

# Tabla de Contenido

|  |          |
|--|----------|
| <b>1. Introducción</b>   | <b>1</b> |
| 1.1. Motivación y justificación                                      | 1        |
| 1.2. Objetivos   | 2        |
| 1.2.1. Objetivo general  | 2        |
| 1.2.2. Objetivos específicos   | 2        |
| 1.3. Alcance del trabajo   | 3        |
| 1.4. Hipótesis   | 4        |
| 1.5. Estructura del documento  | 4        |
| <b>2. Antecedentes</b>   | <b>5</b> |
| 2.1. Nexos agua energía  | 5        |
| 2.2. Desarrollo de energías renovables                               | 8        |
| 2.3. Interconexiones internacionales de sistemas eléctricos          | 10       |
| 2.3.1. Sudamérica  | 12       |
| 2.3.2. América Central   | 14       |
| 2.3.3. América del Norte   | 15       |
| 2.3.4. Europa  | 16       |
| 2.3.5. Asia  | 17       |
| 2.4. Recurso hidráulico en América Latina                            | 17       |
| 2.4.1. Hidroelectricidad   | 18       |
| 2.4.2. Agricultura   | 19       |
| 2.4.3. Seguridad alimentaria   | 22       |
| 2.4.3.1. Definición de seguridad alimentaria                         | 23       |
| 2.4.3.2. Dimensiones de la seguridad alimentaria                     | 23       |
| 2.5. Estado del arte en modelos integrados de energía y agua         | 24       |
| 2.6. Aspectos específicos de modelación                              | 29       |
| 2.6.1. Modelos de operación económica de sistemas eléctricos         | 29       |
| 2.6.1.1. Despacho económico clásico                                  | 29       |
| 2.6.1.2. Despacho económico con restricciones de transmisión         | 31       |
| 2.6.1.3. Coordinación hidrotérmica                                   | 31       |
| 2.6.1.4. Despacho económico con fuentes renovables no convencionales | 34       |
| 2.6.2. Modelos de riego  | 34       |
| 2.7. Discusión bibliográfica   | 35       |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3. Propuesta del modelo de co-optimización</b>                             | <b>40</b> |
| 3.1. Visión general de la propuesta . . . . .                                 | 40        |
| 3.2. Modelo de co-optimización . . . . .                                      | 44        |
| 3.2.1. Nomenclatura . . . . .   | 45        |
| 3.2.1.1. Variables . . . . .  | 45        |
| 3.2.1.2. Parámetros . . . . .   | 46        |
| 3.2.2. Función objetivo . . . . .   | 47        |
| 3.2.3. Restricciones . . . . .  | 47        |
| <b>4. Implementación y validación del modelo</b>                              | <b>53</b> |
| 4.1. Caso base y estrategia de validación . . . . .                           | 53        |
| 4.1.1. Descripción del caso base . . . . .                                    | 53        |
| 4.1.2. Resultados de caso base . . . . .                                      | 56        |
| 4.2. Sensibilidades del caso base . . . . .                                   | 58        |
| 4.2.1. Inserción de energía solar . . . . .                                   | 59        |
| 4.2.2. Capacidad de transmisión . . . . .                                     | 60        |
| 4.2.3. Integración de sistemas de almacenamiento en base a baterías . . . . . | 60        |
| 4.2.4. Integración de gestión de demanda . . . . .                            | 61        |
| 4.2.5. Variación del nivel de flexibilidad del riego . . . . .                | 62        |
| <b>5. Caso de estudio</b>   | <b>64</b> |
| 5.1. Definición de escenarios . . . . .                                       | 65        |
| 5.1.1. Ubicación de bocatomas de riego . . . . .                              | 66        |
| 5.1.2. Flexibilidad del riego . . . . .                                       | 67        |
| 5.1.3. Costos de no suministro, demanda y perfiles anuales de riego . . . . . | 68        |
| 5.1.3.1. Función de demanda de riego . . . . .                                | 69        |
| 5.1.3.2. Requerimientos de riego mensuales . . . . .                          | 71        |
| 5.1.3.3. Sensibilización del parámetro para definición de escenario . . . . . | 73        |
| 5.1.4. Gestión de la demanda eléctrica . . . . .                              | 73        |
| 5.1.5. Cambio climático . . . . .   | 74        |
| 5.1.6. Escenarios de planificación . . . . .                                  | 76        |
| 5.1.6.1. Demanda . . . . .  | 79        |
| 5.1.6.2. Costos de combustibles . . . . .                                     | 79        |
| 5.1.6.3. Perfiles de generación ERNC y afluentes naturales . . . . .          | 80        |
| 5.1.6.4. Parque generador . . . . .   | 81        |
| 5.1.6.5. Sistema de transmisión . . . . .                                     | 84        |
| 5.2. Resultados . . . . .   | 87        |
| 5.2.1. Sensibilidad de parámetros del modelo . . . . .                        | 91        |
| 5.2.1.1. Ubicación de bocatomas de riego . . . . .                            | 91        |
| 5.2.1.2. Flexibilidad del riego . . . . .                                     | 92        |
| 5.2.1.3. Costos de no suministro de riego . . . . .                           | 93        |
| 5.2.1.4. Gestión de la demanda eléctrica . . . . .                            | 94        |
| 5.2.1.5. Cambio climático . . . . .   | 95        |
| 5.2.1.6. Escenarios de planificación . . . . .                                | 96        |
| 5.2.2. Análisis de escenarios y cuencas de interés . . . . .                  | 98        |
| 5.2.2.1. Cuenca N°1, Argentina . . . . .                                      | 100       |
| 5.2.2.2. Cuenca N°2, Brasil . . . . .   | 102       |

|   |            |
|---|------------|
| 5.2.2.3. Cuenca N°3, Chile . . . . .            | 104        |
| <b>6. Conclusiones</b>                          | <b>107</b> |
| 6.1. Conclusiones del caso de estudio . . . . . | 108        |
| 6.2. Contribuciones adicionales . . . . .       | 112        |
| 6.3. Trabajo futuro . . . . .                   | 112        |
| <b>Bibliografía</b>                             | <b>114</b> |