en cada comunidad, separados por país donde se aprecia que:

- La concentración de media diaria de CO en Diyabougou es mayor que en el resto de las comunidades lo que se explica debido a que tiene un mayor consumo de leña.
- Las medias diarias de CO en Guinea Bissau son menores que para el resto de las comunidades lo que se justifica debido a que en este país las comunidades cuentan con mayor ventilación.
- No se aprecian diferencias reales entre Colondito Fouta y las comunidades gambianas.

¹⁴ Todas las regresiones realizadas cumplen con los requisitos del modelo para considerarse válidas: normalidad, homocedasticidad e independencia.

Figura 5.7. Medias diarias de CO por comunidad y país

Fuente: Elaboración propia

Para los máximos, cuyas gráficas se presentan a continuación, las diferencias observadas se explican por la ventilación existente en las cocinas. En Guinea Bissau, donde se cocina en el exterior o la ventilación de las cocinas es grande, los máximos de CO son significativamente menores que en el resto. Para las otras comunidades, a medida que disminuye la ventilación, aumentan los máximos de CO, hasta los valores máximos registrados en las comunidades gambianas donde no existe ventilación en muchas de las casas. De estas conclusiones, se excluye el caso de Diyabougou, máximo absoluto de las comunidades, debido a que este valor se debe al mayor consumo de madera.

Figura 5.8. Máximos diarios de CO por comunidad y país

Fuente: Elaboración propia

5.5.4.2. Variaciones para las medias y máximos diarios de CO

En las siguientes figuras se muestran las variaciones entre antes y después de la instalación de las cocinas mejoradas en las concentraciones de CO, que hay que analizar teniendo en cuenta la significación estadística de las mismas, tal y como se ha presentado en el apartado 5.5.1.

Figura 5.9. Variaciones en las medias diarias de CO

Fuente: Elaboración propia

Para las medias diarias de CO, únicamente las variaciones correspondientes a Senegal son significativas. En este país la ventilación de las cocinas es media.

Las variaciones en Guinea Bissau son mayores porcentualmente pero no lo son en términos absolutos, ya que las concentraciones tanto antes como después son bastante pequeñas, lo que se explica por la mayor ventilación existente.

En Gambia, donde las concentraciones medias diarias de CO son comparables a las de Senegal, las variaciones son menores ya que en este país la ventilación es nula o pequeña.

Con esta información se puede prever que la mejora en la ventilación consiga, además, que la instalación de las cocinas mejoradas logre reducir significativamente las medias diarias de CO.

Figura 5.10. Variaciones en los máximos diarios de CO

Fuente: Elaboración propia

Las diferencias entre antes y después de la instalación para los máximos de CO, representados en la gráfica anterior, no son significativos en ninguno de los casos. Además, se aprecia que existen casos donde el máximo de CO aumenta y otros donde disminuye, pero siempre en poca

magnitud por lo que se puede concluir que la instalación de cocinas mejoradas no tiene efecto sobre los máximos diarios de CO.

5.5.4.3. Medias y máximos diarios de PM_{2.5}

Para las medias de PM_{2.5}, hay pocos datos disponibles: un solo dato para Colondito Fouta y dos para Helacunda y Sissacunda Samanco antes de la instalación de las cocinas. Esto provoca que existan incertidumbres acerca de los resultados obtenidos y no se puedan extraer resultados concluyentes. Sin embargo, se aprecia que hay mayores reducciones de concentración en las comunidades de Senegal que en las de Gambia o Guinea Bissau.

Para después de la instalación de las cocinas sí se puede concluir que no existen diferencias significativas entre los países y que, a pesar de que las medias disminuyen a medida que aumenta la ventilación, estas diferencias no son significativas.

Para los máximos de PM, la única conclusión reseñable es que en Helacunda donde se cocina en el exterior, los máximos son significativamente menores que en el resto.

Figura 5.11. Medias diarias de PM por comunidad y país
Fuente: Elaboración propia

Figura 5.12. Máximos diarios de PM por comunidad y país

Fuente: Elaboración propia

5.5.4.4. Variaciones para las medias y máximos diarios de PM

Al igual que en el caso de las variaciones entre antes y después de las medias diarias de CO, las reducciones en la media diaria de PM_{2.5} son significativos en Senegal y, en esta ocasión, Ker Ardo.

Como se comentó anteriormente, en Ker Ardo se queman otros combustibles lo que tiene un efecto significativo sobre la concentración de PM_{2.5} antes de la instalación de la cocina pero no después de la instalación. Aunque no se tienen datos al respecto, se puede suponer que el ahorro de combustible asociado a la instalación de la cocina provoque un abandono o una menor utilización de este tipo de combustibles lo que explicaría este resultado.

Figura 5.13. Variaciones en las medias diarias de PM

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, para los incrementos de PM_{2.5} en Senegal y su comparación con el resto, excluyendo Ker Ardo, se pueden extraer las mismas conclusiones que para los máximos de CO, es decir, el

cambio de una ventilación pequeña o nula en la cocina a una media consigue que la instalación de las cocinas mejoradas logre reducir significativamente las medias diarias de $PM_{2.5}$.

Figura 5.14. Variaciones en los máximos diarios de PM

Fuente: Elaboración propia

Los incrementos en los máximos diarios de $PM_{2.5}$ no son significativos en ninguno de los casos a excepción de Ker Ardo, quedando esta particularidad explicada por la misma razón que para las medias diarias.

5.5.4.5. Conclusiones

Según lo expuesto en los puntos anteriores se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Las concentraciones en Guinea Bissau son menores que en el resto de las comunidades debido a la ventilación existente. Este país cumple con los valores límites de la OMS para las concentraciones de CO pero no para $PM_{2.5}$
- Entre Senegal y Gambia, los resultados varían entre las comunidades consideradas. En ninguno de los casos se cumple con los valores límites establecidos por la OMS.
- A medida que aumenta la ventilación, disminuyen las concentraciones registradas, tanto para el CO como para el PM.
- La cantidad de leña utilizada tiene influencia sobre las concentraciones de CO, lo que explica los resultados obtenidos para Diayabougou en estos parámetros.
- La utilización de otros combustibles distintos de la leña tiene influencia sobre las concentraciones de $PM_{2.5}$.
- La instalación de las cocinas mejoradas logra una reducción para las medias diarias de CO pero el hecho de que sean significativas o no, se ve afectado por la ventilación de las cocinas. Si la ventilación es media lo son, mientras que para ventilaciones nulas, pequeñas, grandes o donde se cocine en el exterior no lo son.
- Las reducciones para las medias diarias de CO sólo son significativas en Senegal.
- Los dos puntos anteriores también son válidos para las concentraciones medias diarias de PM.
- La instalación de las cocinas mejoradas no consigue reducir las concentraciones máximas diarias de CO y PM, a excepción de en Ker Ardo para $PM_{2.5}$. Este resultado se explica por la utilización de otros combustibles distintos a la leña.
- A pesar de que a medida que aumenta la ventilación disminuyen las concentraciones máximas para CO y para el PM, en este caso, la ventilación no tiene efecto sobre los incrementos registrados.

Con estos resultados, se recomendó al convenio que para mejorar los resultados de reducción de la contaminación del aire interior de las viviendas aparte de la instalación de las cocinas mejoradas:

- Se trabajara en la sensibilización acerca de la importancia que tiene la ventilación y se lograran implementar actividades dirigidas a aumentar la misma, especialmente en Gambia donde las ventilaciones son generalmente pequeñas o nulas.
- Se recomendara a las mujeres, en el caso de que las características culturales de las comunidades lo permitan, cocinar en el exterior cuando las condiciones meteorológicas los permitan.
- Incidir en el abandono del uso de combustibles distintos a la leña, siempre que el ahorro logrado con la instalación de las cocinas mejoradas permitiera cubrir las necesidades familiares exclusivamente con leña.

En este apartado, también se ha demostrado que con los analizadores de CO de la marca Lascar se obtienen resultados no estadísticamente diferentes que para los de la marca Aprovecho y se han determinado las ecuaciones de regresión entre las concentraciones medias diarias de CO y PM. Por tanto, en el futuro se podrán determinar las concentraciones medias diarias de PM a partir de las concentraciones medias diarias de CO realizadas con los analizadores de la marca Lascar.

5.6. Beneficio en salud

Siguiendo los pasos establecidos en el apartado 4.9, en primer lugar se han seleccionado los contaminantes a ser considerados en el análisis, seleccionando aquellos cuya evidencia sea fuerte o del grupo moderado-I (Tabla 3.11). Debido a que en este caso no se tiene constancia de la utilización de carbón, se determinarán los siguientes parámetros:

- ALRI (Acute Lower Respiratory Infections): Infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores para niños menores de 5 años
- COPD (Chronic obstructive pulmonary disease): Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas en hombres y mujeres mayores de 30 años.

Aunque la evidencia así lo demuestra (WHO, 2006a) y su importancia es elevada, los casos de problemas oculares y quemaduras no serán considerados en el análisis ya que no se dispone de los datos para el cálculo.

En segundo lugar, se han seleccionado los datos de incidencia a partir de una revisión literaria y de bases de datos sobre incidencia y riesgos para enfermedades según su causa. Se han seleccionado datos para la carga de morbilidad y muertes producidas para los impactos considerados en cada país para los distintos grupos de sexo y edad:

Parámetro	Senegal	Gambia	Guinea Bissau	Unidad	Fuentes y observaciones
Muertes ALRI en niños < 5 años	53,71	198,56	181,91	Muertes por 100.000 hab.	Datos de muertes directamente atribuibles a la contaminación en el interior de las viviendas (IHME, 2010a, 2010b, 2010c)
Muertes COPD Mujeres>30 años	0,22	0,33	0,45		
Muertes COPD Hombres>30 años	0,44	0,6	0,75		
Muertes por enfermedades respiratorias	20,35	33,35	35,48		
DALY's niños < 5 años	4623,43	17035	15580,5	DALY's por 100.000	Muertes directamente atribuibles a la contaminación en el interior (IHME, 2010a, 2010b, 2010c)
DALY's Mujeres>30 años	104,22	144,02	163,32		
DALY's Hombres>30 años	92,7	136,39	150,6		
Incidencia ALRI en niños < 5 años		0,45		Episodios/niño-año	(Rudan, Tomaskovic, Boschi-Pinto, & Campbell, 2004)
Incidencia en COPD Mujeres>30 años	0,98	0,96	1,00	Nuevos casos por mil (por año)	Estimados a partir de (IHME, 2010a, 2010b, 2010c)
Incidencia en COPD Hombres>30 años	1,17	1,17	1,15		

Tabla 5.20. Datos de incidencia de distintos parámetros las distintas enfermedades a nivel país
Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso ha sido la selección de los coeficientes de regresión concentración-respuesta para los mismos parámetros que en el caso anterior.

Caso	β	Localización	Condiciones de Aplicación	Fuente y observaciones
Incidencia en ALRI en niños menores de 5 años	0,01	Kenia	Valor aplicable para variaciones en la exposición media diaria de PM10 en el intervalo de concentraciones de 200 a 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Fuente: (Ezzati & Kammen, 2001a, 2001b) La exposición debería ser calculada en función de los patrones diarios de actividad. El estudio demuestra que esto no es significativo para menores de 5 años por lo que se utiliza, como aproximación, la concentración media diaria de PM10.

Caso	β	Localización	Condiciones de Aplicación	Fuente y observaciones
Mortalidad debido a enfermedades respiratorias	0.06	China	Cambio en el porcentaje de muertes por variación en la concentración media diaria de PM10	Fuente: (Aunan & Pan, 2004)
Casos evitados de COPD en mujeres mayores de 30 años	0,0048	China	Cambio en el porcentaje de casos de nuevos casos de COPD. Valor aplicable a mujeres para niveles de exposición de PM10 de larga duración y para la prevalencia de bronquitis crónica	Fuente: (Aunan et al., 2013) Los efectos estimados de bronquitis crónica son similares a los efectos estimados para COPD. Se utiliza la media diaria de PM10 como aproximación a la exposición a largo plazo.
Casos evitados de COPD > 27	0,0000 26	China	Cambio en el número de casos por persona y año por cambio en la concentración media diaria de PM10	Fuente: (Jiuchang, Dingtao, Shoufu, & Lei, 2009) Se aplica en el caso de los hombres.

Tabla 5.21. Coeficientes de regresión concentración-respuesta para distintos casos

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior se ha desarrollado después de una amplia búsqueda bibliográfica que no ha permitido obtener más parámetros aplicables al caso de estudio. El número de estudios epidemiológicos que permitan conocer los coeficientes para las funciones concentración-respuesta es muy limitado centrándose mayoritariamente en Kenia. Además, su utilización depende de las condiciones que se deben cumplir para su aplicación, lo cual limita aún más la disponibilidad de datos.

Aun así, con los datos mostrados se pueden determinar los casos evitados de ALRI y COPD para los correspondientes grupos de edad, que son los valores más usados para la determinación de los beneficios económicos de los impactos en salud en intervenciones de cocinas mejoradas (Aunan et al., 2013; G. Hutton et al., 2006; M. B. Malla et al., 2011). Incluso existen recomendaciones para no determinar la reducción en las muertes asociadas al COPD debido a que no existen evidencias de que los cambios en la exposición tengan efectos positivos a largo plazo en una persona que ya haya estado expuesta al contaminante causante durante largo tiempo (Aunan et al., 2013; G. Hutton et al., 2006).

A continuación se ha calculado la población de la zona de intervención 1 por grupo de edad y género:

	Senegal		Gambia		Guinea Bissau	
	% de la población**	Nº de personas	% de la población**	Nº de personas	% de la población**	Nº de personas
Población total Z1*	-	21372	-	35316	-	8496
Niños<5 años	16,90	3612	18,40	6498	16,90	1436
Mujeres>30 años	18,45	3944	17,37	6136	19,64	1669
Hombres>30 años	17,35	3707	17,03	6013	18,66	1585
Sex Ratio***	0,94		0,98		0,95	

Tabla 5.22. Estimación de los grupos poblaciones para la estimación de impactos en salud
 *Estimada a partir de el número de hogares totales por una media de 12 personas por hogar (Datos convenio)

**Fuente: (UNDESA, 2013)

***Fuente: (CIA, 2013)

Finalmente antes de aplicar las funciones exposición-respuesta, los datos de disminución en las concentraciones obtenidas en el apartado 5.5.4, han tenido que transformarse para cumplir con las condiciones de aplicación de los coeficientes de regresión que vienen recogidas en la Tabla 5.21. En este caso, se deben utilizar los incrementos en las medias diarias de PM_{10} , mientras que los datos tomados en terreno han sido de $PM_{2.5}$. La relación entre PM_{10} y $PM_{2.5}$ es variable pero en este se ha utilizado la siguiente relación: $PM_{2.5} = 0.89 \times PM_{10}$ (Zhang et al., 2012). Esta relación se ha utilizado anteriormente para procedimientos similares al que se está llevando a cabo (Aunan et al., 2013).

Aplicando los datos referidos anteriormente a las funciones exposición-respuesta, los resultados en los casos evitados para toda la población considerada han sido los siguientes:

	Senegal	Gambia	Guinea Bissau
Casos evitados de ALRI	92,77	4,59	5,97
Casos evitados COPD mujeres >30 años	3,63	0,46	1,18
Casos evitados COPD hombres >30 años	3,40	0,31	0,89
Muertes ¹⁵	0,458	0,797	0,333

Tabla 5.23. Casos de ALRI y COPD evitados cada año para toda la Zona de Intervención 1

Fuente: Elaboración propia

Mientras en cada hogar:

¹⁵ El número de muertes evitadas también ha sido considerada ya que es una evidencia demostrada por numerosos informes científicos donde se concluye que la reducción de contaminantes reduce el número de muertes a largo plazo. Esta información está recogida en números informes, especialmente para China.

	Senegal	Gambia	Guinea Bissau
Casos evitados de ALRI	0,0521	0,0016	0,0084
Casos evitados COPD mujeres >30 años	0,0020	0,0002	0,0017
Casos evitados COPD hombres >30 años	0,0019	0,0001	0,0013
Muertes	0,0002	0,0002	0,00047

Tabla 5.24. Casos de ALRI y COPD evitados cada año para toda la Zona de Intervención 1 por hogar
Fuente: Elaboración propia

5.7. Análisis coste-beneficio

La obtención de resultado del análisis coste-beneficio se ha desarrollado siguiendo lo recogido en el apartado 4.10, cuyo resumen se puede ver en la Figura 4.5 y en la Tabla 4.18.

Los resultados se obtienen en primer lugar a nivel hogar en cada una de las comunidades y luego son extrapolados a toda la zona de intervención 1 teniendo en cuenta el número de hogares objeto en cada país. Además, estos se presentan tanto en moneda local como en euros, utilizando esta última moneda para la realización de comparaciones.

También es preciso señalar que la monetización de los beneficios derivados de los impactos de la instalación de las cocinas mejoradas se presenta para el año de referencia de este estudio (2014). Estos beneficios económicos para el año de referencia son finalmente descontados (con una tasa de descuento del 3%) para todo el horizonte temporal elegido en el análisis a la hora de obtener los resultados finales del análisis.

5.7.1. Costes considerados en el análisis

De acuerdo con lo establecido en el apartado 4.10.2.1, el coste de las cocinas ha sido determinado a partir de los precios suministrado por el equipo del convenio en el momento de realizar la investigación:

	Noflaye Jeeg			Noflaye Jaboot			Total		
	XOF o GMD	EUR	USD	XOF o GMD	EUR	USD	XOF o GMD	EUR	USD
Senegal	17500,00	26,68	32,09	24500,00	37,35	44,92	42000,00	64,03	77,01
Gambia	985,97	22,87	27,50	1446,09	33,54	40,34	2432,05	56,41	67,84
Guinea Bissau	15000,00	22,87	27,50	22000,00	33,54	40,34	37000,00	56,41	67,84

Tabla 5.25. Precio de los distintos modelos de cocinas
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del PRODER y del convenio

Posteriormente, a partir de este coste para cada país se han calculado las anualidades para determinar el coste anual de las cocinas con una tasa de descuento del 3% y un horizonte temporal de 10 años, teniendo en cuenta la incertidumbre acerca de la vida útil de las cocinas. Los resultados se recogen en las siguientes tablas (Tabla 5.26 y Tabla 5.27).

Gambia y Guinea Bissau									
Año	Costes cocina Noflaye jeeg con vida útil de:				Costes cocina NoflayeJaboot con vida útil de:				
	2 años	3 años	4 años	5 años	2 años	3 años	4 años	5 años	6 años
2014	11,95	8,08	6,15	4,99	17,53	11,86	9,02	7,32	6,19
2015	11,95	8,08	6,15	4,99	17,53	11,86	9,02	7,32	6,19
2016	12,49	8,08	6,15	4,99	18,32	11,86	9,02	7,32	6,19
2017	12,49	8,57	6,15	4,99	18,32	12,58	9,02	7,32	6,19
2018	13,06	8,57	6,62	4,99	19,15	12,58	9,71	7,32	6,19
2019	13,06	8,57	6,62	5,45	19,15	12,58	9,71	8,00	6,19
2020	13,65	9,09	6,62	5,45	20,01	13,34	9,71	8,00	6,86
2021	13,65	9,09	6,62	5,45	20,01	13,34	9,71	8,00	6,86
2022	14,26	9,09	7,12	5,45	20,92	13,34	10,45	8,00	6,86
2023	14,26	9,64	7,12	5,45	20,92	14,15	10,45	8,00	6,86
Total	130,82	86,90	65,34	52,22	191,86	127,45	95,83	76,59	64,58

Tabla 5.26. Costes totales anuales (€) de una CM en Gambia y Guinea Bissau para distintas vidas útiles
Fuente: Elaboración propia

Senegal									
Año	Costes cocina Noflaye jeeg con vida útil de:				Costes cocina NoflayeJaboot con vida útil de:				
	2 años	3 años	4 años	5 años	2 años	3 años	4 años	5 años	6 años
2014	13,94	9,43	7,18	5,83	19,52	13,20	10,05	8,16	6,89
2015	13,94	9,43	7,18	5,83	19,52	13,20	10,05	8,16	6,89
2016	14,57	9,43	7,18	5,83	20,40	13,20	10,05	8,16	6,89
2017	14,57	10,00	7,18	5,83	20,40	14,00	10,05	8,16	6,89
2018	15,23	10,00	7,72	5,83	21,32	14,00	10,81	8,16	6,89
2019	15,23	10,00	7,72	6,36	21,32	14,00	10,81	8,90	6,89
2020	15,92	10,61	7,72	6,36	22,29	14,85	10,81	8,90	7,64
2021	15,92	10,61	7,72	6,36	22,29	14,85	10,81	8,90	7,64
2022	16,64	10,61	8,31	6,36	23,30	14,85	11,64	8,90	7,64
2023	16,64	11,25	8,31	6,36	23,30	15,75	11,64	8,90	7,64
Total	152,62	101,38	76,23	60,93	213,66	141,94	106,72	85,30	71,91

Tabla 5.27. Costes totales anuales (€) de una CM en Senegal para distintas vidas útiles
Fuente: Elaboración propia

A partir de estos datos, teniendo en cuenta el número de hogares seleccionados en la zona de intervención 1 por país se obtienen los costes totales que se muestran en las siguientes tablas (Tabla 5.28, Tabla 5.29 y Tabla 5.30):

Año	Costes cocina Noflaye jeeg con vida útil de:				Costes cocina NoflayeJaboot con vida útil de:				
	2 años	3 años	4 años	5 años	2 años	3 años	4 años	5 años	6 años
2014	24832	16798	12783	103745	34764	23517	17896	14525	12279
2015	24832	16798	12783	103745	34764	23517	17896	14525	12279
2016	25954	16798	12783	103745	36336	23517	17896	14525	12279
2017	25954	17816	12783	103745	36336	24942	17896	14525	12279
2018	27128	17816	13756	103745	37979	24942	19258	14525	12279
2019	27128	17816	13756	11327	37979	24942	19258	15858	12279
2020	28355	18895	13756	11327	39697	26453	19258	15858	13601
2021	28355	18895	13756	11327	39697	26453	19258	15858	13601
2022	29637	18895	14802	11327	41492	26453	20723	15858	13601
2023	29637	20040	14802	11327	41492	28056	20723	15858	13601
Total	271812	180565	135757	108510	38053 7	25279 1	19006 0	15191 5	12807 9

Tabla 5.28. Costes totales anuales (€) de las CM en Senegal para distintas vidas útiles
Fuente: Elaboración propia

Año	Costes cocina Noflaye jeeg con vida útil de:				Costes cocina NoflayeJaboot con vida útil de:				
	2 años	3 años	4 años	5 años	2 años	3 años	4 años	5 años	6 años
2014	33569	22709	17281	14026	49235	33306	25345	20571	17391
2015	33569	22709	17281	14026	49235	33306	25345	20571	17391
2016	35088	22709	17281	14026	51462	33306	25345	20571	17391
2017	35088	24085	17281	14026	51462	35324	25345	20571	17391
2018	36674	24085	18596	14026	53789	35324	27274	20571	17391
2019	36674	24085	18596	15313	53789	35324	27274	22459	17391
2020	38333	25544	18596	15313	56221	37465	27274	22459	19262
2021	38333	25544	18596	15313	56221	37465	27274	22459	19262
2022	40066	25544	20011	15313	58764	37465	29350	22459	19262
2023	40066	27092	20011	15313	58764	39735	29350	22459	19262
Total	367460	244104	183529	146694	53894 1	35801 9	26917 6	21515 1	18139 3

Tabla 5.29. Costes totales anuales (€) de las CM en Gambia para distintas vidas útiles
Fuente: Elaboración propia

Año	Costes cocina Noflaye jeeg con vida útil de:				Costes cocina NoflayeJaboot con vida útil de:				
	2 años	3 años	4 años	5 años	2 años	3 años	4 años	5 años	6 años
2014	8461	5724	4356	3535	12410	8395	6388	5185	4383
2015	8461	5724	4356	3535	12410	8395	6388	5185	4383
2016	8844	5724	4356	3535	12971	8395	6388	5185	4383
2017	8844	6070	4356	3535	12971	8903	6388	5185	4383
2018	9244	6070	4687	3535	13557	8903	6874	5185	4383
2019	9244	6070	4687	3860	13557	8903	6874	5661	4383
2020	9662	6438	4687	3860	14170	9443	6874	5661	4855
2021	9662	6438	4687	3860	14170	9443	6874	5661	4855
2022	10099	6438	5044	3860	14811	9443	7398	5661	4855
2023	10099	6828	5044	3860	14811	10015	7398	5661	4855
Total	92617	61526	46258	36974	135839	90238	67845	54228	45720

Tabla 5.30. Costes totales anuales (€) de las CM en Guinea Bissau para distintas vidas útiles

Fuente: Elaboración propia

5.7.2. Valorización económica del tiempo por país: cálculo del salario sombra

De cara a la posterior determinación de los beneficios provenientes de impactos cuyos resultados vienen expresados en términos temporales, se ha procedido al cálculo del salario sombra para cada país según las recomendaciones de la OMS (G. Hutton et al., 2006). Este salario sombra será utilizada posteriormente para el cálculo de los siguientes valores (Figura 4.5):

- Precio sombra del combustible leñoso recogido.
- Valor monetario del tiempo ahorrado en cocinar.
- Valor monetario del tiempo ahorrado debido a la mejora en salud.

En primer lugar, se ha procedido a la obtención de los valores del INB para cada país. En cuanto a las fuentes de información, y con el objetivo de obtener resultados uniformes para los tres países, se ha decidido utilizar los valores del INB para el 2010 de UNData, ya que Instituto Nacional de Estadística de Guinea Bissau y el Departamento Central de Estadística de Gambia no cuentan con datos al respecto:

País	INB per Cápita (USD)
Senegal	1011,3
Gambia	545,8
Guinea Bissau	532,7

Tabla 5.31. Ingreso Nacional Bruto per cápita por país

Fuente: Elaboración propia a partir de (UNdata, 2010a, 2010b, 2010c)

Con estos datos como punto de partida, asignando el mismo valor económico a todas las personas independientemente de su sexo y considerando 230 días laborables de 10 horas (G. Hutton et al., 2006) se obtienen los salarios sombras respectivos, en la Tabla 5.32 si se considera un aprovechamiento del 100% del tiempo productivo ganado (G. Hutton et al., 2006) y en la Tabla 5.33 si se considera un aprovechamiento de solo el 50% (Habermehl, 2007, 2008).

País	INB per Cápita			Valor diario			Valor horario		
	USD	EUR	XOF o GMD	USD	EUR	XOF o GMD	USD	EUR	XOF o GMD
Senegal	1011,30	840,84	551559,99	4,40	3,66	2398,09	0,44	0,37	239,81
Gambia	545,80	453,80	19566,70	2,37	1,97	85,07	0,24	0,20	8,51
Guinea Bissau	532,70	442,91	290532,98	2,32	1,93	1263,19	0,23	0,19	126,32

Tabla 5.32. Salario sombra asociado al tiempo por país: 100% del tiempo ahorrado tiene un valor económico

Fuente: Elaboración propia

País	INB per Cápita			Valor diario			Valor horario		
	USD	EUR	XOF o GMD	USD	EUR	XOF o GMD	USD	EUR	XOF o GMD
Senegal	505,65	420,42	275779,99	2,20	1,83	1199,04	0,22	0,18	119,90
Gambia	272,90	226,90	9783,35	1,19	0,99	42,54	0,12	0,10	4,25
Guinea Bissau	266,35	221,46	145266,49	1,16	0,96	631,59	0,12	0,10	63,16

Tabla 5.33. Salario sombra asociado al tiempo por país: 50% del tiempo ahorrado tiene un valor económico

Fuente: Elaboración propia

5.7.3. Beneficios considerados en el análisis

5.7.3.1. Beneficios: reducción de costes por el ahorro de combustibles

Como se ha comentado anteriormente, la reducción de costes debida al ahorro en combustible dependerá de la forma en que éste se obtenga. Partiendo de los resultados obtenidos de la caracterización de las prácticas de recogida (apartado 5.3.1, Tabla 5.2), se ha optado por la división de la zona de intervención 1 en distintos grupos según los siguientes criterios de selección:

País	Comunidad	Combustible utilizado	Compra de leña	Pago por el transporte	Parámetros utilizado para el cálculo	Nº de hogares considerados
Senegal	Colondito Fouta	Solo leña	No	No	Tiempo	1781
	Diyabougou	Solo leña	No	No		
Gambia	Ker Ardo	Leña, residuos agrícolas, res. animales y plásticos ¹⁶	50% no pagan 10% pagan 40% a veces	80% no pagan 20% a veces	Precio leña, transporte y tiempo	North Bank: 733
	Brikama Ba	Solo leña	80% pagan 10% no pagan 10% a veces	70% no pagan 30% sí pagan	Precio leña, transporte y tiempo	Zona de intervención 1: 2210
Guinea Bissau	Helacunda	Solo leña	No	No	Tiempo	708
	Sissaucunda Samanco	Solo leña	No	No		

Tabla 5.34. División de las comunidades de la zona de intervención 1 según la forma de aprovisionamiento de madera

Fuente: Elaboración propia

¹⁶ En esta investigación se ha considerado que el 100% del combustible es biomasa leñosa, ya que no se dispone de datos que cuantifiquen la cantidad de los combustibles alternativos utilizados en cada hogar.

Posteriormente, se ha determinado el precio sombra del combustible recogido para el cálculo del ahorro total debido a la reducción de combustible. Para ello se ha calculado la media de kilogramos de biomasa leñosa recogidos por hora en cada país a partir de los datos recogidos en la

Países	Comunidad	Consumo de madera con cocina tradicional		Consumo de madera con cocina mejorada		Ahorro de madera	
		Diario (kg/hogar·día)	Anual (t/hogar·año)	Diario (kg/hogar·día)	Anual (t/hogar·año)	Diario (kg/hogar·día)	Anual (t/hogar·año)
Senegal	Colondito Fouta	12,5	4,56	6,94	2,53	5,56 (44%)	2,03
	Diyabougou	26,67	9,73	9,7	3,54	17,33 (64%)	6,33
	MEDIA	19,585	7,145	8,32	3,035	11,445 (58%)	4,18
Gambia	Ker Ardo	9,5	3,47	4,31	1,57	5,19 (55%)	1,89
	Brikamba Ba	10,13	3,7	5,14	1,88	5 (49%)	1,83
	MEDIA	9,815	3,585	4,725	1,725	5,095 (52%)	1,86
Guinea Bissau	Helacunda	11,64	4,25	6,05	2,21	5,35 (48%)	1,95
	Sissaucunda Samanco	10,68	3,9	5,75	2,1	5,35 (46%)	1,99
	MEDIA	11,16	4,075	5,9	2,155	5,35 (47%)	1,97

Tabla 5.3 y en la Tabla 5.4, que han sido transformados al precio sombra del combustible utilizando el salario sombra (Tabla 5.32 y Tabla 5.33). Se han obtenido los siguientes resultados:

País	Media Kg recogidos por hora	Precio sombra combustible			
		100% de la reducción temporal tomada en cuenta		50% de la reducción temporal tomada en cuenta	
		€/kg	XOF o GMD/kg	€/kg	XOF o GMD/kg
Senegal	9,21	0,04	26,04	0,02	13,02
Gambia	8,93	0,02	0,95	0,01	0,48
Guinea Bissau	19,93	0,01	6,34	0,005	3,17

Tabla 5.35. Precio sombra del combustible recolectado
Fuente: Elaboración propia

Con los datos anteriores, el cálculo para cada país se ha realizado teniendo en cuenta los grupos establecidos en la Tabla 5.34. En Senegal y Guinea Bissau los beneficios económicos se deben

únicamente a la reducción del tiempo empleado en la recolección de leña. Los resultados son los siguientes:

País	100% de la reducción temporal tomada en cuenta		50% de la reducción temporal tomada en cuenta	
	€	XOF	€	XOF
Senegal	72,87	47801,48	36,44	23900,74
Guinea Bissau	17,74	11634,40	8,87	5817,20

Tabla 5.36. Valorización económica de la reducción anual del tiempo en la recolección de leña por hogar en Senegal y Guinea Bissau
Fuente: Elaboración propia

País	100% de la reducción temporal tomada en cuenta		50% de la reducción temporal tomada en cuenta	
	€	XOF	€	XOF
Senegal	115212	75574136	57606	37787068
Guinea Bissau	12557	8237156	6279	4118578

Tabla 5.37. Valorización económica de la reducción anual tiempo en la recolecta de leña para toda la zona de intervención 1 en Senegal y Guinea Bissau
Fuente: Elaboración propia

En el caso de Gambia la situación es más compleja ya que existe mucha variabilidad en las prácticas de recogida y transporte de la leña (Tabla 5.34). Debido a ello se han tomado las siguientes consideraciones:

- Se han determinado dos zonas en base a sus prácticas: North Bank y Zona de intervención 1.
- Se realiza el cálculo para tres tipos de hogares: solo compran, nunca compran y a veces compran y lo mismo para el pago del transporte. Los porcentajes de cada caso para cada zona se pueden ver en la Tabla 5.34.
- Para aquellos que a veces pagan, ante la falta de datos disponibles se ha supuesto que cada uno de los casos representa el 50%.
- Para el cálculo del valor económico del tiempo se utiliza el precio sombra del combustible calculado anteriormente (Tabla 5.35).
- Los precios de compra y transporte se han calculado a partir de datos recogidos en encuestas y de la información proporcionada por el equipo del convenio (Tabla 5.38).

Zona	Precio combustible		Precio Transporte	
	€/kg	GMD/kg	€/kg	GMD/kg
North Bank	0,07	2,79	0,02	0,72
Zona de intervención 1	0,05	1,91	0,03	1,40

Tabla 5.38. Precios de combustible comprado y del transporte en Gambia
Fuente: Elaboración propia

Primeramente se presentan los resultados para las distintas tipologías posibles de hogar con el supuesto que los datos por hogar en ambas zonas son uniformes para cada grupo:

Tipología de vivienda		100% de la reducción temporal tenida en cuenta ¹⁷		50% de la reducción temporal tenida en cuenta	
Compra de Combustible	Transporte	€	GMD	€	GMD
North Bank	Solo compran	Si	153,16	6450,90	-
		A veces	137,37	5786,18	-
	No compran	Si	72,12	3077,94	51,84
		A veces	56,33	2413,22	36,06
	A veces	Si	112,64	4764,42	102,50
		A veces	96,85	4099,70	86,72
Zona de Intervención 1	Solo compran	Si	144,32	6078,73	-
		No	83,15	3502,32	-
	No compran	Si	101,72	4324,91	81,44
		No	40,55	1748,50	20,28
	A veces	Si	123,02	5201,82	112,88
		No	61,85	2625,41	51,71

Tabla 5.39. Beneficios económicos anuales debido a la reducción del uso de combustible por hogar en Gambia

Fuente: Elaboración propia

A nivel global para el país, teniendo en cuenta el número de hogares para cada una de las posibilidades se obtienen los siguientes resultados:

	Zona	Nº de hogares	100% de la reducción temporal tenida en cuenta ¹⁸		50% de la reducción temporal tenida en cuenta	
			€	GMD	€	GMD
Combustible						
Solo compran	North Bank	73	8913	375403	-	-
	Z1	1768	147011	6192108	-	-
No compran	North Bank	367	14869	641105	7434	320553
	Z1	221	8962	386419	4481	193209
A veces	North Bank	293	23770	1007137	20798	878972
	Z1	221	13669	580216	11429	483611
Transporte						

¹⁷ En los casos donde solo se compra el combustible, la valorización del tiempo carece de sentido y los valores dados son valores monetarios reales. El valor del transporte también es un valor monetario real. Para los casos donde se compra el combustible pero no se paga el transporte, se tomó la suposición de que el tiempo invertido en el desplazamiento a los lugares de compra permanece constante y por lo tanto no existe un beneficio al respecto.

¹⁸ En los casos donde solo se compra el combustible la valorización del tiempo carece de sentido y los valores dados son valores monetarios reales. El valor del transporte también es un valor monetario real.

Pagan	North Bank	586	18509	779581	-	-
	Z1	663	40555	1708160	-	-
A veces pagan	North Bank	147	2314	97448		
	Z1	0	0	0		

Tabla 5.40. Beneficios económicos anuales debido a la reducción del uso de combustible para cada una de las zonas en Gambia
Fuente: Elaboración propia

Y los totales correspondientes:

Valor	Zona	100% de la reducción temporal tomada en cuenta ¹⁹		50% de la reducción temporal tomada en cuenta	
		€	GMD	€	GMD
Total Combustibles	North Bank	47552	2023645	28232	1199524
	Z1	169642	7158742	15910	676821
	Ambas zonas	217195	9182388	44142	1876345
Total Transporte	North Bank	20822	877028	20822	877028
	Z1	40555	1708160	40555	1708160
	Ambas zonas	61377	2585188	61377	2585188
TOTAL		557143	23535152	211038	8923067

Tabla 5.41. Beneficios económicos anuales totales debido a la reducción del uso de combustible en Gambia
Fuente: Elaboración propia

5.7.3.2. Beneficios: reducción del tiempo empleado en cocinar

El siguiente impacto valorizado económicamente es la reducción del tiempo empleado en cocinar. Para su cálculo se ha utilizado la media por país de la reducción del tiempo pasado junto al fuego (Tabla 5.4) y, al igual que en el caso anterior, el valor del salario sombra (Tabla 5.32 y Tabla 5.33). Como ya se comentó en la sección de metodología se ha optado por utilizar el valor del tiempo pasado junto al fuego y no la reducción del tiempo empleada en cocinar, ya que durante este tiempo las mujeres también realizan otras labores. De esta manera se asegura que el valor monetario calculado se debe realmente a la mejora en la eficiencia de las cocinas.

País	Reducción anual media en horas	Beneficios económicos por hogar al año		Beneficios económicos por país al año	
		€	XOF o GMD	€	XOF o GMD

¹⁹ En los casos donde solo se compra el combustible la valorización del tiempo carece de sentido y los valores dados son valores monetarios reales. El valor del transporte también es un valor monetario real.

Senegal	1003,75	280,22	183813,36	51508249,93	443028,42
Gambia	978,03	145,47	6272,40	912471,28	428129,92
Guinea Bissau	655,34	174,32	114343,68	19931819,50	123415,03

Tabla 5.42. Beneficios económicos derivados de la reducción del tiempo empleado en cocinar: 100% del tiempo ahorrado tiene un valor económico

Fuente: Elaboración propia

País	Reducción anual media en horas	Beneficios económicos por hogar al año		Beneficios económicos por país al año	
		€	XOF o GMD	€	XOF o GMD
Senegal	1003,75	140,11	91906,68	221514,21	145304461,75
Gambia	978,03	72,74	3136,20	214064,96	9229839,63
Guinea Bissau	655,34	87,16	57171,84	61707,51	40477661,43

Tabla 5.43. Beneficios económicos derivados de la reducción del tiempo empleado en cocinar: 100% del tiempo ahorrado tiene un valor económico

Fuente: Elaboración propia

5.7.3.3. Beneficios: impactos en salud

En el apartado 5.6 se ha calculado la reducción en las cargas de morbilidad y mortalidad asociadas a la disminución en la contaminación intra-domiciliar asociada a la instalación de las cocinas mejoradas. Como ya se ha apuntado, gracia a ello se produce una mejoría en el estado de salud de las personas que se traduce en un aumento en la disponibilidad de tiempo para realizar otras actividades por la reducción de los días que una persona está incapacitada para trabajar, con su con su consecuente valor económico asociado, una disminución en los gastos sanitarios en los hogares y una reducción de costes en el sistema de salud.

Utilizando la metodología recomendada por la OMS para el cálculo del número de días incapacitado para trabajar, el valor del salario sombra y las consideraciones tomadas al respecto durante la investigación (apartado 4.10.2.5, Tabla 4.19 y Tabla 4.20) se han obtenido los siguientes resultados para la zona de intervención 1:

		Senegal	Gambia	Guinea Bissau	Total Z1
Días incapacitado para trabajar por COPD		390	19	25	434
Valor monetario	Euros	1425	38	48	1511
	XOF o GMD	934415	1640	31677	967732
Días incapacitado para trabajar por ALRI		334	37	99	470
Valor monetario	EUR	1221	72	190	1483
	XOF o GMD	800942	3108	53734	857784
Días incapacitado para trabajar totales		724	56	124	904
Valor monetario	Euros	2646	110	238	2994

	Senegal	Gambia	Guinea Bissau	Total Z1
XOF o GMD	1735357	4749	85411	1825517

Tabla 5.44. Beneficios en salud estimados debido a casos evitados de COPD y ALRI para la zona de intervención 1

Fuente: Elaboración propia

Siendo en cada hogar:

		Senegal	Gambia	Guinea Bissau
Días incapacitado para trabajar por COPD		0,22	0,01	0,04
Valor monetario	Euros	0,80	0,01	0,07
	XOF o GMD	524,66	0,56	44,74
Días incapacitado para trabajar por ALRI		0,19	0,01	0,14
Valor monetario	Euros	0,69	0,02	0,27
	XOF o GMD	449,71	1,06	75,90
Días incapacitado para trabajar totales		0,41	0,02	0,17
Valor monetario	Euros	1,49	0,04	0,34
	XOF o GMD	974,37	1,61	120,64

Tabla 5.45. Beneficios en salud estimados debido a casos evitados de COPD y ALRI por hogar

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, partiendo también de la reducción de las cargas de morbilidad, los costes de visitas a centros médicos obtenidos durante el trabajo de campo y los costes médicos en medicinas por caso recomendados por la OMS (Tabla 4.21) se han podido calcular los costes evitados en gastos sanitarios:

País		Senegal	Gambia	Guinea Bissau	Zona de intervención 1
Reducción de costes	EUR	1961,10	53,66	135,83	2150,58
	XOF o GMD	1286403,11	2313,51	89096,43	

Tabla 5.46. Costes evitados por gastos en salud

Fuente: Elaboración propia

País		Senegal	Gambia	Guinea Bissau
Reducción de costes	EUR	1,10	0,02	0,19
	XOF o GMD	722,29	0,79	125,84

Tabla 5.47. Costes evitados por gastos en salud por hogar

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los costes para el sistema nacional de salud, ante la imposibilidad de su cálculo por la falta de datos, se ha supuesto que parte del mismo está considerado dentro de los resultados anteriores ya que estos consideran los gastos asociados a medicinas y procedimientos.

Finalmente, los beneficios totales por la mejora en la salud son los siguientes:

País	Senegal	Gambia	Guinea Bissau	Zona de intervención 1
Reducción de costes	EUR	4606,62	163,79	373,93
	XOF o GMD	3021760,27	7062,03	174507,35

Tabla 5.48. Beneficios totales por la mejora en la salud

Fuente: Elaboración propia

País	Senegal	Gambia	Guinea Bissau
Reducción de costes	EUR	2,59	0,06
	XOF o GMD	1696,66	2,40

Tabla 5.49. Beneficios totales por la mejora de la salud por hogar

Fuente: Elaboración propia

5.7.3.4. Beneficios: reducción de emisiones de gases de efecto invernadero

En este caso, para que la reducción de emisiones de GEI en toneladas equivalente de CO₂ tenga un valor económico en los mercados de carbono expresada en CERs la biomasa leñosa utilizada en la zona de intervención debe ser no-renovable. Como ya se ha visto en el apartado 5.4.1, siguiendo una de las metodologías aceptadas por estos mercados para su demostración, en el caso de la zona de intervención del convenio la explotación de biomasa leñosa por parte de los hogares de la zona estaría superando su tasa natural de reposición. Por lo tanto, la reducción de GEI (Tabla 5.9 y Tabla 5.10) podría transformándose en CERs con su correspondiente valor económico en los mercados de carbono.

Con dicho resultado y con el precio de los créditos de carbono en los distintos mercados analizados (Tabla 4.22) se puede calcular el valor económico asociado a cada país por la reducción de GEI:

Mercado	Estándar	Valor económico de la reducción anual en USD			Valor económico de la reducción anual en EUR		
		Senegal	Gambia	Guinea Bissau	Senegal	Gambia	Guinea Bissau
Obligatorio	-	1164	5181	2929	968	4308	2435
Voluntario	GS	21344	94983	53691	17746	78974	44641
	VCS	17463	77713	43929	14519	64615	36524

Tabla 5.50. Valor económico de la reducción de emisiones por país

Fuente: Elaboración propia

5.7.3.5. Beneficios económicos por hogar

Una vez calculados todos los beneficios para el año de referencia (2014), a continuación se pueden apreciar los beneficios económicos por hogar para cada país (Senegal: Tabla 5.54, Gambia: Tabla 5.55 y Guinea Bissau: Tabla 5.56).

Beneficios económicos considerados	Beneficios económicos considerados en EUR para el año 2014		Ahorro temporal
	100% del tiempo tiene valor económico	50% del tiempo tiene valor económico	
1. Beneficios por el ahorro de combustibles	64,69	32,34	163 horas
2. Beneficios por el ahorro en el tiempo en cocinas	248,75	124,38	1004 horas
3. Beneficios por la mejora en la salud		2,59	0,41 días de productividad ganados
Total	316,03	159,31	

Tabla 5.51. Beneficios económicos totales anuales en EUR por hogar: Senegal
Fuente: Elaboración propia

Beneficios económicos considerados	Beneficios económicos considerados en EUR para el año 2014		Ahorro temporal
	100% del tiempo tiene valor económico	50% del tiempo tiene valor económico	
1. Beneficios por el ahorro de combustibles*	189,31	71,71	
2. Beneficios por el ahorro en el tiempo en cocinas	145,47	72,74	978 horas
3. Beneficios por la mejora en la salud		0,06	0,02 días de productividad ganados
Total	334,84	144,50	

*Se presenta el promedio de todos los casos analizados

Tabla 5.52. Beneficios económicos totales anuales en GMD por hogar: Gambia
Fuente: Elaboración propia

Beneficios económicos considerados	Beneficios económicos considerados en EUR para el año 2014	Ahorro temporal

	100% del tiempo tiene valor económico	50% del tiempo tiene valor económico	
1. Beneficios por el ahorro de combustibles	17,74	8,87	187 horas
2. Beneficios por el ahorro en el tiempo en cocinas	174,32	87,16	655 horas
3. Beneficios por la mejora en la salud		0,53	0,17 días de productividad ganados
Total	192,58	96,55	

Tabla 5.53. Beneficios económicos totales anuales en XOF por hogar: Guinea Bissau

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 5.15 y Figura 5.16, los beneficios por hogar son similares en Gambia y Senegal mientras que en Guinea Bissau son menores. Estas diferencias se explican por dos razones:

- En Gambia el combustible es comprado a un precio de mercado mayor que el precio sombra lo cual compensa que en Senegal se tenga un salario sombra mayor.
- En Guinea Bissau, el salario sombra es menor que en los otros dos países por lo que los beneficios por hogar son menores ya que la mayor parte de los beneficios provienen de la valorización del tiempo.

Al igual que para el análisis a nivel global, para Senegal y Guinea Bissau el ahorro del tiempo en cocinar es el que mayor porcentaje de los beneficios aporta, mientras que en Gambia la contribución porcentual del ahorro en combustible y el ahorro de tiempo es similar. Los beneficios en salud no representan un porcentaje significativo en los beneficios de los hogares.

*Los valores se representan en Euros para poder realizar comparaciones entre los distintos países

Figura 5.15. Beneficios de las acciones por hogar en euros

Fuente: Elaboración propia

Figura 5.16. Contribución porcentual al beneficio por hogar de los distintos beneficios considerados de las acciones de eficiencia energética del convenio por país

Fuente: Elaboración propia

5.7.3.6. Beneficios económicos totales

Una vez calculados todos los beneficios para el año de referencia (2014) por hogar, a continuación se pueden apreciar los beneficios económicos totales para los hogares considerado en cada país (Senegal en la Tabla 5.54, Gambia en la Tabla 5.55 y Guinea Bissau en la Tabla 5.56) y para toda la zona de intervención (Tabla 5.57), tanto en términos absolutos como en términos porcentuales.

Beneficios económicos considerados	Beneficios económicos considerados en EUR para el año 2014	
	100% del tiempo tiene valor económico	50% del tiempo tiene valor económico
1. Beneficios por el ahorro de combustibles	115212	57606
2. Beneficios por el ahorro en el tiempo en cocinas	443028	221514
3. Beneficios por la mejora en la salud	4533	
4. Beneficios de la reducción de gases de efecto invernadero*	17746	
Total	580519	301399

*Valor en el mercado voluntario con el estándar GS

Tabla 5.54. Beneficio económicos anuales totales en euros: Senegal

Fuente: Elaboración propia

Beneficios económicos considerados	Beneficios económicos considerados en EUR para el año 2014	
	100% del tiempo tiene valor económico	50% del tiempo tiene valor económico
1. Beneficios por el ahorro de combustibles	557143	211038
2. Beneficios por el ahorro en el tiempo en cocinas	428130	214065
3. Beneficios por la mejora en la salud		160
4. Beneficios de la reducción de gases de efecto invernadero *		78974
Total	1064406	504237

*Valor en el mercado voluntario con el estándar GS
 Tabla 5.55-. Beneficios económicos anuales totales en euros: Gambia
 Fuente: Elaboración propia

Beneficios económicos considerados	Beneficios económicos considerados en EUR para el año 2014	
	100% del tiempo tiene valor económico	50% del tiempo tiene valor económico
1. Beneficios por el ahorro de combustibles	12557	6279
2. Beneficios por el ahorro en el tiempo en cocinas	123415	61708
3. Beneficios por la mejora en la salud		368
4. Beneficios de la reducción de gases de efecto invernadero *		44641
Total	180981	112995

*Valor en el mercado voluntario con el estándar GS
 Tabla 5.56. Beneficios económicos anuales totales en euros: Guinea Bissau
 Fuente: Elaboración propia

Beneficios económicos considerados	Beneficios económicos considerados en EUR para el año 2014	
	100% del tiempo tiene valor económico	50% del tiempo tiene valor económico
1. Beneficios por el ahorro de combustibles	684911	274922
2. Beneficios por el ahorro en el tiempo en cocinas	994573	497287
3. Beneficios por la mejora en la salud		5062
4. Beneficios de la reducción de gases de efecto invernadero *		141361
Total	1825907	918631

*Valor en el mercado voluntario con el estándar GS
 Tabla 5.57. Beneficios económicos anuales totales en euros para la zona de intervención 1
 Fuente: Elaboración propia

Estos valores también se representan gráficamente siguiendo el mismo esquema presentado anteriormente (Figura 5.17 y Figura 5.18). En estas gráficas se puede apreciar que globalmente el país que más beneficios aporta al convenio es Gambia, seguido de Senegal y de Guinea Bissau, aunque esto se debe mayormente a las diferencias en el número de cocinas instaladas.

Figura 5.17. Beneficios totales de las acciones por país en euros
Fuente: Elaboración propia

Obviamente el comportamiento para todo el convenio sigue el mismo esquema que cuando el análisis se realiza a nivel hogar. En general, el ahorro de tiempo en cocinar es el beneficio que mayor porcentaje aporta a los beneficios totales, a excepción del caso de Gambia donde el porcentaje debido al ahorro de combustibles es similar debido a que en este país el combustible es comprado, por lo que tiene un precio de mercado susceptiblemente mayor que el precio sombra del combustible para los otros dos países. Al igual en el caso anterior, la valorización económica de los beneficios en salud supone un porcentaje muy bajo respecto al resto de beneficios. En cuanto los beneficios económicos derivados de la reducción de GEI suponen un porcentaje significativo en Gambia (alcanzando un 25% de los beneficios totales) mientras que en Senegal y Guinea Bissau este supone alrededor del 10%.

Figura 5.18. Contribución porcentual al beneficio total de los distintos beneficios considerados de las acciones de eficiencia energética del convenio por país
Fuente: Elaboración propia

5.7.4. Resultado del análisis coste-beneficio

Teniendo en cuenta el horizonte temporal de 10 años y la tasa de descuento del 3% para extrapolar los beneficios al año de referencia (2014) a continuación se presentan los resultados del análisis en base a las siguientes alternativas:

- Alternativa 1: Vida útil de la cocina de 2 años considerando todos los beneficios asociados.
- Alternativa 2: Vida útil de la cocina de 2 años sin considerar los beneficios en salud ni los asociados a la reducción de emisiones de GEI.
- Alternativa 3: Vida útil de la cocina de 4 años considerando todos los beneficios asociados.
- Alternativa 4: Vida útil de la cocina de 4 años sin considerar los beneficios en salud ni los asociados a la reducción de emisiones de GEI.
- Alternativa 5: Máxima vida útil de la cocina considerando todos los beneficios asociados.
- Alternativa 6: Máxima vida útil de la cocina sin considerar los beneficios en salud ni los asociados a la reducción de emisiones de GEI.

5.7.4.1. Resultados del análisis coste-beneficio a nivel hogar

A continuación se presentan los resultados del análisis coste-beneficio a nivel hogar con los que se pretende entender las repercusiones económicas de la instalación de las cocinas mejoradas con el objetivo de apoyar las decisiones de cara a las actividades de difusión de las cocinas. Los parámetros calculados son:

- Período de retorno: indica el tiempo necesario para que los beneficios acumulados igualen la inversión inicial (coste de la cocina), es decir, el tiempo necesario para recuperar la inversión.
- Beneficios netos acumulados durante la vida útil de las cocinas y tasa de retorno que indica el factor en que los beneficios netos exceden a los gastos por la cocina durante su vida útil.

En las Tabla 5.58 y Tabla 5.59 se presenta el valor del periodo de retorno por hogar para cada uno de los países. En el caso de Gambia, se presentan para los distintos casos de hogares que existen dependiendo de la forma de abastecimiento de combustibles sólidos según se recogen en la Tabla 5.34.

	Asumiendo que se ahorra el 100% del tiempo	Asumiendo que se ahorra el 50% del tiempo
Senegal	31	61
Guinea Bissau	43	86

Tabla 5.58. Periodo de retorno en días para Senegal y Guinea Bissau
Fuente: Elaboración propia

	Compra y paga transporte	Compra y a veces paga transporte	No compra y paga transporte	No compra y a veces paga transporte	A veces paga y si paga transporte	A veces compra y a veces paga transporte
Asumiendo que se ahorra el 100% del tiempo	28	33	36	43	32	37
Asumiendo que se ahorra el 50% del tiempo			60	83	46	59

Tabla 5.59. Periodo de retorno en días para Gambia

Fuente: Elaboración propia

El periodo de retorno oscila entre 1 y 3 meses, lo que indica la alta rentabilidad que tiene para un hogar la inversión en una cocina mejorada. Esto significa que, una vez pase el tiempo calculado en cada caso, los beneficios habrán igualado al coste de la cocina, y durante el resto su vida útil está generará beneficios netos.

En cuanto al beneficio neto durante la vida útil de la cocina, este se ha calculado restando los costes de la estufa durante este periodo a los beneficios totales. A partir de este parámetro, se calcula la tasa de retorno como el factor en que estos exceden los gastos en la estufa.

		Senegal		Guinea Bissau	
		Asumiendo que se ahorra el 100% del tiempo	Asumiendo que se ahorra el 50% del tiempo	Asumiendo que se ahorra el 100% del tiempo	Asumiendo que se ahorra el 50% del tiempo
Beneficio Neto (€)	2 años	605	319	362	170
	4 años	1237	637	747	363
	Vida útil máxima	1553	796	940	460
Tasa de retorno (%)	2 años	2269	1194	1584	744
	4 años	4638	2388	3269	1589
	Vida útil máxima	5822	2985	4111	2011

Tabla 5.60. Beneficios netos y tasas de retorno para la vida útil de la cocina en Senegal y Guinea Bissau

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que en todos los casos el beneficio neto es positivo y la tasa de retorno obtiene valores muy altos lo cual demuestra que la reducción de costes, considerados como beneficios, supera con creces el coste de adquirir una nueva cocina. Al igual que en otros casos, el aumento de la vida útil de la cocina lleva asociado un mayor retorno.

En vista de los resultados anteriores, para Gambia se presentan los resultados para un hogar medio teniendo en cuenta que todos los modelos de hogares dan lugar a 36 resultados distintos. Las conclusiones son similares a los otros dos países.

		Asumiendo que se ahorra el 100% del tiempo	Asumiendo que se ahorra el 50% del tiempo
Beneficio Neto (€)	2 años	647	266
	4 años	1316	555
	Vida útil máxima	1651	700
Tasa de retorno (%)	2 años	2829	1164
	4 años	5757	2428
	Vida útil máxima	7221	3060

Tabla 5.61. Beneficios netos y tasas de retorno para la vida útil de la cocina en Gambia

Fuente: Elaboración propia

5.7.4.2. Resultados del análisis coste-beneficio para la zona de intervención 1 del convenio

En primer lugar se ha calculado el Valor Actual Neto (VAN), que representa la suma de todos los costes y todos los beneficios derivados del programa durante 10 años pero actualizados al momento actual (asumiendo principio de 2014). Se ha calculado descontando los flujos de caja actualizados (beneficios anuales menos costes anuales):

VAN en millones de euros	VAN1	VAN2	VAN3	VAN4	VAN5	VAN6
Asumiendo que se ahorra el 100% del tiempo	13,87	12,61	14,76	13,50	14,93	13,68
Asumiendo que se ahorra el 50% del tiempo	6,09	4,83	6,98	5,72	7,23	5,90

Tabla 5.62. Valor actual neto para los distintos modelos de cálculo en M€

Fuente: Elaboración propia

Considerando el proyecto como si fuera una inversión, para todas las alternativas barajadas, el VAN es mayor que 0, lo que significa que la inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida y su realización estaría justificada en términos económicos.

Se puede apreciar que a medida que aumenta la vida útil de las cocinas, aumenta el VAN, aunque no tiene influencia suficiente como para que la intervención no estuviera justificada.

La relación coste-beneficio compara el valor actual neto de los beneficios con el valor actual neto de los costes. Se calcula dividiendo los beneficios descontados por los costes descontados:

	Relación CB 1	Relación CB 2	Relación CB 3	Relación CB 4	Relación CB 5	Relación CB 6
Asumiendo que se ahorra el 100% del tiempo	8,76	8,05	17,54	16,13	24,18	22,24
Asumiendo que se ahorra el 50% del tiempo	4,40	3,70	8,03	9,28	12,16	10,22

Tabla 5.63. Relaciones coste-beneficio para los distintos modelos de cálculo

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar, las relaciones coste-beneficio para todos los modelos de cálculo son mayores que uno, lo que significa que es mayor el beneficio obtenido que la inversión realizada, lo que confirma la rentabilidad de las acciones de eficiencia energética del convenio.

En este análisis, se puede apreciar que a medida que aumenta la vida útil de las cocinas, las relaciones coste-beneficio aumentan considerablemente, llegando a multiplicarse incluso por tres entre la vida útil mínima y la máxima. Toda esta información se representa gráficamente en la siguiente figura.

Figura 5.19. Relaciones coste-beneficio para las acciones de eficiencia energética
Fuente: Elaboración propia

5.7.5. Conclusiones

Las actividades de eficiencia energética del convenio (instalación de las cocinas mejoradas), vistas desde un punto de vista económico generan unos beneficios que superan ampliamente los costes asociados al programa. La rentabilidad de estas acciones se ve confirmada por los resultados del VAN, mayores que cero en todos los casos, y por las relaciones coste-beneficio, donde una inversión de 1 € da un retorno de entre 3,7 y 24,2 €.

En cuanto a la distribución porcentual de los beneficios, los más importantes son los asociados a la reducción del tiempo empleado en cocinar y al ahorro de combustible. Los beneficios económicos derivados de la mejora en la salud son bajos respecto al total, apenas alcanzando el 2 por ciento en Senegal.

Estos beneficios en salud tienen un alto grado de incertidumbre debido a las numerosas aproximaciones y suposiciones empleadas para su cálculo. Por tanto, para la determinación real de los impactos en salud producidos por el convenio se recomendó al convenio dos opciones:

- Realizar un amplio monitoreo a lo largo del tiempo sobre los problemas de salud asociados a las cocinas tanto a nivel de hogar como a nivel de centros de salud.

- Realizar una evaluación de impacto, con la participación de grupos de control y tratamiento, sobre los impactos en salud del convenio. Este es el sistema recomendado por la OMS para determinar este tipo de impactos.

A partir de los resultados obtenidos también se propusieron una serie de recomendaciones de cara a las actividades de difusión de las cocinas:

- Al ser los beneficios derivados del ahorro del tiempo los más importantes se recomienda incidir en estos, especialmente en Senegal y Guinea Bissau. A pesar de que se ha asignado un valor económico a estos ahorros se recomienda no trabajar con los mismos, sino con el tiempo realmente ahorrado.
- En el caso de Gambia, donde el combustible se compra en muchos casos, se puede incidir en los ahorros económicos reales asociados al ahorro de combustible.
- Para favorecer la adopción de cocinas por las mujeres se recomienda incidir en la reducción del tiempo en cocinar.
- En cuanto a los beneficios en salud, se recomienda no trabajar con los beneficios económicos asociados sino con la mejoría en el estado de salud que se producen con el cambio del modelo de cocinas y que son percibidos por la población.

Capítulo 6. Conclusiones y futuros desarrollos

Figura 6.1 Estructura General de la tesis
Fuente: Elaboración propia

6.1. Conclusiones

Al comienzo de este documento se planteó el objetivo general de esta tesis: establecer los vínculos existentes entre acceso a energía, cambio climático y género en países en desarrollo a través de un proyecto de cocinas mejoradas.

El abordaje integral que se adoptó en esta investigación ha permitido establecer los impactos asociados a un caso real de implementación de cocinas mejoradas en Senegal, Gambia y Guinea Bissau. En concreto se han obtenido los siguientes resultados:

- Caracterización de las prácticas de recogida y cocinado, con especial consideración de los roles de género dentro de las familias, lo que ha permitido establecer los impactos en la reducción de tiempo y en los gastos necesarios para cocinar en su conjunto.
- Estimación de la reducción de emisiones de carbono gracias a la implementación de las cocinas mejoradas.
- Medición e interpretación de la contaminación intra-domiciliar, a través de las concentraciones de CO y PM, antes y después de la instalación de las cocinas mejoradas.
- Estimación de los impactos en salud, presentados como reducción de casos de ALRI y COPD, desagregados por género.
- Análisis coste-beneficio donde todos los impactos anteriores son presentados conjuntamente en términos económicos para facilitar la comparación de los mismos.

En base a esto, se puede concluir que se ha demostrado claramente con un proyecto real que los proyectos de soluciones de cocinado tienen potenciales impactos tanto en la lucha contra el cambio climático como en la igualdad de género. Además, el análisis realizado permite profundizar en estos vínculos y no solo realizar una descripción de los mismos.

En primer lugar, la caracterización de las prácticas de recogida y cocinado ha determinado que estas actividades recaen mayoritariamente en las mujeres. El análisis del caso real demuestra claramente que la instalación de las cocinas mejoradas supone una gran reducción en el tiempo empleado en las mismas o en los costes económicos en el caso de la compra de combustible. Esta reducción tiene una relación directa con las oportunidades de las mujeres para realizar otro tipo de actividades. Por su protagonismo en estas actividades, las mujeres además de ser las principales beneficiarias de los impactos de las cocinas también juegan un papel fundamental en el éxito de este tipo de intervenciones, tanto en la adopción inicial de las mismas como en el uso continuado de las cocinas en el tiempo.

En segundo lugar, la estimación de la reducción de emisiones de carbono ha demostrado la contribución de las cocinas mejoradas a la lucha contra el cambio climático. Sin embargo, este cálculo presenta algunas incertidumbres. En primer lugar, la reducción asociada a la disminución del consumo del combustible se ha calculado a partir de factores de renovabilidad provenientes de bases de datos internacionales, por lo que debería verificarse con mayor detalle. En segundo lugar, no se ha calculado la disminución en la emisión de CCVC, en especial el BC. Como ya se ha comentado, las mujeres juegan un papel fundamental tanto en la adopción inicial de las mismas

como en el uso continuado de las cocinas en el tiempo lo que es un requisito fundamental para que la reducción de emisiones se produzca y se mantenga en el tiempo.

En tercer lugar, el estudio sobre contaminación intra-domiciliar ha permitido medir la concentración de contaminantes antes y después de la instalación y, por tanto, permite estimar la reducción en enfermedades asociadas a la quema de biomasa. En cuanto a la reducción de la contaminación, los resultados no señalan pueda considerarse estadísticamente significativa, por lo que los resultados de la reducción de enfermedades deben tomarse con precaución. Así mismo, también señalan que en la mayoría de los casos no se cumple con los valores límites de la OMS. Estos resultados son similares a los de otros estudios internacionales sobre cocinas mejoradas similares. Además, estos resultados también han contribuido a dotar de datos científicos para mejorar el desempeño de las cocinas en este campo con otra serie de estrategias relacionadas con las características socio-culturales y constructivas de los hogares.

En cuarto lugar, el análisis coste-beneficio ha permitido obtener varias conclusiones de manera global y analizar comparativamente todos los impactos analizados. El resultado permite afirmar que esta intervención genera unos beneficios que superan ampliamente a los costes tanto a nivel hogar como a nivel de la intervención en su conjunto. Además se ve claramente que aquellos impactos potenciales atribuibles a las mujeres son los que contribuyen mayoritariamente a estos beneficios.

Además, esta tesis también ha contribuido a ampliar el conocimiento científico existente en ciertas áreas donde se ha señalado que existen ciertas lagunas, como la necesidad de realizar estudios a nivel hogar. También, la tesis se ha realizado en un área geográfica, África del Oeste, donde a pesar de la alta incidencia del uso de fuentes tradicionales de biomasa para cocinar no hay un suficiente número de estudios sobre los impactos que se producen.

Finalmente, y teniendo en cuenta todo lo anterior, esta tesis ha demostrado que existen una serie de vínculos entre el acceso a energía para cocinar, la lucha contra el cambio climático y el género en términos de impactos en la mejora de las condiciones de vida de las mujeres. Pero, además, también ha demostrado que las mujeres juegan un papel fundamental en la consecución de la reducción de emisiones de carbono y su sostenimiento en el tiempo. Esto puede tener especial incidencia en que estas sean consideradas como un actor en las estrategias de lucha contra el cambio climático, no solo como beneficiarias de los co-beneficios de los proyectos de mitigación o principales beneficiarias en los de adaptación sino como agentes activos en la misma.

6.2. Futuros desarrollos

De acuerdo con las conclusiones expuestas en el apartado anterior sobre los distintos aspectos analizados en esta tesis doctoral, se sugieren una serie de estudios que pueden ser relevantes para completar los resultados aquí presentados:

- Realizar estudios más profundos sobre la inclusión de las soluciones de cocinado y la consideración del género en las estrategias de lucha contra el cambio climático (INDC) en países donde el uso de fuentes tradicionales de la biomasa sea mayoritario. Éstos deberán profundizar el análisis que se ha presentado en este documento complementándolo con un análisis de los impactos observados en la igualdad de género en proyectos registrados en mercados de carbono y, a ser posible, realizar un estudio de caso en un país donde los vínculos entre el acceso a fuentes modernas de energía para cocinar, el cambio climático y el género esté considerado de manera adecuada. Estos estudios podrían completarse con la realización de análisis de cómo los diferentes actores involucrados en estos vínculos consideran que las soluciones de cocinado deberían introducirse en dichas estrategias.
- Sobre el potencial de mitigación del cambio climático de las soluciones de cocinado, realizar estudios de laboratorio que contribuyan a ampliar el conocimiento sobre la emisión de GEI y BC de distintos modelos. Además, estos estudios se deberán complementar con el desarrollo de metodologías de medición en terreno de los mismos que permitan un seguimiento sencillo y un conocimiento de la reducción real y con la realización de análisis a nivel paisaje de la renovabilidad real de la leña en cada caso.
- Realizar estudios del papel de las soluciones de cocinado en las estrategias de adaptación al cambio climático.
- Realizar de estudios sobre la adopción de las soluciones de cocinado en el tiempo por parte de distintos tipos de usuario. En estos estudios se deberán centrar especialmente en el papel que tienen las mujeres en dicha adopción y si existe un reemplazo de las cocinas una vez estos terminan su vida útil. Éste normalmente se obvia en la consideración de las soluciones de cocinado en la lucha contra el cambio climático a pesar de ser un requisito fundamental para que las soluciones tengan una contribución real en la mitigación del cambio climático.
- Realizar estudios a nivel hogar en proyectos reales en aquellos aspectos donde existe menor cuerpo de conocimiento, como son la reducción en el consumo de combustible, el tiempo empleado en su obtención y el tiempo empleado en cocinar. Además estos potenciales impactos son aquellos que afectan, junto con los impactos en salud, principalmente a las mujeres y que pueden tener un papel relevante en la igualdad de género.
- Realizar estudios sobre la relación existente entre las características socio-culturales y constructivas de los hogares y la contaminación intra-domiciliar de manera sistemática. Esto permitiría establecer estrategias paralelas a la instalación de soluciones de cocinado para reducir la contaminación.
- Realizar un estudio similar sobre los vínculos aquí estudiados en el resto de la cadena de valor de los servicios de soluciones de cocinado, prestando especial atención a los potenciales impactos en el empoderamiento de género que podría tener la inclusión de mujeres. Estos estudios deberían contemplar análisis comparativos entre proyectos donde sí se incluye a mujeres con otros en los que no para estudiar si existen diferencias en la adopción de las soluciones y en la contribución al cambio climático entre los distintos casos.

Capítulo 7. Conclusions and further research

7.1. Conclusions

At the beginning of this document, the main aim of this PhD thesis was set: to establish linkages between access to energy, climate change and gender in developing countries through an improved cookstoves project.

The comprehensive approach adopted on this research has allowed establishing the impacts of the implementation of improved cookstoves in a real case on Senegal, The Gambia and Guinea Bissau. Specifically, the study obtained the following results:

- A characterization of fuelwood gathering and cooking practices, with special attention to gender roles within families. This has allowed establishing time and cost savings needed for cooking.
- An estimation of carbon emissions reduction thanks to the implementation of improved cookstoves.
- The measurement and interpretation of indoor air pollution, through the concentration of CO and PM, before and after the implementation of the improved cookstoves.
- An estimation of the health impacts, presenting them as the averted cases of ALRI and COPD, disaggregated by gender.
- A cost-benefit analysis including all the previous impacts in economic terms in order to allow their comparison.

Based on this, results clearly show, through a real project, how cooking solutions projects have potential impacts at same time on the fight against climate change and on gender equality. Moreover, the analysis done on this thesis allows deepening on these linkages and not only describing them.

Firstly, the characterization of fuelwood gathering and cooking practices determined that these activities fall mainly in women. The case study clearly shows how the implementation of improved cookstoves means a great reduction in the time spent in them or in the economic costs in case the fuelwood is purchased. This reduction has a direct relationship to women's opportunities to undertake other types of activities. Because of their role in these activities, women, besides being the main beneficiaries of the impacts of improved cookstoves, also play a key role in the success of this type of interventions, both in the initial adoption of the new solution and in its sustainable use over time.

Secondly, the estimation of carbon emissions reduction demonstrated the contribution of improved cookstoves to the fight against climate change. In this case, it has only been possible

to demonstrate the reduction associated with the decrease in fuel consumption and not that associated to the decrease in SLCP emission, especially the BC. For the emissions reduction to occur and to maintain it over time it is fundamental the initial adoption of the new solution and in its sustainable use over time, where women play a key role as already mentioned.

Thirdly, the indoor air pollution study allowed us to know the concentration of selected pollutants before and after installation and therefore the cases averted in diseases associated with the installation of improved cookstoves. Regarding the reduction of indoor air pollution the results do not indicate that these are statistically significant so the cases averted should be taken with caution. Likewise, they also point out that in most cases concentrations of CO and PM are higher than concentrations established on WHO guidelines. These results are similar to those of other international studies on similar improved cookstoves. In addition, these results have also contributed to provide scientific data to project managers in order to improve the performance of improved cookstoves in this area with another set of strategies related to socio-cultural and constructive characteristics of households.

Fourthly, the cost-benefit analysis permitted to obtain several conclusions in a global way and to analyse comparatively all the analysed impacts. The result set without a doubt that this intervention generates benefits that far exceed costs both at the household level and at the level of the intervention as a whole. It is also clear that those impacts attributable mostly to women are those that contribute most to these benefits. In another vein, this analysis also contributed to the development of strategies for disseminating improved cookstoves in subsequent phases of the project.

In addition, this thesis has also contributed in different sections to expand existing scientific knowledge in some areas. There is a need to carry out studies at household level of cooking solutions project. Regarding the geographic area, despite the high incidence of traditional uses of biomass for cooking in West Africa, the availability of studies on potential impacts of cooking solutions projects is scarce.

Lastly, and taking into account all of the above, this thesis not only demonstrate that there are a number of links between access to energy for cooking, climate change and gender equality in terms of impacts on the improvement of living conditions of women. It also demonstrate that women also play a key role in achieving carbon emissions reduction and sustaining them over time. This may have a special impact on their consideration as active stakeholders in climate change strategies, not only as beneficiaries of the co-benefits of mitigation projects or main beneficiaries in adaptation projects.

7.2. Further research

According to the conclusions presented in the previous section, we suggest a series of studies that may be relevant to complete the results presented here:

- To conduct deeper studies on the inclusion of cooking solutions and gender considerations in climate change strategies in countries where the use of traditional sources of biomass for cooking is predominant. These studies should deepen the analysis presented in this document by complementing it with an analysis of the observed impacts on gender equality in projects registered in carbon markets. In addition, if possible, conducting a case study in a country where the linkages between access to modern energy sources for cooking, climate change and gender are properly considered. The analysis of how the different actors involved in these linkages consider that cooking solutions should be introduced in these strategies could complement these studies.
- Regarding the potential of climate change mitigation of cooking solutions, it exist the need to carry out laboratory studies that contribute to broaden the knowledge on the emission of GHG and BC of different stoves models. Moreover, these studies should include the development of methodologies for field measurements allowing an easier monitoring and measurement of the actual reduction of projects or programs.
- To carry out studies on the role of cooking solutions in climate change adaptation strategies.
- To carry out studies on the adoption of cooking solutions over time by different types of users. These studies should focus in particular on the role of women in such adoption. This role is often overlooked in the consideration of cooking solutions in the fight against climate change, although it is a key requirement for these solutions to make a real contribution to climate change mitigation.
- To carry out studies at home level in real projects in areas where there are knowledge gaps such as the reduction in fuel consumption, the time taken to obtain it and the time spent in cooking. In addition, these potential impacts, together with health impacts, are those that affect mainly to women and which can play an important role in gender equality.
- To conduct studies on the relationship between the socio-cultural and constructive characteristics of households and indoor air pollution in a systematic way. This could lead to establish parallel strategies to the installation of cooking solutions to reduce indoor air pollution.
- To carry out a similar study of the linkages studied here in the rest of the value chain of cooking solutions services, paying particular attention to the potential impacts on gender empowerment that the inclusion of women in it might have. These studies should contemplate comparative analyses between projects where women are included with others in which not. This may allow to study if there are differences in the adoption of solutions and the contribution to climate change between different cases.

Bibliografía

- Afrane, G., & Ntiamoah, A. (2012). Analysis of the life-cycle costs and environmental impacts of cooking fuels used in Ghana. *Applied Energy*, 98, 301–306. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.03.041>
- Aguilar, L., Granat, M., & Owren, C. (2015). *Roots for the future: The landscape and way forward on gender and climate*. Washington, DC: IUCN & GGCA.
- Agwu, J., & Okhimamhe, A. (2009). *Gender and climate change in Nigeria: a study of four communities in north-central and south-eastern Nigeria*. Heinrich Böll Stiftung Nigeria.
- Ahmed, T., Dutkiewicz, V. A., Shareef, A., Tuncel, G., Tuncel, S., & Husain, L. (2009). Measurement of black carbon (BC) by an optical method and a thermal-optical method: Intercomparison for four sites. *Atmospheric Environment*, 43(40), 6305–6311. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.09.031>
- Akbar, S., Barnes, D., Eil, A., & Gnezditskaia, A. (2011). Household Cookstoves, Environment, Health, and Climate Change: A New Look at an Old Problem. *World Bank*, 94.
- Anenberg, S. C., Balakrishnan, K., Jetter, J., Masera, O., Mehta, S., Moss, J., & Ramanathan, V. (2013). Cleaner cooking solutions to achieve health, climate, and economic cobenefits. *Environmental Science and Technology*, 47(9), 3944–3952. <http://doi.org/10.1021/es304942e>
- APS. (n.d.-a). Gambia - Alianza por la Solidaridad. Retrieved April 13, 2017, from <http://www.alianzaporlasolidaridad.org/paises/gambia>
- APS. (n.d.-b). Guinea Bissau - Alianza por la Solidaridad. Retrieved April 13, 2017, from <http://www.alianzaporlasolidaridad.org/paises/guinea-bissau>
- APS. (n.d.-c). Senegal - Alianza por la Solidaridad. Retrieved April 13, 2017, from <http://www.alianzaporlasolidaridad.org/paises/senegal>
- APS. (2013). *Términos de referencia para la realización de una investigación en el marco del Convenio AECID 10-CO1-013 "Contribución a la seguridad alimentaria y la gobernanza medioambiental (SAGE) en Senegal, Gambia y Guinea Bissau."* Alianza por la Solidaridad, Madrid, España.
- APS. (2016). SAGE: un proyecto por el derecho a la alimentación y por la naturaleza que traspasa fronteras en... Retrieved April 13, 2017, from <http://www.alianzaporlasolidaridad.org/noticias/sage-un-proyecto-contr-el-hambre-y-por-la-naturaleza-que-traspasa-fronteras-coloniales-en-africa-occidental>
- Archer, E. R. M. (2003). Identifying Underserved End-User Groups in the Provision of Climate Information. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84(11), 1525–1532. <http://doi.org/10.1175/BAMS-84-11-1525>
- Arora-Jonsson, S. (2011). Virtue and vulnerability: Discourses on women, gender and climate change. *Global Environmental Change*, 21(2), 744–751. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.005>
- Asheber, S. A. (2010). *Mitigating drought: policy impact evaluation. A case of Tigray Region, Ethiopia*. Twente, Netherland: University of Twente, Faculty of Geo-Information and Earth Observation ITC, Enschede.

- Aunan, K., Alnes, L. W. H., Berger, J., Dong, Z., Ma, L., Mestl, H. E. S., ... Zhang, W. (2013). Upgrading to cleaner household stoves and reducing chronic obstructive pulmonary disease among women in rural china - a cost-benefit analysis. *Energy for Sustainable Development*, 17(5), 489–496. <http://doi.org/10.1016/j.esd.2013.06.002>
- Aunan, K., & Pan, X. C. (2004). Exposure-response functions for health effects of ambient air pollution applicable for China - A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 329(1–3), 3–16. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.03.008>
- Babugura, A. (2010). *Gender and Climate Change: South Africa Case Study*. Heinrich Böll Stiftung Southern Africa.
- Bailis, R., Berrueta, V., Chengappa, C., Dutta, K., Edwards, R., Masera, O., ... Smith, K. R. (2007). Performance testing for monitoring improved biomass stove interventions: experiences of the Household Energy and Health Project. *Energy for Sustainable Development*, 11(2), 57–70. [http://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60400-7](http://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60400-7)
- Bailis, R., Drigo, R., Ghilardi, A., & Masera, O. (2015). The carbon footprint of traditional woodfuels. *Nature Climate Change*, (January), 1–7. <http://doi.org/10.1038/nclimate2491>
- Bardouille, P., Avato, P., Levin, J., Pantelias, A., & Engelmann-Pilger, H. (2012). *From gap to opportunity: Business models for scaling up energy access*. International Finance Corporation.
- Bates, L. (2005). *Smoke, health and household energy: Participatory methods for design, installation, monitoring and assessment of smoke alleviation technologies* (Vol. 1). Practical Action, UK.
- Batliwala, S., & Reddy, A. K. N. (2003). Energy for women and women for energy (engendering energy and empowering women). *Energy for Sustainable Development*, 7(3), 33–43. [http://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60363-4](http://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60363-4)
- Bazilian, M., Nussbaumer, P., Cabraal, A., Centurelli, R., Detchon, R., Gielen, D., ... Modi, V. (2010). *Measuring Energy Access: Supporting a Global Target*. New York, USA: Earth Institute, Columbia University.
- Bazilian, M., Sagar, A., Detchon, R., & Yumkella, K. (2010). More heat and light. *Energy Policy*, 38(10), 5409–5412. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.06.007>
- Bhatia, M., & Angelou, N. (2015). *Beyond Connections: Energy Access Redefined*. ESMAP Technical Report; 008/15. World Bank, Washington, DC.
- Biskup, J. L., & Boellstorff, D. L. (1995). The effects of a long-term drought on the economic roles of hacendado and ejidatario women in a Mexican ejido. *Nebraska Anthropologist, Paper 80*.
- Brew-Hammond, A. (2012). Energy: The missing millennium development goal. In *Energy for Development* (pp. 35–43). Springer Netherlands.
- Brody, A., Demetriades, J., & Esplen, E. (2008). *Gender and climate change : mapping the linkages A scoping study on knowledge and gaps*. BRIDGE, Institute of Development Studies. BRIDGE, Institute of Development Studies, University of Sussex.
- Brooks, N., Bhojvaid, V., Jeuland, M. A., Lewis, J. J., Patange, O., & Pattanayak, S. K. (2016). How much do alternative cookstoves reduce biomass fuel use? Evidence from North India. *Resource and Energy Economics*, 43, 153–171. <http://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2015.12.001>
- Buckingham, S., & Masson, V. le. (2017). *Understanding climate change through gender relations*. Routledge.

- Buechler, S. (2009). Gender, water, and climate change in Sonora, Mexico: implications for policies and programmes on agricultural income-generation. *Gender & Development*, 17(1), 51–66. <http://doi.org/10.1080/13552070802696912>
- Casillas, C. E., & Kammen, D. M. (2010). The Energy-Poverty-Climate Nexus. *Science*, 330(6008), 1181–1182. <http://doi.org/10.1126/science.1197412>
- CCAC Scientific Advisory Panel. (2016). *The role of SCLPs in Achieving the Sustainable Development Goals*.
- Cecelski, E., & Dutta, S. (2011). *Mainstreaming gender in energy projects: A practical Handbook*. ENERGIA.
- Cecelski, E., & Unit, A. A. E. (2000). Enabling equitable access to rural electrification: current thinking and major activities in energy, poverty and gender. *World Development Report*, 1, 2–3.
- Chengappa, C., Edwards, R., Bajpai, R., Shields, K. N., & Smith, K. R. (2007). Impact of improved cookstoves on indoor air quality in the Bundelkhand region in India. *Energy for Sustainable Development*, 11(2), 33–44. [http://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60398-1](http://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60398-1)
- Chowdhury, Z., Edwards, R. D., Johnson, M., Naumoff Shields, K., Allen, T., Canuz, E., & Smith, K. R. (2007). An inexpensive light-scattering particle monitor: field validation. *Journal of Environmental Monitoring : JEM*, 9(10), 1099–1106. <http://doi.org/10.1039/b709329m>
- Chowdhury, Z., Le, L. T., Masud, A. Al, Chang, K. C., Alauddin, M., Hossain, M., ... Hopke, P. K. (2012). Quantification of indoor air pollution from using cookstoves and estimation of its health effects on adult women in Northwest Bangladesh. *Aerosol and Air Quality Research*, 12(4), 463–475. <http://doi.org/10.4209/aaqr.2011.10.0161>
- CIA. (2013). The World Factbook: National Profiles. Retrieved from <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>
- Clancy, J. S., Skutsch, M., & Batchelor, S. (2002). *The Gender-Energy-Poverty nexus: Finding the energy to address gender concerns in development*. Project Report CNTR998521, Department for International Development, London, UK. <http://doi.org/Project No. CNTR998521>
- Cordes, L., & GACC. (2011). *Igniting change: a strategy for universal adoption of clean cookstoves and fuels*. Global Alliance for Clean Cookstoves. Washington, D.C.
- Crowe, T. L. (2013). The potential of the CDM to deliver pro-poor benefits. *Climate Policy*, 13(1), 58–79. <http://doi.org/10.1080/14693062.2012.709080>
- Danielsen, K. (2012). *Gender equality, women's rights and access to energy services: An inspiration paper in the run-up to Rio+20*. Danish Ministry of Foreign Affairs, Denmark.
- Dankelman, I. (2002). Climate change: Learning from gender analysis and women's experiences of organising for sustainable development. *Gender & Development*, 10(2), 21–29. <http://doi.org/10.1080/13552070215899>
- Dankelman, I. (2010). *Gender and Climate Change: An introduction*. Routledge.
- Dankelman, I., Alam, K., Ahmed, W. B., Gueye, Y. D., Fatema, N., & Mensah-Kutin, R. (2008). *Gender , Climate Change and Human Security: Lessons from Bangladesh , Ghana and Senegal*. WEDO, ABANTU for Development in Ghana, ActionAid Bangladesh and ENDA Senegal. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.12.027>
- de la Sota, C., Kane, M., Mazorra, J., Lumbreras, J., Youm, I., & Viana, M. (2017). Intercomparison of methods to estimate black carbon emissions from cookstoves. *Science of The Total*

- Environment*, 595, 886–893. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.247>
- Demetriades, J., & Esplen, E. (2008). The Gender Dimensions of Poverty and Climate Change Adaptation. *IDS Bulletin*, 39(4), 24. <http://doi.org/10.1111/j.1759-5436.2008.tb00473.x>
- Denton, F. (2002). Climate change vulnerability, impacts, and adaptation: why does gender matter? *Gender & Development*, 10(2), 10–20.
- Desai, M. A., Mehta, S., & Smith, K. R. (2004). *Indoor smoke from solid fuels: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Environmental Burden of Disease Series*.
- Dutta, K., Shields, K. N., Edwards, R., & Smith, K. R. (2007). Impact of improved biomass cookstoves on indoor air quality near Pune, India. *Energy for Sustainable Development*, 11(2), 19–32. [http://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60397-X](http://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60397-X)
- Dutta, S. (2003). *Mainstreaming Gender in Energy Planning and Policies*. Background paper for Expert Group Meeting, UNESCAP Project on “Capacity Building on Integration of Energy and Rural Development Planning”, Bangkok, Thailand.
- Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., ... von Stechow, C. (2011). *IPCC special report on renewable energy sources and climate change mitigation*. Cambridge, UK/New York, USA.
- Edwards, R. D., Liu, Y., He, G., Yin, Z., Sinton, J., Peabody, J., & Smith, K. R. (2007). Household CO and PM measured as part of a review of China’s National Improved Stove Program. *Indoor Air*, 17(3), 189–203. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2007.00465.x>
- Edwards, R., Hubbard, A., Khalakdina, A., Pennise, D., & Smith, K. R. (2007). Design considerations for field studies of changes in indoor air pollution due to improved stoves. *Energy for Sustainable Development*, 11(2), 71–81. [http://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60401-9](http://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60401-9)
- EIGE. (2012). *Review of the Implementation in the EU of area K of the Beijing Platform for Action: Women and the Environment Gender Equality and Climate Change*. European Institute of Gender Equality, European Union. <http://doi.org/10.2839/34242>
- ESMAP. (2014). *Defining and Measuring Access to Energy for Socio-Economic Development*. Energy Sector Management Assistance Program, World Bank, Washington, DC.
- ESMAP, WB, & GACC. (2015). *The state of the global clean and improved cooking sector*. Energy Sector Management Assistance Program, World Bank, Global Alliance for Clean Cookstoves, Washington, D.C.
- Ezzati, M., & Kammen, D. M. (2001a). Indoor air pollution from biomass combustion and acute respiratory infections in Kenya: An exposure-response study. *Lancet*, 358(9282), 619–624. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(01\)05777-4](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(01)05777-4)
- Ezzati, M., & Kammen, D. M. (2001b). Quantifying the effects of exposure to indoor air pollution from biomass combustion on acute respiratory infections in developing countries. *Environmental Health Perspectives*, 109(5), 481–488. <http://doi.org/10.2307/3454706>
- Fernández, L. (2014). *Evaluación de los co-beneficios sobre el desarrollo sostenible y la reducción de la pobreza de proyectos de mitigación del cambio climático en Brasil*. School of Industrial Engineering, Technical University of Madrid (UPM), Madrid, Spain.
- FORMIN. (2010). *Gender and the Clean Development Mechanism (CDM): Opportunities for CDM to Promote Local Positive Gender Impacts*. Ministry for Foreign Affairs of Finland.
- GACC. (n.d.-a). Clean Cooking Catalog. Retrieved March 21, 2017, from

<http://catalog.cleancookstoves.org/stoves>

- GACC. (n.d.-b). *Clean Cookstoves and Climate Change*. Global Alliance for Clean Cookstoves. Washington, D.C.
- GACC. (n.d.-c). *Guide for ISO Technical Committee 285 experts*. Global Alliance for Clean Cookstoves, Washington, D.C.
- GACC. (2012). *Measuring Progress during Phase I: Building on the IWA Interim Guidelines. Discussion paper*. Global Alliance for Clean Cookstoves. Washington, D.C.
- GACC. (2014). *Clean Cooking Is Critical To Addressing Climate Change*. Global Alliance for Clean Cookstoves, Washington, D.C.
- GACC. (2015). *Impact assessment: Why it matters*. Global Alliance for Clean Cookstoves. Washington, D.C.
- GACC, & ICRW. (2016). *Measuring Social Impact in the Clean and Efficient Cooking Sector: A How-To Guide*. Global Alliance for Clean Cookstoves, International Center for Research on Women, Washington D.C.
- García-Frapolli, E., Schilman, A., Berrueta, V. M., Riojas-Rodríguez, H., Edwards, R. D., Johnson, M., ... Masera, O. (2010). Beyond fuelwood savings: Valuing the economic benefits of introducing improved biomass cookstoves in the Purépecha region of Mexico. *Ecological Economics*, 69(12), 2598–2605. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.08.004>
- García, B. (2015). Convenio Seguridad Alimentaria y Gobernanza Ambiental (SAGE): Gestión forestal transfronteriza en la sub-región natural de la Casamance. In *Encuentro Presencial de la Comunidad De Práctica en Adaptación Basada en Ecosistema*. Programa REGATTA, PNUMA, Lima Perú.
- Garfi, M., Ferrer-Martí, L., Velo, E., & Ferrer, I. (2012). Evaluating benefits of low-cost household digesters for rural Andean communities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 575–581. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.023>
- Goh, A. H. X. (2012). *A Literature Review of the Gender-differentiated Impacts of Climate Change On Women's and Men's Assets and Well-being in Developing Countries* (Vol. CAPRI Work). CAPRI Working Paper No. 106. Washington D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Grieshop, A. P., Marshall, J. D., & Kandlikar, M. (2011). Health and climate benefits of cookstove replacement options. *Energy Policy*, 39(12), 7530–7542. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.024>
- GS. (2010). *Indicative Programme, Baseline, and Monitoring Methodology for Improved Cook-Stoves and Kitchen Regimes*.
- GS. (2015a). *Technologies and Practices to Displace Decentralized Thermal Energy Consumption Version 2.0*. The Gold Standard Foundation.
- GS. (2015b). *The Gold Standard Quantification of climate related emission reductions of Black Carbon and Co-emitted Species due to the replacement of less efficient cookstoves with improved efficiency cookstoves*. The Gold Standard Foundation.
- GTZ. (2010). *Climate change and gender: economic empowerment of women through climate mitigation and adaptation ?* Eschborn, Germany: The Governance Cluster, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- Habermehl, H. (2007). *Economic evaluation of the improved household cooking stove dissemination programme in Uganda*. Deutsche Gesellschaft für Internationale

Zusammenarbeit (GTZ).

- Habermehl, H. (2008). *Costs and benefits of efficient institutional cook stoves in Malawi*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GTZ).
- Hailu, Y. G. (2012). Measuring and monitoring energy access: Decision-support tools for policymakers in Africa. *Energy Policy*, 47(SUPPL.1), 56–63. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.065>
- Haines, A., Smith, K. R., Anderson, D., Epstein, P. R., McMichael, A. J., Roberts, I., ... Woods, J. (2007). Policies for accelerating access to clean energy, improving health, advancing development, and mitigating climate change. *Lancet*, 370(9594), 1264–1281. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61257-4](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61257-4)
- Halsnæs, K., & Garg, A. (2011). Assessing the Role of Energy in Development and Climate Policies—Conceptual Approach and Key Indicators. *World Development*, 39(6), 987–1001. <http://doi.org/10.1016/j.worlddev.2010.01.002>
- Harrold, M., Agrawala, S., Steele, P., Sharma, A., Hirsch, D., Liptow, H., ... Debois, M. (2002). *Poverty and Climate Change: Reducing the Vulnerability of the Poor through Adaptation*. AfDB, ADB, DFID (UK), European Commission, Federal Ministry for Economic Cooperation and Development, Germany Ministry of Foreign Affairs - Development Cooperation, The Netherlands, OECD, UNDP, UNEP, WB.
- Hutton, G., & Rehfuess, E. (2006). *Guidelines for conducting cost-benefit analysis of household energy and health interventions*. World Health Organisation, Geneva.
- Hutton, G., Rehfuess, E., & Tediosi, F. (2007). Evaluation of the costs and benefits of interventions to reduce indoor air pollution. *Energy for Sustainable Development*, 11(4), 34–43.
- Hutton, G., Rehfuess, E., Tedioso, F., & Weiss, S. (2006). *Evaluation of the costs and benefits of household energy and health interventions at global and regional levels*. World Health Organisation, Geneva.
- IEA. (2014). *World Energy Outlook: Methodology for Energy Access Analysis*. Organisation for Economic Co-operation and Development, International Energy Agency, Paris.
- IEA. (2016a). *World Energy Outlook 2016: Traditional use of solid biomass for cooking Database*. Organisation for Economic Co-operation and Development, International Energy Agency, Paris.
- IEA. (2016b). *World Energy Outlook 2016 - Electricity Access Database*. Organisation for Economic Co-operation and Development, International Energy Agency, Paris.
- IEA, UNDP, & UNIDO. (2010). *Energy Poverty: How to make modern energy access universal? Special early excerpt of the World Energy Outlook 2010 for the UN General Assembly on the Millennium Development Goals*. International Energy Agency.
- IHME. (2010a). *GBD Profile: Guinea Bissau. Global Burden of Diseases, Injuries and Risk Factor Study 2010*. Institute for Health and Metric Evaluation, Seattle, WA.
- IHME. (2010b). *GBD Profile: Senegal. Global Burden of Diseases, Injuries and Risk Factor Study 2010*. Institute for Health and Metric Evaluation, Seattle, WA.
- IHME. (2010c). *GBD Profile: The Gambia. Global Burden of Diseases, Injuries and Risk Factor Study 2010*. Institute for Health and Metric Evaluation, Seattle, WA.
- IPCC. (2001). *Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Cambridge and New York: Cambridge University Press.

- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (R. Pachauri & A. Reisinger, Eds.). IPCC, Geneva, Switzerland.
- ISO. (2012). *Guidelines for evaluating cookstove performance. IWA 11*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization: International Standard Organisation.
- itdUPM. (2015). *Redes de distribución inclusiva de productos de energía sostenible en América Latina. Producto 2: Estudio de escritorio y propuesta de casos a estudiar*. Unpublished. Innovation and Technology for Development Centre (itdUPM). Madrid, España.
- IUCN. (2016). Gender in Mitigation Actions. Environmental and Gender Index Brief, International Union for Conservation of Nature.
- Jerneck, A., & Olsson, L. (2013). A smoke-free kitchen: Initiating community based co-production for cleaner cooking and cuts in carbon emissions. *Journal of Cleaner Production*, 60, 208–215. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.026>
- Jetter, J. J., & Kariher, P. (2009). Solid-fuel household cook stoves: Characterization of performance and emissions. *Biomass and Bioenergy*, 33(2), 294–305. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.05.014>
- Jeuland, M. A., & Pattanayak, S. K. (2012). Benefits and costs of improved cookstoves: Assessing the implications of variability in health, forest and climate impacts. *PLoS ONE*, 7(2). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0030338>
- Jeuland, M., Pattanayak, S. K., & Bluffstone, R. (2015). The Economics of Household Air Pollution. *Annual Review of Resource Economics*, 7(1), 81–108. <http://doi.org/10.1146/annurev-resource-100814-125048>
- Jeuland, M., & Tan Soo, J.-S. (2016). *Analyzing the costs and benefits of clean and improved cooking solutions*. Report for the Global Alliance for Clean Cookstoves.
- Jiuchang, W., Dingtao, Z., Shoufu, L., & Lei, S. (2009). An analysis of health loss due to PM10 in the counties in Central China. *3rd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering, iCBBE 2009*, 1–4. <http://doi.org/10.1109/ICBBE.2009.5162309>
- Johnson, M. A., & Chiang, R. A. (2015). Quantitative guidance for stove usage and performance to achieve health and environmental targets. *Environmental Health Perspectives*, 123(8), 820–826. <http://doi.org/10.1289/ehp.1408681>
- Johnson, M. A., Edwards, R., Ghilardi, A., Berrueta, V., & Masera, O. (2007). Why current assessment methods may lead to significant underestimation of GHG reductions of improved stoves. *Boiling Point*, 54, 11–14.
- Johnson, M. A., Pilco, V., Torres, R., Joshi, S., Shrestha, R. M., Yagnaraman, M., ... Pennise, D. (2013). Impacts on household fuel consumption from biomass stove programs in India, Nepal, and Peru. *Energy for Sustainable Development*, 17(5), 403–411. <http://doi.org/10.1016/j.esd.2013.04.004>
- Johnson, M. a, Edwards, R., Ghilardi, a., Berrueta, V., & Masera, O. (2007). Why current assessment methods may lead to significant underestimation of GHG reductions of improved stoves. *Boiling Point*, 54(54), 11–14. Retrieved from <http://db.sparknet.info/docs/BP54-JohnsonEtAl-4.pdf>
- Johnson, M., Edwards, R., Ghilardi, A., Berrueta, V., Gillen, D., Frenk, C. A., & Masera, O. (2009). Quantification of carbon savings from improved biomass cookstove projects. *Environmental Science and Technology*, 43(7), 2456–2462.

<http://doi.org/10.1021/es801564u>

- Johnson, M., Edwards, R., & Masera, O. (2010). Improved stove programs need robust methods to estimate carbon offsets. *Climatic Change*, 102(3), 641–649. <http://doi.org/10.1007/s10584-010-9802-0>
- Kaygusuz, K. (2012). Energy for sustainable development: A case of developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(2), 1116–1126. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2011.11.013>
- Lahn, G., & Foreword, O. G. (2015). *Chatham House Report for the Moving Energy Initiative: Heat, Light and Power for Refugees Saving Lives, Reducing Costs*. Chatham House, London, UK.
- Lamarque, J. F., Bond, T. C., Eyring, V., Granier, C., Heil, A., Klimont, Z., ... van Vuuren, D. P. (2010). Historical (1850–2000) gridded anthropogenic and biomass burning emissions of reactive gases and aerosols: methodology and application. *Atmospheric Chem. Phys.*, 10, 7017–7039. <http://doi.org/10.5194/acp-10-7017-2010>
- Lambe, F., Jurisoo, M., Lee, C., & Johnson, O. (2014). *Can carbon revenues help transform household energy markets ?* Stockholm Environment Institute, Project Report 2014-01, Stockholm, Sweden.
- Lambrou, Y., & Piana, G. (2006). Energy and Gender in Rural Sustainable Development, 1–41.
- Lambrou, Y., & Piana, G. (2006a). *Energy and Gender Issues in Rural Sustainable Development*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Lambrou, Y., & Piana, G. (2006b). *Gender: The missing component of the response to climate change*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Lee, C. M., Chandler, C., Lazarus, M., & Johnson, F. X. (2013). Assessing the Climate Impacts of Cookstove Projects: Issues in Emissions Accounting. <http://doi.org/10.12924/cis2013.01020053>
- Maccarty, N., Ogle, D., Still, D., Bond, T., & Roden, C. (2008). Laboratory comparison of the global-warming potential of six categories of biomass cooking stoves. *Energy for Sustainable Development*, XII(2).
- Maccarty, N., Still, D., Ogle, D., & Drouin, T. (2008). Assessing Cook Stove Performance : Field and Lab Studies of Three Rocket Stoves Comparing the Open Fire and Traditional Stoves in Tamil Nadu , India on Measures of Time to Cook , Fuel Use , Total Emissions , and Indoor Air Pollution, 1–18.
- Malla, M. B., Bruce, N., Bates, E., & Rehfuess, E. (2011). Applying global cost-benefit analysis methods to indoor air pollution mitigation interventions in Nepal, Kenya and Sudan: Insights and challenges. *Energy Policy*, 39(12), 7518–7529. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.031>
- Malla, S., & Timilsina, G. R. (2014). *Household Cooking Fuel Choice and Adoption of Improved Cookstoves in Developing Countries A Review. Policy Research Working Paper*, World Bank, Washington D.C.
- Marshall, M., Ockwell, D., & Byrne, R. (n.d.). Sustainable Energy for All, or Sustainable Energy for Men? Gender and the construction of identity within climate technology entrepreneurship in Kenya In press - Accepted for publication in *Progress in Development Studies*, 8. *Progress in Development Studies*.
- Masera, O., Edwards, R., Arnez, C. A., Berrueta, V., Johnson, M., Bracho, L. R., ... Smith, K. R. (2007). Impact of Patsari improved cookstoves on indoor air quality in Michoacán, Mexico.

- Energy for Sustainable Development*, 11(2), 45–56. [http://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60399-3](http://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60399-3)
- Mazorra, J., Sota, C. de la, Lumbreras, J., & Borge, R. (2015). Cost Benefit Analyses of Improved Cookstoves Project: The case of the Cassamance Natural Subregion, Western Africa. In *Healthy Polis Kushan*.
- McCracken, J. P., Smith, K. R., Díaz, A., Mittleman, M. a., & Schwartz, J. (2007). Chimney stove intervention to reduce long-term wood smoke exposure lowers blood pressure among Guatemalan women. *Environmental Health Perspectives*, 115(7), 996–1001. <http://doi.org/10.1289/ehp.9888>
- Naeher, L. P., Smith, K. R., Leaderer, B. P., Mage, D., & Grajeda, R. (2000). Indoor and outdoor PM_{2.5} and CO in high- and low-density Guatemalan villages. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 10(6 Pt 1), 544–551. <http://doi.org/10.1038/sj.jea.7500113>
- Nelson, V., & Stathers, T. (2009). Resilience, power, culture, and climate: a case study from semi-arid Tanzania, and new research directions. *Gender & Development*, 17(1), 81–94. <http://doi.org/10.1080/13552070802696946>
- Nhantumbo, I., & Chiwona-Karltun. (2012). *His REDD+, her REDD+: how integrating gender can improve readiness*. International Institute for Environment and Development Briefing.
- Nicolai, S., Hoy, C., Berliner, T., & Aedy, T. (2015). *Projecting progress: Reaching the SDGs by 2030. Flagship Report*. London, UK: Overseas Development Institute.
- Northcross, A., Smith, K. R., & Hernández, M. T. (2012). *TURBOCOCINA Field Assessments in Schools in San Lorenzo Guatemala*. Household Energy, Health & Climate Change Research Group, School of Public Health, UC Berkeley.
- Nussbaumer, P., Bazilian, M., & Modi, V. (2012). Measuring energy poverty: Focusing on what matters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 231–243. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.150>
- Oparaocha, S., & Dutta, S. (2011). Gender and energy for sustainable development. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(4), 265–271. <http://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.07.003>
- Open Working Group. (2014). *Open Working Group proposal for Sustainable Development Goals*. A/68/970. New York, USA.
- Otzelberger, A. (2011). *Gender-responsive strategies on climate change: recent progress and ways forward for donors*. BRIDGE Institute of Development Studies. BRIDGE, Institute of Development Studies, University of Sussex.
- Pachauri, S. (2011). Reaching an international consensus on defining modern energy access. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(4), 235–240. <http://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.07.005>
- Pachauri, S., & Rao, N. D. (2013a). Gender impacts and determinants of energy poverty: Are we asking the right questions? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(2), 205–215.
- Pachauri, S., & Rao, N. D. (2013b). Gender impacts and determinants of energy poverty: Are we asking the right questions? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(2), 205–215. <http://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.04.006>
- Pachauri, S., & Spreng, D. (2011). Measuring and monitoring energy poverty. *Energy Policy*, 39(12), 7497–7504. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.07.008>

- Practical Action. (2010). *Poor people's energy outlook 2010*. Rugby, UK. <http://doi.org/10.3362/9781780445892>
- PRODER. (2011). *Foyers Améliorés 2011*. Programme pour le Développement des Energies Renouvelables (PRODER) Coopération décentralisée des Régions de Fatick et Poitou-Charentes.
- Ramanathan, V., & Carmichael, G. (2008). Global and regional climate changes due to black carbon. *Nature Geoscience*, 1(4), 221–227. <http://doi.org/10.1038/ngeo156>
- Rapp, V. H., Caubel, J. J., Wilson, D. L., & Gadgil, A. J. (2016). Reducing Ultrafine Particle Emissions Using Air Injection in Wood-Burning Cookstoves. *Environmental Science & Technology*, 50(15), 8368–8374. <http://doi.org/10.1021/acs.est.6b01333>
- Resurrección, B. P. (2013). Persistent women and environment linkages in climate change and sustainable development agendas. *Women's Studies International Forum*, 40, 33–43. <http://doi.org/10.1016/j.wsif.2013.03.011>
- Röhr, U. (2007). *Gender, climate change and adaptation. Introduction to the gender dimensions*. Background paper prepared for Both Ends briefing paper Adapting to climate change: How local experiences can shape the debate. Berlin, Genanet, August 2007.
- Roncoli, C., Jost, C., Kirshen, P., Sanon, M., Ingram, K. T., Woodin, M., ... Ingram, K. T. (2009). From accessing to assessing forecasts: an end-to-end study of participatory climate forecast dissemination in Burkina Faso (West Africa). *Climatic Change*, 92, 433–460. <http://doi.org/10.1007/s10584-008-9445-6>
- Roth, C. (2009). *Short Overview on Indoor Air Pollution (IAP) Reduction and Measuring Options What are the most relevant pollutants in emissions from non-electric cook-stoves?* GTZ-HERA Poverty-oriented basic energy services.
- Rudan, I., Tomaskovic, L., Boschi-Pinto, C., & Campbell, H. (2004). Global estimate of the incidence of clinical pneumonia among children under five years of age. *Bulletin of the World Health Organization*, 82(12), 895–903. <http://doi.org/S0042-96862004001200005>
- Shaw, R., Prabhakar, S., Nguyen, H., & Provash, M. (2007). *Drought management considerations for climate-change adaptation: Focus on the Mekong Region*. Oxfam Vietnam and International Environment and Disaster Management (IEDM), Graduate School of Global Environmental Studies of Kyoto University, Japan.
- Shepherd, A., Mitchell, T., Lewis, K., Lenhardt, A., Jones, L., Scott, L., & Muir-Wood, R. (2013). *The geography of poverty, disasters and climate extremes in 2030*. London, UK: ODI, MET Office Hadley Centre, RMS.
- Simon, G. L., Bailis, R., Baumgartner, J., Hyman, J., & Laurent, A. (2014). Current debates and future research needs in the clean cookstove sector. *Energy for Sustainable Development*, 20(1), 49–57. <http://doi.org/10.1016/j.esd.2014.02.006>
- Simon, G. L., Bumpus, A. G., & Mann, P. (2012). Win-win scenarios at the climate-development interface: Challenges and opportunities for stove replacement programs through carbon finance. *Global Environmental Change*, 22(1), 275–287. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.08.007>
- Skinner, E. (2011). *Gender and Climate Change Overview Report*. BRIDGE Institute of Development Studies. BRIDGE, Institute of Development Studies, University of Sussex.
- Skinner, E., & Brody, A. (2011). *Gender and climate change* (Bridge Bulletin, Institute of Development Studies). *Bridge Bulletin, Institute of Development Studies* (Vol. 22).
- Skutsch, M. M. (2005). Gender analysis for energy projects and programmes. *Energy for*

- Sustainable Development*, 9(1), 37–52. [http://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60481-0](http://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60481-0)
- Smith, K. R., Dutta, K., Chengappa, C., Gusain, P. P. S., Berrueta, O. M. and V., Edwards, R., ... Shields, K. N. (2007). Monitoring and evaluation of improved biomass cookstove programs for indoor air quality and stove performance: conclusions from the Household Energy and Health Project. *Energy for Sustainable Development*, 11(2), 5–18. [http://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60396-8](http://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60396-8)
- Sota, C. de la, Lumbreras, J., Mazorra, J., Narros, A., Fernández, L., & Borge, R. (2014). Effectiveness of Improved Cookstoves to Reduce Indoor Air Pollution in Developing Countries. The Case of the Cassamance Natural Subregion, Western Africa. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 2(1), 1–5. <http://doi.org/10.4236/gep.2014.21001>
- Sovacool, B. K., Clarke, S., Johnson, K., Crafton, M., Eidsness, J., & Zoppo, D. (2013). The energy-enterprise-gender nexus: Lessons from the Multifunctional Platform (MFP) in Mali. *Renewable Energy*, 50, 115–125. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2012.06.024>
- Stanistreet, D., Hyseni, L., Bashin, M., Sadumah, I., Pope, D., Sage, M., & Bruce, N. (2015). The Role of Mixed Methods in Improved Cookstove Research. *Journal of Health Communication*, 20(sup1), 84–93. Retrieved from <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10810730.2014.999896>
- Sustainable Development Knowledge Platform. (2015). Proposal for Sustainable Development Goals. Sustainable Development Knowledge Platform [online]. Retrieved August 12, 2015, from <https://sustainabledevelopment.un.org/focussdgs.html>
- Takada, M., Rijal, K., & Morris, E. (2007). Energizing the Least Developed Countries to Achieve the Millennium Development Goals: The Challenges and Opportunities of Globalization. In *Ministerial Conference “Making Globalization Work for the LDCs” Istanbul, 9-11 July 2007*. Istanbul: United Nations Development Programme Issues Paper.
- Thompson, L. M., Bruce, N., Eskenazi, B., Diaz, A., Pope, D., & Smith, K. R. (2011). Impact of reduced maternal exposures to wood smoke from an introduced chimney stove on newborn birth weight in rural Guatemala. *Environmental Health Perspectives*, 119(10), 1489–1494. <http://doi.org/10.1289/ehp.1002928>
- UN-REDD Programme. (2011). *The Business Case for Mainstreaming Gender in REDD +*. The United Nations Collaborative Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries.
- UN Meeting Coverages and Press Releases. (2014). Sustainable Energy “Golden Thread” Connecting Economic Growth, Increased Social Equity, Secretary-General Tells Ministerial Meeting [online]. Retrieved August 12, 2015, from <http://www.un.org/press/en/2014/sgsm15839.doc.htm>
- UNdata. (2010a). UNdata: Gambia Country Profile. Retrieved from <http://data.un.org/Search.aspx?q=Gambia>
- UNdata. (2010b). UNdata: Guinea-Bissau country profile. Retrieved from <http://data.un.org/CountryProfile.aspx?crname=Guinea-Bissau>
- UNdata. (2010c). UNdata: Senegal country profile. Retrieved from <http://data.un.org/CountryProfile.aspx?crname=Senegal>
- UNDESA. (2013). *World Population Prospects: The 2012 Revision*. United Nations, Population Division, Department of Economic and Social Affairs, New York, Us.
- UNDP. (2005). *Energizing the Millennium Development Goals: A Guide to Energy’s Role in*

- Reducing Poverty* (Vol. 2005). New York, USA: United Nations Development Programme.
- UNDP. (2015). *Energyplus Guidelines: Planning for Improved Energy Access and Productive Uses of Energy*. New York, USA: United Nations Development Programme.
- UNDP. (2016). *Informe sobre Desarrollo Humano 2016: Desarrollo humano para todos*. United Nations Development Program, New York, US.
- UNDP, & ENERGIA. (2004). *Gender and Energy for Sustainable Development: A Toolkit and Resource Guide*. United Nations Development Programme, ENERGIA.
- UNEP. (2011). *Near-term Climate Protection and Clean Air Benefits: Actions for Controlling Short-Lived Climate Forcers: A UNEP Synthesis Report*. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya.
- UNEP, & WMO. (2011). *Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone. Summary for Decision Makers*. United Nations Environment Programme (UNEP), World Meteorological Organization (WMO).
- UNFCCC. (n.d.). UNFCCC NDC Registry. Retrieved April 14, 2017, from <http://www4.unfccc.int/ndcregistry/Pages/All.aspx>
- UNFCCC. (2001). *Decision 36/CP.7: Improving the participation of women in the representation of Parties in bodies established under the United Nations Framework Convention on Climate Change or the Kyoto Protocol*. FCCC/CP/2001/13/Add.4 United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNFCCC. (2012a). *CDM and women*. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNFCCC. (2012b). *Decision 23/CP.18 Promoting gender balance and improving the participation of women in UNFCCC negotiations and in the representation of Parties in bodies established pursuant to the Convention or the Kyoto Protocol*. FCCC/CP/2012/8/Add.3 United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNFCCC. (2014). *Lima work programme on gender*. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNFCCC. (2015a). *Adoption of the Paris Agreement*. FCCC/CP/2015/L9 United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNFCCC. (2015b). COP21 | 195 countries adopt the first universal climate agreement. Retrieved April 1, 2016, from <http://www.cop21.gouv.fr/en/195-countries-adopt-the-first-universal-climate-agreement/>
- UNFCCC. (2015c). COP21 main issues | COP21 - United Nations Conference on Climate Change. [online]. Retrieved August 16, 2015, from <http://www.cop21.gouv.fr/en/cop21-cmp11/cop21-main-issues>
- UNFCCC. (2016a). *Small-scale methodology: Energy efficiency measures in thermal applications of non-renewable biomass*.
- UNFCCC. (2016b). *Small-scale methodology: Switch from non-renewable biomass for thermal applications by the user*. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- UNHCR. (2014). *Global Strategy for Safe Access to Fuel and Energy (SAFE): A UNHCR Strategy 2014-2018*. Division of Programme Support and Management, United Nations High Commissioner for Refugees, Geneva, Switzerland.
- UNIDO, & UNWOMEN. (2013). *Sustainable Energy for All: The Gender Dimensions*. United Nations Industrial Development Organization, United Nations Entity for Gender Equality and the Empowerment of Women.

- United Nations. (2010). *Energy for a Sustainable Future: The Secretary-General's Advisory Group on Energy and Climate Change (AGECC) : Summary Report and Recommendations*. New York, USA.
- United Nations, & General Assembly. (2012). *The Future We Want: Outcome document adopted at Rio+20 Conference on Sustainable Development*. A/RES/66/288 (27 July 2012). <http://doi.org/10.1126/science.202.4366.409>
- United Nations, & General Assembly. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. A/RES/70/1 (25 September 2015).
- Vassell, L. (2009). *Gender climate change and disaster risk management: Case study of Jamaica*. Barbados: UNDP Caribbean Risk Management Initiative.
- Vianello, M. (2016). *Toolkit for the Moving Energy Initiative: A Review of Cooking Systems for Humanitarian Settings*. Chatham House, London, UK .
- WBCSD. (n.d.). *Business solutions to enable energy access for all*. World Business Council for Sustainable Development.
- WGC. (2015). *Women and Gender Constituency: Position Paper on the 2015 New Climate Agreement Overview*. Women and Gender Constituency.
- WHO. (2006a). *Fuel for life: household energy and health*. World Health Organisation, Geneva.
- WHO. (2006b). *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment*. World Health Organisation, Geneva.
- WHO. (2008). *Evaluating household energy and health interventions: A catalogue of methods*. World Health Organisation, Geneva.
- WHO. (2010). *WHO Guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. World Health Organisation, Geneva. <http://doi.org/10.1186/2041-1480-2-S2-I1>
- WHO. (2014a). *Gender, Climate change and health*. (Vol. 114). World Health Organisation, Geneva. <http://doi.org/10.1097/01.NAJ.0000453051.39242.14>
- WHO. (2014b). *WHO Indoor Air Quality Guidelines: household fuel combustion*. World Health Organisation, Geneva.
- WHO. (2016). *Burning opportunity: Clean Household Energy for Health, Sustainable Development, and Wellbeing of Women and Children*. World Health Organisation, Geneva.
- WHO, & Scovronick, N. (2015). *Reducing global health risks through mitigation of short-lived climate pollutants. Scoping report for policy-makers*. Climate & Clean Air Coalition to Reduce Short-Lived Climate Pollutants, World Health Organisation, Geneva. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60901-1](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60901-1)
- Women's Major Group. (2013). *Gender Equality, Women's Rights and Women's Priorities: Recommendation for the SDG and Post-2015 Development Agenda*. WECF International.
- Yamamoto, S. S., Louis, V. R., Sié, a., & Sauerborn, R. (2014). Biomass smoke in Burkina Faso: What is the relationship between particulate matter, carbon monoxide, and kitchen characteristics? *Environmental Science and Pollution Research*, 21(4), 2581–2591. <http://doi.org/10.1007/s11356-013-2062-6>
- Yu, F. (2011). Indoor Air Pollution and Children's Health: Net Benefits from Stove and Behavioral Interventions in Rural China. *Environmental and Resource Economics*, 50(4), 495–514. <http://doi.org/10.1007/s10640-011-9479-5>

Zhang, H., Wang, S., Hao, J., Wan, L., Jiang, J., Zhang, M., ... Mellouki, A. W. (2012). Chemical and size characterization of particles emitted from the burning of coal and wood in rural households in Guizhou, China. *Atmospheric Environment*, 51, 94–99. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.01.042>

Anexos

Anexo 1: Publicaciones derivadas de esta tesis

Artículos en revistas

Candela de la Sota; Julio Lumbreras Martin; Adolfo Narros Sierra; Luz Fernandez Garcia; Rafael Borge Garcia. Effectiveness of Improved Cookstoves to Reduce Indoor Air Pollution in Developing Countries. The Case of the Cassamance Natural Subregion, Western Africa. *Journal of Geoscience and Environment Protection*. 2, pp. 1 - 5. 01/2014. ISSN 2327-4336

Candela De la Sota Sandez; M. Kane; Javier Mazorra Aguiar; Julio Lumbreras Martin; Issakha Youm; Mar Viana. Intercomparison of methods to estimate black carbon emissions from cookstoves. *Science of the Total Environment*. 595 - null, pp. 886 - 893. 05/2017. ISSN 0048-9697

Comunicaciones en congresos

Autores: Candela De la Sota Sandez; Kane Moustapha; Julio Lumbreras Martin; Mar Viana; Javier Mazorra Aguiar; Adolfo Narros Sierra; Rafael Borge Garcia; Xavier Querol

Título: Estimation of black carbon emissions from cookstoves in Africa

Nombre del congreso: Industriales Research Meeting 2016

Tipo de participación: Póster

Fecha de realización: 20/04/2016

Actas: Industriales Research Meeting 2016. pp. 109 - 109. ISBN 978-84-16397-31-0

Autores: Candela De la Sota Sandez; K. Kane; Mar Viana; Julio Lumbreras Martin; M.B. Ba; Xavier Querol; Javier Mazorra Aguiar; Adolfo Narros Sierra; Rafael Borge Garcia; I. Youm

Título: Laboratory estimation of black carbon emissions from cookstoves

Nombre del congreso: 4th Workplace and Indoor Aerosols Conference

Tipo de participación: Ponencia

Fecha de realización: 20/04/2016

Ciudad: Barcelona (España),

Autores: Javier Mazorra Aguiar; Candela De la Sota Sandez; Julio Lumbreras Martin; Rafael Borge Garcia

Título: Cost-benefit analyses of improved cookstoves project: The Case of the Cassamance Natural Subregion, Western Africa

Nombre del congreso: 2nd Healthy-Polis workshop "Challenges and opportunities for Urban Environmental Health and Sustainability"

Tipo de participación: Ponencia

Fecha de realización: 30/05/2015

Ciudad: Kunshan, China,

Autores: Javier Mazorra Aguiar; Julio Lumbreras Martin; Luz Fernandez Garcia.

Título: Gender, Climate Change and Energy Access in Developing Countries: State of the Art

Nombre del congreso: Royal Geographical Society with Institute of British Geographers Annual International Conference 2014

Tipo de participación: Ponencia

Fecha de realización: 26/08/2014

Ciudad: Royal Geographical Society, London.

Autores: Candela De la Sota Sandez; Julio Lumbreras Martin; Javier Mazorra Aguiar; Adolfo Narros Sierra; Luz Fernández García; Rafael Borge Garcia.

Título: Effectiveness of improved cookstoves to reduce indoor air pollution in developing countries. The case of the Cassamance Natural Subregion, Western Africa.

Nombre del congreso: 3rd International Conference on Pollution and Treatment Technology (PTT 2014)

Tipo de participación: Ponencia

Fecha de realización: 12/01/2014

Ciudad: Shenzhen (China).

Capítulos de libros

Javier Mazorra Aguiar; Julio Lumbreras Martin; Luz Fernández; Candela De la Sota Sandez. *Gender, climate change and energy access in developing countries: state of the art*. Understanding Climate Change through Gender Relations. 123-142, Routledge, 2017. ISBN 978-1-315-66160-5

Otros

Maryse Labriet; Leire Iriarte; Lucila Izquierdo; Luz Fernández García; Javier Mazorra Aguiar; Julio Lumbreras Martin; Marta Ximenez; Heidy Altamirano; Vicente Sis Sis; Omar Alfaro. *Guatemala Cookstoves and Fuels Market Assessment: Sector Mapping*. Global Alliance for Clean Cookstoves (UN Foundation), 2013. Disponible en Internet en: <<http://cleancookstoves.org/resources/212.html>>

Maryse Labriet; Leire Iriarte; Lucila Izquierdo; Luz Fernández García; Javier Mazorra Aguiar; Julio Lumbreras Martin; Marta Ximenez; Heidy Altamirano; Vicente Sis Sis; Omar Alfaro. *Guatemala Cookstoves and Fuels Market Assessment: Intervention options*. Global Alliance for Clean Cookstoves (UN Foundation), 2013. Disponible en Internet en: <<http://cleancookstoves.org/resources/212.html>>

Javier Mazorra Aguiar; Rudy Martínez; Candela De la Sota Sandez; Julio Lumbreras Martin. Energías Renovables en Senegal: Mapa de actores e iniciativas. ONGAWA, 2013. ISBN 978-84-695-8476-7

Candela De la Sota Sandez; Javier Mazorra Aguiar; Julio Lumbreras Martin; Rudy Martínez. Evaluación de modelos energéticos: 8 casos prácticos. ONGAWA, 2013. ISBN 978-84-695-8477-4

Candela De la Sota Sandez; Javier Mazorra Aguiar; Luz Fernández García; Julio Lumbreras Martin; Rudy Martínez. Proyectos Energéticos: Propuestas de un modelo para su evaluación. ONGAWA, 2013. ISBN 978-84-695-8478-1

Anexo 2: Datos de la medición de contaminantes en el aire interior de las viviendas

En el presente anexo se presentan los resultados obtenidos del análisis de los datos de los analizadores de contaminantes instalados durante la investigación.

La interpretación de los distintos parámetros de las tablas es la siguiente:

- Media CO: valor medio de todos los datos registrados por los analizadores durante el periodo de muestreo en ppm.
- Max CO: máximo de concentración registrado durante el periodo de muestreo en ppm.
- Max CO 15: máximo de las concentraciones medias de periodos de 15 minutos durante el periodo de muestreo en ppm.
- Δ Media CO (%): variación del valor medio de todos los datos registrados por los analizadores durante el periodo de muestreo en ppm antes y después de la instalación de la cocina.
- Δ Max CO (%): máximo de concentración registrado durante el periodo de muestreo en ppm antes y después de la instalación de la cocina.
- Δ Max 15 CO (%): máximo de las concentraciones medias de periodos de 15 minutos durante el periodo de muestreo en ppm antes y después de la instalación de la cocina.
- Media PM: valor medio de todos los datos registrados por los analizadores durante el periodo de muestreo en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Max PM: máximo de concentración registrado durante el periodo de muestreo en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Max PM 15: máximo de las concentraciones medias de periodos de 15 minutos durante el periodo de muestreo en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Δ Media PM (%): variación porcentual del valor medio de todos los datos registrados por los analizadores durante el periodo de muestreo antes y después de la instalación de la cocina.
- Δ Max PM (%): variación porcentual del máximo de concentración registrado durante el periodo de muestreo antes y después de la instalación de la cocina.
- Δ Max PM 15 (%): variación porcentual del máximo de las concentraciones medias de periodos de 15 minutos durante el periodo de muestreo antes y después de la instalación de la cocina.

Punto	Media CO	Max CO	Max CO 15	Punto	Media CO	Max CO	Max CO	Δ Media Co	Δ Max CO	Δ Max 15 CO
CF-01	32,1	236,0	182,0	CF-01	22,3	320,0	253,0	-30,6	35,6	39,0
CF-02	5,6	78,0	58,1	CF-02	4,6	67,5	43,5	-17,9	-13,5	-25,1
CF-03	4,7	162,0	109,2	CF-03	22,6	339,0	242,2	380,9	109,3	121,8
CF-04	4,9	105,0	84,0	CF-04	2,7	69,5	39,1	-44,9	-33,8	-53,5
CF-05	4,1	105,0	42,8	CF-05	2,9	63,0	37,9	-29,3	-40,0	-11,4
CF-06	26,9	331,5	262,4	CF-06	17,8	211,0	127,2	-33,8	-36,3	-51,5
CF-07	14,8	144,0	87,7	CF-07	10,4	184,5	94,9	-29,7	28,1	8,2
CF-08	21,1	216,0	120,3	CF-08	7,5	171,5	83,3	-64,5	-20,6	-30,8
CF-09	16,2	160,0	115,0	CF-09	9,1	147,5	59,5	-43,8	-7,8	-48,3
CF-10	35,8	220,5	151,1	CF-10	18,9	342,5	241,5	-47,2	55,3	59,8
MEDIA =	16,6	175,8	121,3	MEDIA =	11,9	191,6	122,2	-28,5	9,0	0,8
DESV STD =	12,0	76,4	64,4	DESV STD =	7,9	110,9	89,5	-34,5	45,1	39,0
CV % =	72,2	43,5	53,1	CV % =	66,1	57,9	73,3	-8,4	33,2	37,9

Tabla A.0.1. Resultados de los analizadores de CO en Cololondito Fouta

Punto	Media PM	Max PM	Max PM 15	Media CO	Max CO	Max CO 15	Punto	Media PM	Max PM	Max PM 15	Media CO	Max CO	Max CO 15	Δ Media PM (%)	Δ Max PM (%)	ΔMaxPM 15 (%)	Δ Media CO	Δ Max CO	Δ Max 15 CO
CF-01	1010	66091	33451	27,1	279,9	166,6	CF-01	610	42260	13508	21,9	333,0	275,8	-39,6	-36,1	-59,6	-19,2	19,0	65,5

Tabla A.0.2. Resultados de los analizadores de CO y PM en Cololondito Fouta

Punto	Media CO	Max CO	Max CO 15	Punto	Media CO	Max CO	Max CO	Δ Media Co	Δ Max CO	Δ Max 15 CO
D-01	28,5	328,5	218,3	D-01	14,7	196,0	151,9	-48,4	-40,3	-30,4
D-02	36,6	197,5	178,6	D-02	19,1	250,0	149,7	-47,8	26,6	-16,2
D-03	44,7	210,0	175,3	D-03	24,2	180,5	133,5	-45,9	-14,0	-23,8
D-04	11,7	105,5	90,2	D-04	8,8	112,5	66,4	-24,8	6,6	-26,4
D-05	28,4	185,0	154,6	D-05	15,2	94,5	66,2	-46,5	-48,9	-57,2
D-06	30,2	189,5	155,6	D-06	14,7	142,5	96,8	-51,3	-24,8	-37,8
D-07	35,1	147,5	118,2	D-07	39,6	336,0	280,2	12,8	127,8	137,1
D-08	20,6	144,5	110,0	D-08	11,3	130,5	72,6	-45,1	-9,7	-34,0
D-09	37,6	230,0	190,1	D-09				-100,0	-100,0	-100,0
D-10	15,9	169,0	73,8	D-10	11,3	109,0	72,4	-28,9	-35,5	-1,9
MEDIA =	28,9	190,7	146,5	MEDIA =	17,7	172,4	121,1	-39,0	-9,6	-17,3
DESV STD =	10,3	60,3	46,7	DESV STD =	9,4	78,8	69,4	-8,8	30,8	48,6
CV % =	35,7	31,6	31,9	CV % =	53,3	45,7	57,3	49,5	44,7	79,7

Tabla A.0.3. Resultados de los analizadores de CO en Diyaougou

Media PM	Max PM	Max PM 15	Media CO	Max CO	Max CO 15	Punto	Media PM	Max PM	Max PM 15	Media CO	Max CO	Max CO 15	Δ Media PM (%)	Δ Max PM (%)	ΔMaxM 15 (%)	Δ Media CO	Δ Max CO	Δ Max 15 CO
622	22366	5907	32,6	332,7	242,5	D-01	950	111815	27524	13,9	294,1	157,0	52,7	399,9	366,0	-57,4	-11,6	-35,3
1257	89782	18375	26,1	147,2	137,6	D-02	348	38304	11478	11,8	232,5	145,3	-72,3	-57,3	-37,5	-54,8	57,9	5,6
1456	32232	13352	34,3	195,9	150,6	D-03	810	107205	27383	20,5	167,4	137,6	-44,4	232,6	105,1	-40,2	-14,5	-8,6
257	18320	13284	11,4	94,4	86,0	D-04	265	14429	3710	8,9	107,0	66,4	3,1	-21,2	-72,1	-21,9	13,3	-22,8
953	34030	15510	26,7	162,5	142,3	D-05	511	23428	6931	12,6	93,8	60,9	-46,4	-31,2	-55,3	-52,8	-42,3	-57,2
522	27194	6231	20,4	144,8	106,3	D-06	362	35153	10917	7,1	79,8	46,0	-30,7	29,3	75,2	-65,2	-44,9	-56,7
1167	39047	16216	24,4	151,0	99,5	D-07	1089	49375	14215	27,3	295,1	223,3	-6,7	26,5	-12,3	11,9	95,4	124,4
835	105423	21061	18,5	146,7	107,6	D-08	278	79802	8695	9,8	108,9	62,1	-66,7	-24,3	-58,7	-47,0	-25,8	-42,3
745	19322	4450	33,7	184,6	163,2	D-09	Mismos datos que el anterior											
281	35495	3978	7,6	173,7	58,8	D-10	172	28912	4215	3,2	89,4	51,3	-38,8	-18,5	6,0	-57,9	-48,5	-12,8
809,5	42321,1	11836,4	23,6	173,4	129,4	MEDIA =	531,7	54269,2	12785,3	12,8	163,1	105,5	-34,3	28,2	8,0	-45,7	-5,9	-18,5
404,7	30174,1	6216,5	9,2	62,4	51,0	DESV STD =	333,7	36385,6	8974,8	7,3	88,5	62,3	-17,5	20,6	44,4	-20,8	41,8	22,2
50,0	71,3	52,5	38,9	36,0	39,4	CV % =	62,8	67,0	70,2	56,7	54,3	59,0	25,6	-6,0	33,7	45,9	50,7	49,8

Tabla A.0.4. Resultados de los analizadores de CO y PM en Diyabougou

Punto	Media CO	Max CO	Max CO 15	Punto	Media CO	Max CO	Max CO	Δ Media Co	Δ Max CO	Δ Max 15 CO
SS-01	9,0	65,5	36,9	SS-01	14,4	121,0	72,0	60,0	84,7	95,1
SS-02	12,1	124,0	73,2	SS-02	12,6	152,5	90,7	4,1	23,0	23,9
SS-03	4,7	69,5	31,8	SS-03	1,3	49,5	16,0	-72,3	-28,8	-49,7
SS-04	6,0	97,0	44,9	SS-04	1,9	38,0	21,8	-68,3	-60,8	-51,4
SS-05	12,1	133,5	59,5	SS-05	4,0	54,0	21,5	-66,9	-59,6	-63,9
SS-06	16,0	129,0	58,1	SS-06	3,5	49,0	25,1	-78,1	-62,0	-56,8
SS-07	13,1	135,5	70,0	SS-07	5,2	102,0	42,7	-60,3	-24,7	-39,0
SS-08	5,7	58,5	25,8	SS-08	3,5	63,0	28,3	-38,6	7,7	9,7
SS-09	7,2	67,5	38,5	SS-09	1,8	36,0	16,5	-75,0	-46,7	-57,1
SS-10	2,4	61,5	23,2	SS-10	4,8	100,0	33,0	100,0	62,6	42,2
MEDIA =	8,8	94,2	46,2	MEDIA =	5,3	76,5	36,8	-40,0	-18,7	-20,4
DESV STD =	4,3	33,1	18,0	DESV STD =	4,5	39,8	25,2	4,2	20,3	39,9
CV % =	49,2	35,1	39,0	CV % =	85,4	52,0	68,5	73,5	48,1	75,8

Tabla A.0.5. Resultados de los analizadores de CO en Sissaucunda Samanco

Punto	Media PM	Max PM	Max PM 15	Media CO	Max CO	Max CO 15	Punto	Media PM	Max PM	Max PM 15	Media CO	Max CO	Max CO 15	Δ Media PM (%)	Δ Max PM (%)	ΔMaxM 15 (%)	Δ Media CO	Δ Max CO	Δ Max 15 CO
SS-01	139	21757	4155	13,6	96,8	40,5	SS-01	352	62918	10295	9,3	112,8	72,8	153,2	189,2	147,8	-31,6	16,5	79,8
SS-02	276	47376	10540	5,5	97,2	51,3	SS-02	617	71149	5986	-1,8	108,2	53,3	123,6	50,2	-43,2	-132,7	11,3	3,9
MEDIA =	207,5	34566,5	7347,5	9,6	97,0	45,9	MEDIA =	484,5	67033,5	8140,5	3,8	110,5	63,1	133,5	93,9	10,8	-60,7	13,9	37,4
DESV STD =	96,9	18115,4	4514,9	5,7	0,3	7,6	DESV STD =	187,4	5820,2	3046,9	7,8	3,3	13,8	93,4	-67,9	-32,5	37,0	1050,0	80,6
CV % =	46,7	52,4	61,4	60,0	0,3	16,6	CV % =	38,7	8,7	37,4	209,3	2,9	21,9	-17,2	-83,4	-39,1	249,0	909,5	31,4

Tabla A.0.6. Resultados de los analizadores de CO y PM en Sissaucunda Samanco

Punto	Media CO	Max CO	Max CO 15	Punto	Media CO	Max CO	Max CO	Δ Media Co	Δ Max CO	Δ Max 15 CO
HE-01	0,8	39,0	14,2	HE-01	0,0	10,0	1,0	-100,0	-74,4	-93,0
HE-02	1,4	61,0	17,3	HE-02	0,8	143,0	17,5	-42,9	134,4	1,2
HE-03	0,5	24,0	2,6	HE-03	0,0	9,0	2,1	-100,0	-62,5	-19,2
HE-04	0,5	72,0	11,4	HE-04	0,4	28,0	15,1	-20,0	-61,1	32,5
HE-05	0,3	26,0	2,3	HE-05	0,0	10,0	0,2	-100,0	-61,5	-91,3
HE-06	0,6	34,5	18,0	HE-06	0,0	10,5	0,6	-100,0	-69,6	-96,7
HE-07	0,9	61,5	15,9	HE-07	0,4	28,0	7,8	-55,6	-54,5	-50,9
HE-08	2,2	46,5	8,4	HE-08	0,6	68,5	13,5	-72,2	47,3	60,7
HE-09	0,6	29,0	10,4	HE-09	0,0	12,0	1,0	-100,0	-58,6	-90,4
HE-10	6,8	64,0	35,9	HE-10	5,9	71,5	50,2	-13,2	11,7	39,8
MEDIA =	1,5	45,8	13,6	MEDIA =	0,8	39,1	10,9	-44,4	-14,6	-20,1
DESV STD =	2,0	17,7	9,6	DESV STD =	1,8	43,6	15,3	-7,3	146,3	60,0
CV % =	134,3	38,7	70,3	CV % =	223,8	111,6	140,7	66,6	188,6	100,2

Tabla A.0.7. Resultados de los analizadores de CO en Helacunda

Punto	Media PM	Max PM	Max PM 15	Media CO	Max CO	Max CO 15	Punto	Media PM	Max PM	Max PM 15	Media CO	Max CO	Max CO 15	Δ Media PM (%)	Δ Max PM (%)	ΔMaxM 15 (%)	Δ Media CO	Δ Max CO	Δ Max 15 CO
HE-01	63	8604	1405	2,0	95,2	23,1	HE-01	30	3323	553	-1,4	9,2	1,9	-52,4	-61,4	-60,6	-170,0	-90,3	-91,8
HE-02	61	5270	1138	2,1	173,2	27,4	HE-02	56	9420	1286	-0,3	55,2	10,0	-8,2	78,7	13,0	-114,3	-68,1	-63,5
MEDIA =	62,0	6937,0	1271,5	2,1	134,2	25,3	MEDIA =	43,0	6371,5	919,5	-0,9	32,2	6,0	-30,6	-8,2	-27,7	-141,5	-76,0	-76,4
DESV STD =	1,4	2357,5	188,8	0,1	55,2	3,0	DESV STD =	18,4	4311,2	518,3	0,8	32,5	5,7	1200,0	82,9	174,5	1000,0	-41,0	88,4
CV % =	2,3	34,0	14,8	3,4	41,1	12,0	CV % =	42,8	67,7	56,4	-91,5	101,0	96,3	1774,4	99,1	279,6	-2752,9	145,8	699,4

Tabla A.0.8. Resultados de los analizadores de CO y PM en Helacunda

Punto	Media CO	Max CO	Max CO 15	Punto	Media CO	Max CO	Max CO	Δ Media Co	Δ Max CO	Δ Max 15 CO
KA-01	9,6	115,5	77,8	KA-01	3,3	89,5	39,9	-65,6	-22,5	-48,7
KA-02	11,5	213,0	149,9	KA-02	14,9	197,5	125,4	29,6	-7,3	-16,3
KA-03	9,9	89,5	57,8	KA-03	10,9	113,5	75,8	10,1	26,8	31,1
KA-04	20,9	220,5	152,3	KA-04	13,4	174,0	135,2	-35,9	-21,1	-11,2
KA-05	5,6	97,5	59,7	KA-05	1,0	58,0	19,0	-82,1	-40,5	-68,2
KA-06	9,7	134,5	91,2	KA-06	2,7	59,5	37,7	-72,2	-55,8	-58,7
KA-07	15,7	119,0	73,3	KA-07	13,4	139,5	73,8	-14,6	17,2	0,7
KA-08	8,6	164,5	88,2	KA-08	13,0	200,5	85,1	51,2	21,9	-3,5
KA-09	26,8	238,5	159,3	KA-09	7,4	92,5	62,2	-72,4	-61,2	-61,0
KA-10	38,7	229,0	150,2	KA-10	19,6	151,0	99,4	-49,4	-34,1	-33,8
MEDIA =	15,7	162,2	106,0	MEDIA =	10,0	127,6	75,4	-36,6	-21,3	-28,9
DESV STD =	10,3	58,3	41,8	DESV STD =	6,1	53,1	37,7	-40,8	-8,8	-9,9
CV % =	65,7	35,9	39,5	CV % =	61,3	41,7	50,0	-6,7	15,9	26,8

Tabla A.0.9. Resultados de los analizadores de CO en Ker Ardo

Punto	Media PM	Max PM	Max PM 15	Media CO	Max CO	Max CO 15	Punto	Media PM	Max PM	Max PM 15	Media CO	Max CO	Max CO 15	Δ Media PM (%)	Δ Max PM (%)	ΔMaxM 15 (%)	Δ Media CO	Δ Max CO	Δ Max 15 CO
KA-01	54	30121	5786	2,2	136,0	81,3	KA-01	104	19467	2022	-0,2	100,5	38,8	92,6	-35,4	-65,1	-109,1	-26,1	-52,3
KA-02	521	107900	45137	2,0	218,4	144,4	KA-02	1017	104276	43923	8,6	154,3	100,4	95,2	-3,4	-2,7	330,0	-29,3	-30,5
KA-03	530	63897	14807	5,8	102,2	64,1	KA-03	264	21596	3772	8,4	113,7	72,6	-50,2	-66,2	-74,5	44,8	11,3	13,3
KA-04	913	63488	22568	17,9	234,9	159,3	KA-04	395	54472	11527	4,4	184,0	132,6	-56,7	-14,2	-48,9	-75,4	-21,7	-16,8
KA-05	246	30277	7532	0,1	89,8	49,8	KA-05	65	16263	3233	0,4	55,4	23,4	-73,6	-46,3	-57,1	300,0	-38,3	-53,0
KA-06	820	94673	29385	9,2	158,0	86,3	KA-06	20	3726	1262	2,4	82,8	38,3	-97,6	-96,1	-95,7	-73,9	-47,6	-55,6
KA-07	556	76269	18164	2,5	97,9	52,5	KA-07	232	53093	6957	4,2	138,9	38,4	-58,3	-30,4	-61,7	68,0	41,9	-26,9
KA-08	654	62890	25983	7,2	162,6	100,5	KA-08	111	91883	7990	-2,5	164,5	68,4	-83,0	46,1	-69,2	-134,7	1,2	-31,9
KA-09	1217	105430	33902	18,5	214,3	147,8	KA-09	243	44823	7221	3,5	129,7	43,4	-80,0	-57,5	-78,7	-81,1	-39,5	-70,6
KA-10	1744	107290	20151	26,8	241,7	148,7	KA-10	431	29597	7298	-2,8	135,3	83,7	-75,3	-72,4	-63,8	-110,4	-44,0	-43,7
MEDIA =	725,5	74223,5	22341,5	9,2	165,6	103,5	MEDIA =	288,2	43919,6	9520,5	2,6	125,9	64,0	-60,3	-40,8	-57,4	-71,4	-24,0	-38,1
DESV STD =	485,1	29534,1	11965,8	8,9	58,7	43,0	DESV STD =	289,8	33034,5	12488,7	4,0	38,8	34,2	-40,3	11,9	4,4	-55,1	-33,9	-20,4
CV % =	66,9	39,8	53,6	96,7	35,5	c	CV % =	100,6	75,2	131,2	151,6	30,8	53,5	50,4	89,0	144,9	56,7	-13,1	

Tabla A.0.10. Resultados de los analizadores de CO y PM en Ker Ardo

Punto	Media CO	Max CO	Max CO 15	Punto	Media CO	Max CO	Max CO	Δ Media Co	Δ Max CO	Δ Max 15 CO
BB-01	18,7	182,0	139,8	BB-01	4,4	85,0	59,4	-76,5	-53,3	-57,5
BB-02	8,9	170,0	127,3	BB-02	6,7	88,0	60,7	-24,7	-48,2	-52,3
BB-03	24,7	218,0	159,3	BB-03	29,9	543,0	380,2	21,1	149,1	138,7
BB-04	5,6	97,5	59,7	BB-04	23,1	238,0	157,6	312,5	144,1	164,0
BB-05	17,4	183,0	143,4	BB-05	26,5	344,5	245,0	52,3	88,3	70,9
BB-06	13,8	168,5	84,9	BB-06	5,4	112,0	43,4	-60,9	-33,5	-48,9
BB-07	18,6	169,0	144,9	BB-07	10,2	138,5	73,9	-45,2	-18,0	-49,0
BB-08	1,4	39,0	23,6	BB-08	3,8	148,5	65,4	171,4	280,8	177,1
BB-09	14,1	197,0	135,2	BB-09	9,0	170,0	89,8	-36,2	-13,7	-33,6
BB-10	7,1	81,0	48,7	BB-10	15,8	213,5	132,6	122,5	163,6	172,3
MEDIA =	13,0	150,5	106,7	MEDIA =	13,5	208,1	130,8	3,5	38,3	22,6
DESV STD =	7,2	57,6	48,1	DESV STD =	9,7	141,6	106,9	35,9	145,7	122,0
CV % =	55,0	38,3	45,1	CV % =	72,3	68,0	81,7	31,4	77,7	81,1

Tabla A.0.11. Resultados de los analizadores de CO en Brikama Ba

Punto	Media PM	Max PM	Max PM 15	Media CO	Max CO	Max CO 15	Punto	Media PM	Max PM	Max PM 15	Media CO	Max CO	Max CO 15	Δ Media PM (%)	Δ Max PM (%)	ΔMaxM 15 (%)	Δ Media CO	Δ Max CO	Δ Max 15 CO
BB-01	700	109016	19844	12,6	202,2	132,6	BB-01	-419	39858	4448	3,1	87,7	65,8	-159,9	-63,4	-77,6	-75,4	-56,6	-50,4
BB-02	182	8101	3293	6,2	154,3	117,0	BB-02	-111	10825	1559	-0,2	82,5	49,1	-161,0	33,6	-52,7	-103,2	-46,5	-58,0
BB-03	906	59865	15432	16,4	195,9	137,8	BB-03	976	39488	14097	17,8	455,0	326,1	7,7	-34,0	-8,7	8,5	132,3	136,6
BB-04	228	31062	4098	9,4	144,1	75,7	BB-04	259	63318	9447	7,1	224,1	149,5	13,6	103,8	130,5	-24,5	55,5	97,5
BB-05	919	46796	13454	13,4	153,5	113,2	BB-05	7288	16248	6454	87,4	161,3	87,2	693,0	-65,3	-52,0	552,2	5,1	-23,0
BB-06	583	23052	6562	13,0	216,7	118,5	BB-06	384	17771	3928	5,4	67,7	45,3	-34,1	-22,9	-40,1	-58,5	-68,8	-61,8
BB-07	338	38260	6928	10,7	175,0	157,0	BB-07	156	9078	2422	5,4	84,2	54,1	-53,8	-76,3	-65,0	-49,5	-51,9	-65,5
BB-08	23	9454	1576	-0,4	35,1	17,6	BB-08	243	47717	3070	2,7	134,8	58,8	956,5	404,7	94,8	-775,0	284,0	234,1
BB-09	-486	101458	30303	9,7	208,0	125,8	BB-09	985	105375	41451	9,1	153,6	91,1	-302,7	3,9	36,8	-6,2	-26,2	-27,6
BB-10	28	32403	12439	-3,6	63,0	37,8	BB-10	292	52218	7496	6,1	145,4	72,4	942,9	61,2	-39,7	-269,4	130,8	91,5
MEDIA =	342,1	45946,7	11392,9	8,7	154,8	103,3	MEDIA =	1005,3	40189,6	9437,2	14,4	159,6	99,9	193,9	-12,5	-17,2	64,6	3,1	-3,3
DESV STD =	442,4	34969,7	8876,5	6,3	61,4	45,2	DESV STD =	2248,5	29612,3	11861,8	26,1	114,3	85,1	408,2	-15,3	33,6	312,1	86,3	88,4
CV % =	129,3	76,1	77,9	72,5	39,6	43,7	CV % =	223,7	73,7	125,7	181,4	71,6	85,1	72,9	-3,2	61,3	150,3	80,6	94,7

Tabla A.0.12. Resultados de los analizadores de CO y PM en Brikama Ba

Anexo 3: Análisis de los INDC de países de África Subsahariana

País	Se toma en consideración dentro del INDC:		
	Energía como sector de mitigación	El acceso a energía de la población	Soluciones de cocinado
Botsuana	No.	No.	No.
Burkina Faso	Sí.	Sí	Sí. 540.000 cocinas mejoradas a instalar hasta 2030. Se considera al mismo tiempo estrategia de adaptación y mitigación.
Camerún	Sí.	Utilización de EERR en zonas no conectables a red.	Sí.
Chad	Sí.	Sí, principalmente a partir de EERR.	Solo se nombra la promoción del uso de gas butano y de la eficiencia energética a nivel doméstico.
Comoras	Sí.	Sí, teniendo en cuenta el acceso a la electricidad y las cocinas mejoradas (relacionado con la reducción de la deforestación)	Tanto a nivel doméstico como en la producción de aceites esenciales.
Costa de Marfil	Sí.	Sí, figura como una parte principal de la estrategia de mitigación en el sector energético.	Sí, como elemento de la estrategia de mitigación en el sector agroforestal y dentro de la estrategia de adaptación para conseguir un desarrollo resiliente con el clima.
Etiopía	Sí.	Sí, con especial atención a las zonas rurales a través de EERR.	Sí, aparece como estrategia transversal para adaptación y mitigación (cuantificando la reducción de emisiones).
Gabón	Sí.	Sí, electrificación de zonas rurales con energía solar evitando de esta recurrir a combustibles fósiles.	No.
Gambia	Sí.	Sí, tienen un programa nacional de inversión propio sumado a un plan de acción para cumplir con los objetivos de SE4all.	Sí, cuantifican la reducción de GEI gracias a su instalación.
Ghana	Sí.	Sí, como co-beneficio del incremento de EERR en las áreas rurales y con la instalación de soluciones limpias de cocinado.	Sí, aparece como una de acciones políticas principales de mitigación dentro del sector energético.

País	Se toma en consideración dentro del INDC:		
	Energía como sector de mitigación	El acceso a energía de la población	Soluciones de cocinado
Guinea	Sí.	Sí.	Sí, dentro de las estrategias de mitigación. Para ello plantean instalación de más de 1 millón de cocinas reduciendo la dependencia de la madera al 50%,
Kenia	Sí.	No.	Sí, aparece como estrategia de mitigación con el objetivo de reducir la dependencia de la madera.
Lesoto	Sí.	Sí, política nacional aprobada en 2015 donde se considera la mitigación al cambio climático y se menciona específicamente la electrificación rural.	Sí, como programa específico en la estrategia de mitigación.
Madagascar	Sí.	Sí, como una de las acciones dentro de la estrategia de mitigación.	Sí, también como una de las acciones dentro del sector de mitigación alcanzando al 50% de la población en 2030.
Mali	Sí.	Sí, a través de su Política Nacional de Energía.	Sí, para disminuir la dependencia de la madera.
Mauricio	Sí.	No.	No.
Mauritania	Sí.	Sí, de manera superficial y solo la electrificación.	No.
Namibia	Sí.	No.	No.
Níger	Sí.	Sí, como estrategia de mitigación.	Sí, como estrategia de mitigación principalmente a través de CM pero también de gas y biogás.
República Centroafricana	Sí.	Sí, como parte de programas nacionales asociados al INDC y que se tienen en cuenta dentro de las estrategias de mitigación.	Sí, con un programa nacional que se considera dentro de la estrategia de mitigación como de la de adaptación.
Ruanda	Sí.	Sí, se toma en cuenta la necesidad de acceso en las zonas rurales mediante EERR.	Sí, como estrategia de mitigación llegando al 100% de la población en 2030.
Santo Tomé y Príncipe	Sí.	No explícitamente, pero se nombra la instalación de plantas de producción de electricidad aisladas de la red.	No.

País	Se toma en consideración dentro del INDC:		
	Energía como sector de mitigación	El acceso a energía de la población	Soluciones de cocinado
Seychelles	Sí.	No.	No.
Sierra Leona	Sí.	No explícitamente, pero se nombra la adopción de EERR en zonas rurales.	Como una tecnología más dentro de la eficiencia energética.
Somalia	Sí.	Sí.	Sí, pero de manera general.
Suazilandia	Sí.	Sí, principalmente a través de EERR descentralizada en zonas rurales.	Solo se nombre el consumo no sostenible de biomasa.
Sudáfrica	Sí.	Sí pero sólo en el preámbulo.	No.
Uganda	Sí.	Sí, se reconocen los vínculos entre las estrategias recogidas en el INDC y las políticas nacionales de acceso a energía. Además se nombran algunas acciones concretas relativas a EERR en zonas rurales que carecen de acceso en la actualidad.	Sí, como una de las medidas fundamentales en el sector energético.
Yibuti	Sí.	No.	No.
Zambia	Sí.	Sí, es una parte fundamental de las estrategias de mitigación asociadas al sector eléctrico.	Están consideradas dentro de las estrategias de mitigación asociadas al sector forestal.

Tabla A.0.13. Resumen de la consideración de las soluciones de cocinado en los INDC de países de África Subsahariana

Fuente: Elaboración propia

País	Se toma en consideración dentro del INDC:		
	Otros impactos potenciales de las soluciones de cocinado	Género	Relación soluciones de cocinado, mitigación del CC y género
Botsuana	No.	No.	No.
Burkina Faso	Disminución del uso de leña. Disminución del tiempo empleado en cocinar. Beneficios en salud.	Únicamente la participación del ministerio competente en el órgano de coordinación. No se particularizan los beneficios de las cocinas mejoradas en las mujeres.	No.
Camerún	Sólo como estrategia de reducción del aprovechamiento	Únicamente en las estrategias de adaptación.	No.

	insostenible de los bosques.		
Chad	No.	A ser considerado dentro de los proyectos de mitigación realizados como país fuera del Anexo I de la UNFCCC.	No.
Comoras	Solo la reducción de la deforestación.	Únicamente a ser incluidas como actor dentro de las actividades de protección del medio ambiente.	No.
Costa de Marfil	Sí, en cada estrategia de mitigación realiza un análisis de los co-beneficios en términos de DS asociados.	Únicamente en las estrategias de adaptación.	Dentro de los co-beneficios asociados a la instalación de CM se nombran los beneficios en las mujeres y la reducción de emisiones de GEI.
Etiopía	Se nombra de manera general que junto con las actividades asociadas a los bosques contribuirá a lograr los ODS.	Únicamente en las estrategias de adaptación.	No.
Gabón	No.	No.	No.
Gambia	No.	Solo se nombran algunas políticas transversales que lo tienen en cuenta.	No.
Ghana	Sí, considera la mayoría de los co-beneficios asociados a estos programas.	Únicamente en las estrategias de adaptación.	No explícitamente aunque los co-beneficios considerados impactarán mayoritariamente en las mujeres.
Guinea	No.	Solo como elemento a ser tenido en cuenta en los programas y proyectos de desarrollo.	No.
Kenia	No.	No.	No.
Lesoto	No.	Únicamente en las estrategias de adaptación.	No.
Madagascar	No.	No.	No.
Malí	No.	Únicamente en las estrategias de adaptación.	No.
Mauricio	No.	Solo a ser tenido en cuenta en las distintas estrategias.	No.
Mauritania	No.	No.	No.

Namibia	No.	No.	No.
Níger	Sí, de manera general debido al acceso a servicios energéticos modernos.	Solo a tener en cuenta en la evaluación. Se nombran impactos generales por la falta de acceso a servicios energéticos modernos y en la sección de adaptación.	No.
República Centroafricana	No.	Sólo se nombra a la mujer como colectivo vulnerable.	No.
Ruanda	Sí: reducción de la deforestación, de la contaminación intradomiciliar y de los gastos de las familias.	No.	No.
Santo Tomé y Príncipe	No.	No.	No.
Seychelles	No.	Únicamente en las estrategias de adaptación.	
Sierra Leona	No.	Solo a ser tenido en cuenta en las distintas estrategias.	No.
Somalia	No.	No.	No.
Suazilandia	No.	No.	No.
Sudáfrica	No.	Únicamente a ser considerado como elemento en futuro plan de adaptación.	No.
Uganda	No.	Sí, se reconoce la necesidad de transversalizar el género a lo largo de todas las estrategias recogidas en el documento.	No.
Yibuti	No.	No.	No.
Zambia	Sí, además de los medioambientales se tiene en cuenta la mejora en la calidad del aire y posibles aumentos de ingresos.	Se consideran los co-beneficios específicos sobre las mujeres de algunas acciones.	No.

Tabla A.0.14. Resumen de la consideración del género y su relación con las soluciones de cocinado en los INDC de países de África Subsahariana
Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Resumen de los parámetros a utilizar en las ecuaciones para el cálculo de la reducción de emisiones de GEI

A continuación se presenta un resumen de los parámetros utilizados en las ecuaciones de cálculo:

Parámetro	FE _{bio,CO2}
Unidades	t CO ₂ /t biomasa leñosa
Descripción	Factor de emisión de CO ₂ derivado del uso de la biomasa leñosa
Valor	1,7472
Fuente del dato utilizado	Valor calculado a partir de: -IPCC default values, tabla 1.2: default net calorific values (NCVs). Capítulo 1, vol.2, 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. -IPCC default values, tabla 1.4: default CO ₂ emission factors for combustion. Capítulo 1, vol.2, 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	FE _{bio,CO2} = 112.000 Kg CO ₂ /TJ*15,6 MJ/Kg biomasa leñosa*10-6 El valor de este factor de emisión es el mismo en el caso de la cocina tradicional y de la cocina mejorada.

Tabla A.0.15. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: FE_{bio,CO2}
Fuente: Elaboración propia

Parámetro	FE _{CA,CO2, i}
Unidades	t CO ₂ /t biomasa alternativo
Descripción	Factor de emisión de CO ₂ del combustible alternativo i
Valor	0
Fuente del dato utilizado	-.
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	Se ha considerado que el único combustible utilizado por las familias para cocinar es la leña. En caso de querer contabilizar el uso de combustibles alternativos, indicar que en "Methodology for Improved Cook-Stoves and Kitchen Regimes V.01" de Gold Standard (utilizada como referencia en el presente informe), las emisiones de CO ₂ derivadas del uso de residuos agrícolas y animales no pueden ser contabilizadas. El valor de este factor de emisión es el mismo en el caso de la cocina tradicional y de la cocina mejorada.

Tabla A.0.16. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: FE_{CA,CO2, i}
Fuente: Elaboración propia

Parámetro	FE _{bio, no-CO2}
Unidades	t CO ₂ /t biomasa leñosa
Descripción	Factor de emisión distinto del CO ₂ derivado del uso de la biomasa leñosa
Valor	0,1176

Fuente del dato utilizado	Valor calculado a partir de: -IPCC default values, tabla 1.2: default net calorific values (NCVs). Capítulo 1, vol.2, 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. - IPCC default values, tabla 2.5: default emission factors for stationary combustion in the residential and agriculture/forestry/fishing/fishing farms categories. Capítulo 2, vol.2, 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. - IPCC/TEAP (2005).Table 2.14. Lifetimes, radiative efficiencies and direct (except for CH₄) GWPs relative to CO₂. El valor de este factor de emisión es el mismo en el caso de la cocina tradicional y de la cocina mejorada.
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	$FE_{bio, no-CO2} = FE_{bio, CH4} + FE_{bio, N2O}$ • $FE_{bio, CH4} = 300 \text{ Kg CO}_2/\text{TJ} * 15,6 \text{ MJ/kg biomasa leñosa} * 10^{-6} * 21 = 0,09828 \text{ t CO}_2\text{eq/t biomasa leñosa}$ • $FE_{bio, N2O} = 4 \text{ Kg CO}_2/\text{TJ} * 15,6 \text{ MJ/kg biomasa leñosa} * 10^{-6} * 310 = 0,019344 \text{ t CO}_2/\text{t biomasa leñosa}$ (Los siguientes GWP* 100 han sido aplicados: 21 para CH₄, 310 para N₂O)

Tabla A.0.17. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $FE_{bio, no-CO2}$
Fuente: Elaboración propia

Parámetro	$FE_{CA,i, no-CO2}$
Unidades	t CO ₂ / t combustible alternativo i
Descripción	Factor de emisión de CO ₂ del combustible alternativo i
Valor	0
Fuente del dato utilizado	-

Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	Se ha considerado que el único combustible utilizado por las familias para cocinar es la leña. En caso de querer contabilizar el uso de combustibles alternativos, utilizar los valores proporcionados en: -IPCC default values, tabla 1.2: DEFAULT NET CALORIFIC VALUES (NCVs). Capítulo 1, vol.2, 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. - IPCC default values, tabla 2.5: DEFAULT EMISSION FACTORS FOR STATIONARY COMBUSTION IN THE RESIDENTIAL AND AGRICULTURE/FORESTRY/FISHING/FISHING FARMS CATEGORIES. Capítulo 2, vol.2, 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. - IPCC/TEAP (2005).Table 2.14. Lifetimes, radiative efficiencies and direct (except for CH₄) GWPs relative to CO₂. Si los combustibles alternativos utilizados son residuos animales o agrícolas, tomar el valor de las tablas para "Other Primary Solid Biomass". El valor de este factor de emisión es el mismo en el caso de la cocina tradicional y de la cocina mejorada.

Tabla A.0.18. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $FE_{CA,i, no-CO2}$
Fuente: Elaboración propia

Parámetro	$FE_{bio, prod, CO2}$
Unidades	t CO ₂ /t combustible alternativo i

Descripción	Factor de emisión de CO ₂ derivado de la producción de la biomasa leñosa
Valor	0
Fuente del dato utilizado	-
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	La biomasa leñosa es principalmente recolectada por los hogares, y la recolección no está asociada a emisiones de gases de efecto invernadero. El valor de este factor de emisión es el mismo en el caso de la cocina tradicional y de la cocina mejorada.

Tabla A.0.19. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $FE_{bio, prod, CO_2}$
Fuente: Elaboración propia

Parámetro	$FE_{CA, prod, CO_2}$
Unidades	t CO ₂ /t biomasa leñosa
Descripción	Factor de emisión de CO ₂ derivado de la producción de la biomasa leñosa
Valor	0
Fuente del dato utilizado	-
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	Se ha considerado que el único combustible utilizado por las familias para cocinar es la leña. En caso de querer contabilizar el uso de combustibles alternativos, hay que tener en cuenta que la recolección de residuos agrícolas y residuos animales no está asociada a emisiones de gases de efecto invernadero. El valor de este factor de emisión es el mismo en el caso de la cocina tradicional y de la cocina mejorada.

Tabla A.0.20. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $FE_{CA, prod, CO_2}$
Fuente: Elaboración propia

Parámetro	$FE_{bio, prod, no-co_2}$
Unidades	t CO ₂ /t biomasa leñosa
Descripción	Factor de emisión distinto de CO ₂ derivado de la producción de biomasa leñosa
Valor	0
Fuente del dato utilizado	-
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	La biomasa leñosa es principalmente recolectada por los hogares, y la recolección no está asociada a emisiones de gases de efecto invernadero. El valor de este factor de emisión es el mismo en el caso de la cocina tradicional y de la cocina mejorada.

Tabla A.0.21. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $FE_{bio, prod, no-co_2}$
Fuente: Elaboración propia

Parámetro	$FE_{CA, i, prod, no-co_2}$
Unidades	t CO ₂ /t combustible alternativo i

Descripción	Factor de emisión distinto de CO ₂ derivado de la producción del combustible alternativo i
Valor	0
Fuente del dato utilizado	-
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	Se ha considerado que el único combustible utilizado por las familias para cocinar es la leña. En caso de querer contabilizar el uso de combustibles alternativos, hay que tener en cuenta que la recolección de residuos agrícolas y residuos animales no está asociada a emisiones de gases de efecto invernadero. El valor de este factor de emisión es el mismo en el caso de la cocina tradicional y de la cocina mejorada.

Tabla A.0.22. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones:

$FE_{CA,i,prod,no-CO_2}$

Fuente: Elaboración propia

Parámetro	$X_{bnr,a}$
Unidades	Fracción
Descripción	Estado de no-renovabilidad de la biomasa leñosa en el año a
Valor	Guinea Bissau: 0,85 Senegal: 0,85 Gambia: 0,91
Fuente del dato utilizado	“Default values of fraction of non-renewable biomass for least developed countries and small island developing states”. CDM Executive Board 67 Report Annex 22. 2012
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	Este valor debe ser actualizado cada dos años. Pueden utilizarse los valores por defecto proporcionados por la UNFCC o puede calcularse utilizando metodología de cálculo si se dispone de los datos necesarios para hacerlo.

Tabla A.0.23. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $X_{bnr,a}$

Fuente: Elaboración propia

Parámetro	$B_{lb,a}$
Unidades	t biomasa leñosa/hogar año
Descripción	Consumo anual por hogar de biomasa leñosa para cocinar por hogar en el escenario de línea de base (cocina tradicional).
Valor	Ver Tabla 5.6
Fuente del dato utilizado	Visitas a las comunidades
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	Cálculo del consumo anual realizado a partir de los datos recogidos durante las visitas a las comunidades, donde se pesó la cantidad de madera utilizada por hogar y por día.

Tabla A.0.24. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $B_{lb,a}$

Fuente: Elaboración propia

Parámetro	$B_{p,a}$
Unidades	t biomasa leñosa/hogar año
Descripción	Consumo anual por hogar de biomasa leñosa para cocinar en el escenario del proyecto (cocina mejorada).
Valor	Ver Tabla 5.6
Fuente del dato utilizado	Visitas a las comunidades
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	Cálculo del consumo anual realizado a partir de los datos recogidos durante las visitas a las comunidades, donde se pesó la cantidad de madera utilizada por hogar y por día.

Tabla A.0.25. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $B_{p,a}$
Fuente: Elaboración propia

Parámetro	$CA_{lb,i}$
Unidades	t combustible alternativo i/hogar año
Descripción	Consumo anual por hogar del combustible alternativo i para cocinar por hogar en el escenario de línea de base (cocina tradicional).
Valor	0
Fuente del dato utilizado	-
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	Se ha considerado que el único combustible utilizado por las familias para cocinar es la leña. Para calcular la masa de combustibles alternativos utilizados en los hogares hay que proceder de igual modo que para el cálculo de consumo anual de biomasa leñosa.

Tabla A.0.26. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $CA_{lb,i}$
Fuente: Elaboración propia

Parámetro	$CA_{p,i,a}$
Unidades	t combustible alternativo i/hogar año
Descripción	Consumo anual por hogar del combustible alternativo i para cocinar por hogar en el escenario del proyecto (cocina mejorada).
Valor	0
Fuente del dato utilizado	-
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	Se ha considerado que el único combustible utilizado por las familias para cocinar es la leña. Para calcular la masa de combustibles alternativos utilizados en los hogares hay que proceder de igual modo que para el cálculo de consumo anual de biomasa leñosa.

Tabla A.0.27. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $CA_{p,i,a}$
Fuente: Elaboración propia

Parámetro	Edad de las cocinas
Unidades	
Descripción	Actualización de los valores de consumo de biomasa leñosa y combustibles alternativos en el escenario del proyecto (con cocina mejorada)
Valor	-
Fuente del dato utilizado	Actividades de monitoreo
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	No se ha tenido en cuenta este aspecto porque el pesado de la madera se ha realizado recién instaladas las cocinas mejoradas. La edad de las cocinas debe tenerse en cuenta en el cálculo de reducción de emisiones en años futuros, bien repitiendo las actividades de pesado de la madera, o realizando los cálculos con el valor la eficiencia de las cocinas (ecuación Eq.R.1d y Eq.R.1e)

Tabla A.0.28. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: Edad de las cocinas

Fuente: Elaboración propia

Parámetro	$N_{p,a}$
Unidades	Unidades
Descripción	Número de hogares pertenecientes al grupo operacional del que se van a realizar el cálculo de reducción de emisiones (comunidad, zona de intervención...).
Valor	Ver en Tabla 5.7 y Tabla 5.8
Fuente del dato utilizado	Proporcionado por el convenio
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	-

Tabla A.0.29. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $N_{p,a}$

Fuente: Elaboración propia

Parámetro	$U_{p,a}$
Unidades	Fracción
Descripción	Porcentaje de hogares que hacen uso de las cocinas mejoradas en el año a
Valor	1
Fuente del dato utilizado	Encuestas sobre el uso de las cocinas en los hogares
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	Debe verificarse periódicamente en las actividades de monitoreo.

Tabla A.0.30. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: $U_{p,a}$

Fuente: Elaboración propia

Parámetro	DF _{p,a}
Unidades	Fracción
Descripción	Porcentaje de hogares que todavía utilizan la cocina tradicional durante el año a en el escenario del proyecto
Valor	0
Fuente del dato utilizado	Encuestas sobre el uso de las cocinas en los hogares
Justificación de la utilización del dato/explicación del método utilizado para su obtención o cálculo	Debe verificarse periódicamente en las actividades de monitoreo.

Tabla A.0.31. Resumen de parámetros utilizados para el cálculo de la reducción de emisiones: DF_{p,a}

Fuente: Elaboración propia