

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Departamento de Estadística

Doctorado en Estadística Multivariante Aplicada



**Desarrollo Sostenible y Nexo Agua-Energía-Alimentos:
Una Perspectiva Multivariante**

Autora:

Nathalia Diazibeth Tejedor Flores

Directoras:

Dra. M. Purificación Vicente Galindo

Dra. M. Purificación Galindo Villardón

2018

Desarrollo Sostenible y Nexos Agua-Energía-Alimentos: Una Perspectiva Multivariante



**DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICA
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA**

Memoria que para optar al Grado de Doctor,
por el Departamento de Estadística de la
Universidad de Salamanca, presenta:

Nathalia Diazibeth Tejedor Flores

Salamanca
2018



DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICA
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Dra. M. Purificación Vicente Galindo

Profesora Titular del Departamento de Estadística de la Universidad de Salamanca

Dra. M. Purificación Galindo Villardón

Profesora Catedrática de Estadística e Investigación Operativa de la Universidad de
Salamanca

CERTIFICAN que D^a Nathalia Diazibeth Tejedor Flores ha realizado en la Universidad de Salamanca, bajo su dirección, el trabajo que para optar título de Grado de Doctor, presenta con el título “Desarrollo Sostenible y Nexo Agua-Energía-Alimentos: Una Perspectiva Multivariante”, autorizando expresamente su lectura y defensa.

Y para que conste, firma el presente certificado en Salamanca a 29 de junio 2018.

Dra. M. Purificación Vicente Galindo

Dra. M. Purificación Galindo Villardón

Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme una vez más culminar otra meta con éxito y por darme la fortaleza y sabiduría necesaria para recorrer este largo camino lejos de casa.

Agradezco a las Doctoras M. Purificación Vicente Galindo y M. Purificación Galindo Villardón, asesoras de esta tesis, por todo el apoyo brindado y poner a mi disposición todas las herramientas necesarias para terminar este trabajo; muchas gracias por la paciencia, consejos y enseñanzas.

Al igual agradezco a mis padres, por su comprensión y apoyo incondicional desde la distancia. Gracias por todo el esfuerzo y sacrificio que han realizado por mí. ¡Mamá espérame en casa que ya pronto regreso!

A mis hermanos que siempre se han preocupado por mí y a mis tíos y primos que en estos 4 años me han brindado una palabra de aliento.

A mi esposo que me ha acompañado en cada aventura que he emprendido y me ha brindado todo su amor y apoyo; y por último, a mis amigos y a todos los del Departamento de Estadística que siempre han estado ahí para animarme a seguir adelante.

Gracias a todos y Dios los siga bendiciendo.

Resumen

En el informe Brundtland se define el desarrollo sostenible como “aquel que busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”. Bajo esta concepción, hoy en día las sociedades necesitan un enfoque que les ayude conocer mejor las complejas y dinámicas relaciones entre el agua, la energía y los alimentos para poder usar y administrar sus recursos en forma sostenible. La base del Nexo Agua-Energía-Alimentos es un intento de equilibrar los diferentes usos de los recursos presentes en los ecosistemas (energía, agua, tierra, suelo y factores socioeconómicos). Para entender cómo funciona el Nexo Agua-Energía-Alimentos, la FAO y otras investigaciones científicas proponen utilizar el enfoque del Análisis Integrado Multi-Escala del Metabolismo de la Sociedad y el Ecosistema (MuSIASEM). El enfoque MuSIASEM es una metodología capaz de tener en cuenta las dimensiones económicas, ambientales, sociales, culturales, técnicas y políticas en un análisis integrado que representan diferentes aspectos como son: el monetario, la energía, los alimentos o el agua. La metodología MuSIASEM permite analizar eficazmente el nexo entre el agua, la energía y los alimentos, por lo cual el objetivo principal de esta investigación es enriquecer esta metodología con información del análisis de datos multivariantes para mejorar la eficiencia de los modelos existentes de sostenibilidad. Para ello, se aplicarán los Métodos Biplot como técnica del Análisis Multivariante, los cuales permiten representar la información contenida en una matriz de datos en un espacio de menor dimensión, con la menor pérdida de información; se utilizó específicamente el HJ-Biplot, el cual alcanza una calidad óptima de representación tanto para los individuos (filas) como para las variables (columnas). Dentro del Análisis Multivariante también se utilizó el Análisis de Componentes Principales Geográficamente Ponderadas (GWPCA) con la finalidad de tener en cuenta la heterogeneidad espacial de la base de datos. Se realizó un caso práctico basado en números tomados de situaciones del mundo real y relacionado con el análisis de la sostenibilidad de las sociedades humanas, evaluando el Nexo Agua-Energía-Alimentos en Ecuador. Se encontró que los cantones más sostenibles en Ecuador presentan valores altos relacionados con: el rendimiento energético por sector económico, actividad humana total, actividad humana en el sector productivo y sector

de servicios y gobierno, actividad humana en el sector de los hogares y el producto interno bruto en el sector agrícola y en el de servicios y gobierno. Además, con el GWPCA, se encontró que el porcentaje de varianza explicada para las primeras tres componentes locales excede el porcentaje de varianza explicada para las primeras tres componentes en el PCA global, en algunos cantones. El hecho de que la varianza cambie a lo largo del área de estudio también sugiere la ventaja de utilizar GWPCA frente a la PCA global. Se concluye que con la combinación del enfoque MuSIASEM y el método HJ-Biplot, es posible conocer fácilmente el comportamiento detallado de la actividad humana, productividad laboral y el consumo de energía (en nuestro caso) de un país. Además, al utilizar las salidas del GWPCA se logra visualizar e interpretar los factores que influyen en el análisis del Nexo Agua-Energía-Alimentos, centrándose en: cómo la dimensionalidad de los datos varía espacialmente y en cómo las variables originales influyen en los componentes.

Palabras claves: Desarrollo Sostenible, Nexo Agua-Energía-Alimentos, MuSIASEM, HJ-Biplot, Análisis de Componentes Principales Geográficamente Ponderadas, Ecuador.

Índice General

Agradecimientos.....	i
Resumen	ii
Índice de Figuras	vii
Índice de Tablas.....	xii
Acrónimos y Siglas.....	xvi
CAPÍTULO I.....	2
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	2
1.1. Introducción	2
1.2. Formulación del problema	5
1.2.1. Sistematización:.....	5
1.3. Objetivos de la investigación	6
1.3.1. Objetivo general	6
1.3.2. Objetivos específicos	6
1.4. Justificación de la investigación	6
1.5. Hipótesis de trabajo	7
CAPÍTULO II.....	9
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Sostenibilidad.....	9
2.2. Sistemas Socio-ecológicos.....	13
2.3. Nexo Agua-Energía-Alimentos	15
2.3.1. Evaluación del Nexo Agua-Energía-Alimentos	19
2.4. Análisis Integrado Multi-Escala del Metabolismo de la Sociedad y el Ecosistema (MuSIASEM)	25
2.4.1. Herramientas conceptuales de la metodología MuSIASEM.....	27
2.4.2. Pasos básicos de la metodología MuSIASEM	28
2.4.3. Actividad humana y características socio-económicas	34
2.4.4. Gramática de los Alimentos	38
2.4.5. Gramática de la Energía	41
2.4.6. Gramática del Agua	46
2.5. Métodos Biplot Clásicos	48
2.5.1. Definición	48

2.5.2.	Obtención de marcadores	50
2.5.3.	Propiedades de los marcadores.....	52
2.5.4.	Calidad de representación.....	53
2.5.5.	Geometría	54
2.6.	Análisis de Componentes Principales Geográficamente Ponderadas (GWPCA) 57	
2.6.1.	Análisis de Componentes Principales (PCA)	57
2.6.2.	Análisis de Componentes Principales Localmente Ponderadas (LWPCA) 60	
2.6.3.	Análisis de Componentes Principales Geográficamente Ponderadas (GWPCA).....	62
CAPÍTULO III		66
3.	METODOLOGÍA.....	66
3.1.	Caso de estudio: Ecuador.....	66
3.1.1.	Población	67
3.1.2.	Economía	70
3.1.3.	Recursos Hídricos.....	72
3.1.4.	Uso de Suelo.....	75
3.1.5.	Energía.....	77
3.2.	Estrategias de búsqueda bibliográfica.....	79
3.2.1.	Identificar términos específicos.....	80
3.2.2.	Operadores lógicos: OR, AND, NOT.....	81
3.2.3.	Base de datos bibliográfica.....	81
3.2.4.	Estrategia de búsqueda	82
3.3.	Base de datos	84
3.4.	Análisis del Nexo Agua-Energía-Alimentos.	86
3.4.1.	Evaluación Rápida del Nexo Agua-Energía-Alimentos (WEF Nexus). ..	86
3.4.2.	MuSIASEM.....	91
3.5.	Técnicas Multivariantes	97
3.5.1.	HJ-Biplot	97
3.5.2.	Análisis de Componentes Principales Geográficamente Ponderadas	100
CAPÍTULO IV		107
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	107
4.1.	Evaluación Rápida del Nexo Agua-Energía-Alimentos (WEF Nexus).....	107

4.2. MuSIASEM: Análisis Descriptivo.	110
4.3. Aplicación del HJ-Biplot	136
4.4. GWPCA.....	154
CAPÍTULO V	164
5. CONCLUSIONES.....	164
RECOMENDACIONES	167
BILIOGRAFÍA.....	170
ANEXOS.....	180
Anexo A. Cantones que conforman Ecuador.	180
Anexo B. Población por cantones.	183
Anexo C. Empleo por cantones.	189
Anexo D. Producto Interno Bruto (PIB) por cantones.	195
Anexo E. Consumo de energía eléctrica por cantones en un año.....	201
Anexo F. Consumo de agua por cantones en un año.....	207
Anexo G. Total de horas de Actividad Humana por cantones en Ecuador.	213
Anexo H. Total de energía eléctrica para una economía de un año por cantones en Ecuador.....	219
Anexo I. Tasa de Energía Exosomática Promedio por cantones en Ecuador.....	225
Anexo J. Productividad Económica del Trabajo por cantones en Ecuador.....	231
Anexo K. Ubicación de los cantones ecuatorianos según su demarcación hidrográfica.	237
Anexo L. Uso de agua neto según su demarcación hidrográfica.....	242
Anexo M. Tasas metabólicas del agua	242
Anexo N. Coordenadas geográficas por cantones en Ecuador.....	243
Anexo O. Contribuciones Relativas del factor q-ésimo al elemento fila i.	248
Anexo P. Ángulos entre variables.	253
Anexo Q. Cantones que componen el clúster 1.....	254
Anexo R. Cantones que componen el clúster 2.....	254
Anexo S. Cantones que componen el clúster 3.	260
Anexo T. Cargas del PCA global.	261
Anexo U. Matriz de correlación global.	262
Anexo V. Funciones Kernel.	263

Índice de Figuras

Figura 1. Interrelaciones en el Nexo Agua-Energía-Alimentos.	16
Figura 2. El enfoque de la FAO sobre el Nexo Agua-Energía-Alimentos.	19
Figura 3. Componentes de la evaluación del Nexo.	20
Figura 4. Compartimentos socio-económicos anidados.	21
Figura 5. El metabolismo social.	26
Figura 6. Ejemplo de dendrogramas de fondo.	30
Figura 7. Ejemplo de dendrogramas de flujo.	31
Figura 8. La matriz multi-nivel de la actividad humana (elemento de fondo) en 5 niveles (n→n-4).	35
Figura 9. La matriz multi-nivel de la productividad económica del trabajo (Flujo/Fondo) en 5 niveles (n→n-4).	38
Figura 10. Ejemplo de la gramática de los alimentos.	40
Figura 11. Ejemplo de la gramática de la energía.	42
Figura 12. Patrón metabólico de la sociedad-ratio de energía metabólica por sector. ...	45
Figura 13. Niveles jerárquicos que establecen un vínculo entre las visiones externa e interna del metabolismo social del agua.	47
Figura 14. Representación Biplot de una matriz Y de orden (7x4).	50
Figura 15. Geometría del Biplot ajustado a través de modelos de regresión lineal.	55
Figura 16. Representación Biplot de una matriz de 9 individuos y 6 variables.	57
Figura 17. Mapa político del Ecuador, escala 1:1 000 000.	67
Figura 18. Población total y tasa de crecimiento del Ecuador.	68
Figura 19. Tipo de población en Ecuador.	68
Figura 20. Pirámide Poblacional.	69
Figura 21. Población en edad de trabajar (PET) y población económicamente activa (PEA).	70
Figura 22. Composición de los empleados por rama de actividad.	70
Figura 23. Producto Interno Bruto del Ecuador.	71
Figura 24. Producto Interno Bruto por Sector Económico.	72
Figura 25. Distribución regional de la precipitación.	73
Figura 26. Distribución de los usos consuntivos en el Ecuador.	75
Figura 27. Uso del suelo en el Ecuador.	76

Figura 28. Potencia efectiva por tipo de central.	79
Figura 29. Número de clientes regulados por tipo de consumo.	79
Figura 30. Vista de los recursos electrónicos disponibles en la Biblioteca de la USAL.	82
Figura 31. Vista de la herramienta en línea WEF Nexus. Paso 1: Selección del país.	87
Figura 32. Vista de la herramienta en línea WEF Nexus. Paso 2: Cada indicador del Nexus se compara con la media de todos los países de la misma tipología.	87
Figura 33. Vista de la herramienta en línea WEF Nexus. Paso 3: El usuario puede añadir indicadores adicionales.	88
Figura 34. Vista de la herramienta en línea WEF Nexus. Paso 4: Puntuación de cada indicador.	88
Figura 35. Pasos para realizar un HJ-Biplot utilizando los indicadores MuSIASEM (variables) calculados para los 221 ecuatorianos (individuos).	98
Figura 36. Vista del Paquete BiplotbootGUI.	99
Figura 37. Pasos para realizar un GWPCA utilizando los indicadores MuSIASEM (variables) calculados para los 221 cantones ecuatorianos (individuos).	101
Figura 38. Sistema de Información Geográfica, QGIS.	105
Figura 39. Gráfico de la evaluación rápida del nexo para Ecuador.	109
Figura 40. gráfico de distribución de tierras. Unidad de Producción Agropecuaria (UPA).	110
Figura 41. Gráfico de caja para las variables Actividad Humana Total (THA) y Producto Interno Bruto (GDP).	111
Figura 42. Producto interno bruto (GDP) per cápita y Actividad Humana Total (THA) de las 24 provincias de Ecuador.	112
Figura 43. Gráfico de caja para la variable Total del rendimiento de energía eléctrica.	113
Figura 44. Producto Interno Bruto (GDP) y Total del rendimiento de energía eléctrica (TET) de las 24 provincias del Ecuador.	113
Figura 45. Gráfico de caja para la variable Tasa de Energía Exosomática Promedio de la Sociedad.	114
Figura 46. Tasa de Energía Exosomática Promedio de la Sociedad (EMR _{SA}) de las 24 provincias del Ecuador.	114
Figura 47. Gráfico de caja para la variable Actividad Humana a nivel de trabajo remunerado (PW) y hogares (HH).	115

Figura 48. Actividad Humana a nivel de trabajo remunerado (PW) y hogares (HH) de las 24 provincias de Ecuador.....	116
Figura 49. Pirámide Poblacional de la Provincia de Guayas.....	116
Figura 50. Pirámide Poblacional de la Provincia de Pichincha.....	117
Figura 51. Gráfico de caja para la variable Tasa de Energía Exosomática a nivel de trabajo remunerado y hogares (EMR_{PW} y EMR_{HH}).....	118
Figura 52. Tasa de Energía Exosomática a nivel de trabajo remunerado (EMR_{PW}) y hogares (EMR_{HH}) de las 24 provincias de Ecuador.....	119
Figura 53. Gráfico de caja para la variable Productividad Económica del Trabajo (ELP_{PW}).....	119
Figura 54. Productividad Económica del Trabajo (ELP_{PW}) de las 24 provincias del Ecuador.....	120
Figura 55. Gráfico de caja para la variable Actividad Humana por sector económico (HA_{AG} , HA_{PS} y HA_{SG}).....	121
Figura 56. Actividad Humana por sector económico (HA_{AG} , HA_{PS} y HA_{SG}) de las 24 provincias de Ecuador.	122
Figura 57. Gráfico de caja para la variable Tasa de Energía Exosomática por sector económico (EMR_{AG} , EMR_{PS} y EMR_{SG}).....	123
Figura 58. Tasa de Energía Exosomática por sector económico (EMR_{AG} , EMR_{PS} y EMR_{SG}) de las 24 provincias de Ecuador.....	124
Figura 59. Gráfico de caja para la variable Productividad Económica Laboral por sector económico (ELP_{AG} , ELP_{PS} y ELP_{SG}).....	125
Figura 60. Productividad Económica Laboral por sector económico (ELP_{AG} , ELP_{PS} y ELP_{SG}) de las 24 provincias del Ecuador.	126
Figura 61. Mapa de la Actividad Humana Total de los 221 cantones ecuatorianos.....	127
Figura 62. Mapa del Total del Rendimiento de Energía Eléctrica de los 221 cantones ecuatorianos.....	127
Figura 63. Mapa de la Productividad Económica Laboral de los 221 cantones ecuatorianos.....	128
Figura 64. Uso Bruto de Agua (GWU) de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.....	130
Figura 65. Tasa de Energía Exosomática Promedio de la Sociedad (EMR_{SA}) de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.	131

Figura 66. Uso Neto del Agua a nivel de trabajo remunerado (PW) y hogares (HH) de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.....	132
Figura 67. Participación porcentual de caudal autorizado por demarcación según el consumo humano.....	132
Figura 68. Tasas Metabólicas del Agua a nivel de trabajo remunerado (WMR_{PW}) y hogares (WMR_{HH}) de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.	133
Figura 69. Uso Neto del Agua por sector económico (NWU_{AG} , NWU_{PS} y NWU_{SG}) de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.....	134
Figura 70. Uso Neto del Agua por sector económico (NWU_{AG} , NWU_{PS} y NWU_{SG}), sin considerar el uso de agua para la generación de energía, de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.....	135
Figura 71. Tasa Metabólicas del Agua por sector económico (WMR_{AG} , WMR_{PS} y WMR_{SG}) de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.	136
Figura 72. Contribución relativa del factor q-ésimo al elemento fila i.....	138
Figura 73. Representación HJ-Biplot de la matriz de datos, plano 1-2.....	140
Figura 74. Representación HJ-Biplot de la matriz de datos, plano 1-3.....	140
Figura 75. Representación de las variables relacionadas a la actividad humana, plano 1-2.....	141
Figura 76. Representación de las variables relacionadas al rendimiento de energía eléctrica, plano 1-2.	142
Figura 77. Representación de las variables relacionadas al rendimiento de energía eléctrica, plano 1-3.	143
Figura 78. Representación de las variables relacionadas a la tasa de energía exosomática, plano 1-2.....	144
Figura 79. Representación de las variables relacionadas a la tasa de energía exosomática, plano 1-3.....	144
Figura 80. Representación de las variables relacionadas al producto interno bruto, plano 1-2.....	145
Figura 81. Representación de las variables relacionadas a la tasa de energía exosomática, plano 1-2.....	146
Figura 82. Representación del plano 1-2, posición según las manecillas del reloj.	147
Figura 83. Representación del plano 1-3, posición según las manecillas del reloj.	147
Figura 84. Representación de las variables que se encuentran en el cuadrante I, plano 1-2.....	148

Figura 85. Representación de las variables que se encuentran en el cuadrante II, plano 1-2.....	149
Figura 86. Representación de las variables que se encuentran en el cuadrante II, plano 1-3.....	149
Figura 87. Clúster, plano 1-2.....	150
Figura 88. Mapa de percentiles del IPDC.....	152
Figura 89. Representación de Fondos/Flujo en tres niveles, cantón de Quito.	153
Figura 90. Representación de Fondos/Flujo en tres niveles, cantón de Guayaquil.	153
Figura 91. Porcentaje de varianza explicada para las 3 primeras componentes.....	158
Figura 92. Variable ganadora: carga absoluta más alta en la componente 1.....	159
Figura 93. Concentración de clientes comerciales.	160
Figura 94. Concentración de clientes industriales.	160
Figura 95. Variable ganadora: carga absoluta más alta en la componente 2.....	161
Figura 96. Variable ganadora: carga absoluta más alta en la componente 3.....	162

Índice de Tablas

Tabla 1. Recopilación de herramientas específicas del Nexo para cuantificar los impactos y diseñar escenarios.....	22
Tabla 2. Funciones Kernel.....	61
Tabla 3. Distribución de Unidades Hidrográficas.	74
Tabla 4. Superficie de Uso del Suelo por Región 2016.....	77
Tabla 5. Resumen de fuentes para la creación de las bases de datos.	86
Tabla 6. Datos de empleo en Ecuador para el 2015.	89
Tabla 7. Indicadores de sostenibilidad del nexo para países emergentes, experimentando un fuerte crecimiento de población.	90
Tabla 8. Gramática utilizada para caracterizar el patrón metabólico de los 221 cantones ecuatorianos. Actividad Humana.....	91
Tabla 9. Gramática utilizada para caracterizar el patrón metabólico de los 221 cantones ecuatorianos. Rendimiento de Energía Eléctrica.....	92
Tabla 10. Gramática utilizada para caracterizar el patrón metabólico de los 221 cantones ecuatorianos. Producto Interno Bruto.....	92
Tabla 11. Tasa de Energía Exosomática (FLUJO/FONDO) calculadas para los distintos niveles.....	93
Tabla 12. Productividad Económica del Trabajo. (FLUJO/FONDO) calculadas para los distintos niveles.	93
Tabla 13. Las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.	95
Tabla 14. Caudales totales autorizados por demarcación para el año 2010. Nivel n.	95
Tabla 15. Uso Neto de Agua (NWU). Gramática utilizada para caracterizar el patrón metabólico de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.	96
Tabla 16. Tasas metabólicas del agua (FLUJO/FONDO) calculadas para los distintos niveles.....	96
Tabla 17. Resultados de la herramienta en línea WEF Nexus.....	107
Tabla 18. Evaluación rápida del Nexo para Ecuador. Resumen.	108
Tabla 19. Estadísticas descriptivas para las variables Actividad Humana Total (hr/año) y Producto Interno Bruto (USD).	111
Tabla 20. Estadísticas descriptivas para la variable Total del rendimiento de energía eléctrica (MJ).....	112

Tabla 21. Estadísticas descriptivas para la variable Tasa de Energía Exosomática Promedio de la Sociedad (MJ/hr).	113
Tabla 22. Estadísticas descriptivas para la variable Actividad Humana a nivel de trabajo remunerado y hogares (hr/año).	115
Tabla 23. Estadísticas descriptivas para la variable Tasa de Energía Exosomática a nivel de trabajo remunerado y hogares (MJ/hr).	117
Tabla 24. Estadísticas descriptivas para la variable Productividad Económica del Trabajo (USD/hr).	119
Tabla 25. Estadísticas descriptivas para la variable Actividad Humana por sector económico (hr/año).	120
Tabla 26. Estadísticas descriptivas para la variable Tasa de Energía Exosomática por sector económico (MJ/hr).	122
Tabla 27. Estadísticas descriptivas para la variable Productividad Económica Laboral por sector económico (USD/hr).	124
Tabla 28. Estadísticas descriptivas para la variable Uso Bruto de Agua (l/hr).	129
Tabla 29. Estadísticas descriptivas para la variable Tasas Metabólicas del Agua Promedio de la Sociedad (l/hr).	130
Tabla 30. Estadísticas descriptivas para la variable Uso Neto del Agua a nivel de trabajo remunerado y hogares (l/hr).	131
Tabla 31. Estadísticas descriptivas para la variable Tasas Metabólicas del Agua a nivel trabajo remunerado y hogares (l/hr).	133
Tabla 32. Estadísticas descriptivas para la variable Uso Neto del Agua por sector económico (l/hr).	134
Tabla 33. Estadísticas descriptivas para la variable Tasa Metabólicas del Agua por sector económico (l/hr).	135
Tabla 34. Ejes retenidos y Varianza explicada.	136
Tabla 35. Contribuciones relativas del elemento columna j al factor q-th para las variables MuSIASEM.	137
Tabla 36. Ángulos entre las variables y los ejes factoriales.	139
Tabla 37. Ángulos entre variables relacionadas a la actividad humana.	141
Tabla 38. Ángulos entre variables relacionadas al rendimiento de energía eléctrica. ...	142
Tabla 39. Ángulos entre variables relacionadas a la tasa de energía exosomática.	143
Tabla 40. Ángulos entre variables relacionadas al producto interno bruto.	145

Tabla 41. Ángulos entre variables relacionadas a la productividad económica laboral.	145
Tabla 42. Características de los clústeres.	150
Tabla 43. Los diez cantones más poblados de Ecuador.	151
Tabla 44. Porcentaje del total de la varianza explicada.....	155
Tabla 45. Resultados del PCA Global.....	155
Tabla 46. GWPCA-Ancho de Banda Óptimo (Bandwidth).	157
Tabla 47. Cantones que conforman Ecuador.....	180
Tabla 48. Población por Cantones.....	183
Tabla 49. Número de personas con empleo por sector en Ecuador.....	189
Tabla 50. Producto Interno Bruto por Sectores económicos en Ecuador.....	195
Tabla 51. Consumo de energía eléctrica por sectores en Ecuador.	201
Tabla 52. Consumo de agua por hogares en Ecuador.....	207
Tabla 53. Matriz multi-nivel de la actividad humana (FONDO).	213
Tabla 54. Matriz multi-nivel de la energía eléctrica (FLUJO).	219
Tabla 55. Cantidad de energía utilizada por hora de actividad humana para cada cantón de la sociedad ecuatoriana.	225
Tabla 56. Cantidad de Producto Interno Bruto producido por hora de trabajo en los sectores relevantes.	231
Tabla 57. Ubicación de los 221 cantones ecuatorianos según su demarcación hidrográfica.....	237
Tabla 58. Uso de agua neto (NWU) para las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.	242
Tabla 59. Tasas metabólicas del agua (WMR) en litros por horas de actividad humana (l/hr), para cada uno de los niveles y cada uno de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.....	242
Tabla 60. Coordenada geográfica a_i y b_i (UTM-Zona 18N).	243
Tabla 61. Contribuciones Relativas del factor q-ésimo al elemento fila i.....	248
Tabla 62. Ángulos entre variables.	253
Tabla 63. Cantones que componen el clúster 1.	254
Tabla 64. Cantones que componen el clúster 2.	254
Tabla 65. Cantones que componen el clúster 3.	260
Tabla 66. Cargas del PCA global.	261
Tabla 67. Matriz de correlación global.....	262

Tabla 68. Función Kernel Bis-square.	263
Tabla 62. Función Kernel Box-car.	263

Acrónimos y Siglas

AG: Agricultural and Fishing sector

AQUASTAT: Sistema de Información Global sobre el agua de la FAO

ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad

BM: Building and Manufacturing sector

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

DEAGA: Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales

DH: Demarcación Hidrográfica

EC: Energy carriers

EE: Energy Efficiency

EI: Economic Energy Intensity

ELP: Economic Labour Productivity

EM: Energy and Mining sector

EMR: Exosomatic Metabolic Rates

ENEMDU: Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo

ESAG: Unidad de Estadísticas Agropecuarias

ESPAC: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua

ET: Energy Throughput

EU: End Use

FAO: Food and Agriculture Organization

FAOSTAT: Base de datos de la FAO que comprende estadísticas de agricultura, nutrición, productos pesqueros, productos forestales, ayuda alimentaria, aprovechamiento de tierras y población.

GDP: Gross Domestic Product

GVA: Gross Value Added

GW: Geographically Weighted

GWPCA: Geographically Weighted Principal Component Analysis

GWR: Geographically Weighted Regression

GWU: Gross water use

HA: Human Activity

HH: Households

ILOSTAT: International Labour Organization- Statistics

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

INEC: El Instituto Nacional de Estadística y Censos

IPDC: Índice de Potencial de Desarrollo Cantonal

LWPCA: Locally Weighted Principal Components Analysis

MAGAP: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

MCI: Motores de Combustipon Interna

MuSIASEM: Multi-Scale Integrated Assessment of Societal and Ecosystem Metabolism

NWU: Net water use

PIB: Producto Interno Bruto

PCA: Principal Components Analysis

PEA: Población Económicamente Activa

PEI: Población Económicamente Inactiva

PES: Primary energy supply

PF: Primary flows

PW: Paid Work

PS: Production sector

PTV: Percent of the total variance

SENAGUA: Secretaría Nacional del Agua

SIG: Sistemas de Información Geográficos

SG: Service and Government sector

DVS: Descomposición en Valores Singulares

TET: Total Energy Throughput

THA: Total Human Activity

TGS: Teoría General de los Sistemas

UPA: Unidad de Producción Agropecuaria

WEFN: Water-Energy-Food Nexus

WMR: Tasa metabólica del agua

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Introducción

Según el informe de Avances en la Sostenibilidad Ambiental del Desarrollo en América Latina y el Caribe, publicado por las Naciones Unidas, se han logrado importantes avances en algunos aspectos de la sostenibilidad ambiental: la superficie total de áreas protegidas ha crecido en forma sostenida en la última década, el consumo de sustancias que agotan la capa de ozono ha disminuido considerablemente y la región ha avanzado en la expansión de la cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento (CEPAL, 2010). Sin embargo, en la actualidad, nos enfrentamos a múltiples obstáculos como las crisis: financiera, climática, energética y alimentaria, que pueden desviar a la región del cumplimiento de sus compromisos en materia de sostenibilidad ambiental.

Hasta fines de los años ochenta, el medio ambiente y su relación con el crecimiento económico y la justicia social no ocupaba un lugar destacado en las agendas nacionales ni internacionales. Esta situación empezó a cambiar con la emergencia del concepto de desarrollo sostenible, que se consolidó en 1987 con la publicación de “Nuestro futuro común”, también conocido como informe Brundtland.

En el informe Brundtland se define el Desarrollo Sostenible como “aquel que busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades” (Brundtland, 1987). Si extendemos el concepto, podemos hablar de la sociedad sostenible, la que al paso de las generaciones, no agota su base de recursos al exceder la producción sostenible ni produce más contaminantes de los que pueda absorber la naturaleza (Nebel & Wright, 1999). Bajo esta concepción, hoy en día las sociedades necesitan un enfoque que les ayude a conocer mejor las complejas y dinámicas relaciones entre el agua, la energía y los alimentos para poder usar y administrar sus recursos en forma sostenible.

Debido a estas relaciones entre la naturaleza y la sociedad, se ha aumentado el interés académico en el estudio del nexo que existe entre el agua, la energía, los alimentos, el uso de la tierra y la población. Este interés no sólo se debe a la creciente

importancia individual de cada uno de los elementos, sino también al reconocimiento, por parte de quienes trabajan en la ciencia de la sostenibilidad, de que es imposible analizar los diferentes elementos del nexo como si fueran independientes entre sí (Giampietro, Aspinall, Ramos-Martin & Bukkens, 2014).

La base del Nexo Agua-Energía-Alimentos es un intento de equilibrar los diferentes usos de los recursos presentes en los ecosistemas (energía, agua, tierra, suelo y factores socioeconómicos). Existen claras interacciones entre el agua, la energía y los alimentos que dan lugar a sinergias o intercambios entre diferentes sectores (Flammini, Puri, Pluschke & Dubois, 2014). Por ejemplo, el agua se utiliza para la producción agrícola y a lo largo de toda la cadena de suministro agroalimentario, también se utiliza para producir, transportar y utilizar diferentes formas de energía (FAO, 2011). Al mismo tiempo, se requiere energía para producir, transportar y distribuir alimentos, así como para extraer, bombear, transportar y tratar agua (FAO, 2014).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), el concepto Nexo Agua-Energía-Alimentos relaciona las interacciones entre los sistemas humanos y los sistemas naturales. Este concepto se centra en los recursos biofísicos y socioeconómicos de los que dependemos para alcanzar los objetivos sociales, ambientales y económicos relacionados con el agua, la energía y los alimentos. Estas interacciones entre los sistemas humanos y naturales tienen lugar en el contexto de los factores externos globales, como el cambio demográfico, la urbanización, el desarrollo industrial, la modernización agrícola, el comercio internacional y regional, los mercados y los precios, los avances tecnológicos, la diversificación de las dietas y el cambio climático. Además de las estructuras y procesos de gobierno, creencias y comportamientos culturales y sociales (Flammini et al., 2014). En la práctica se trata de un enfoque teórico para conocer mejor las interrelaciones entre el entorno natural y las actividades humanas, y así avanzar hacia una mejor coordinación y utilización de los recursos naturales en diferentes sectores y a diferentes escalas (FAO, 2014).

Para entender cómo funciona el Nexo Agua-Energía-Alimentos, la FAO (Giampietro et al., 2013) y otras investigaciones científicas (Cadillo Benalcazar, 2015; Falconí-Benítez, 2001; Ramos-Martin, Giampietro & Mayumi, 2007a; Ramos-Martín, Cañellas-Boltà, Giampietro & Gamboa, 2009; Gasparatos, El-Haram & Horner, 2009;

Sorman & Giampietro, 2011; Recalde & Ramos-Martin, 2012; Biggs et al., 2015) proponen utilizar el enfoque del Análisis Integrado Multi-Escala del Metabolismo de la Sociedad y el Ecosistema (MuSIASEM, por sus siglas en inglés). El enfoque MuSIASEM es una metodología capaz de tener en cuenta las dimensiones económicas, ambientales, sociales, culturales, técnicas y políticas en un análisis integrado que representan diferentes aspectos como son: el monetario, la energía, los alimentos o el agua. Se basa en varios conceptos innovadores derivados de la Bioeconomía y de la Teoría de Sistemas Complejos, lo que permite el uso simultáneo de variables técnicas, económicas, sociales, demográficas y ecológicas en el análisis del patrón metabólico de las sociedades modernas, incluso si estas variables se definen dentro de diferentes dimensiones de análisis (Giampietro et al., 2014).

La metodología MuSIASEM permite analizar eficazmente el nexo entre el agua, la energía y los alimentos, por lo cual el objetivo principal de esta investigación es enriquecer esta metodología con información del análisis de datos multivariantes para mejorar la eficiencia de los modelos existentes de sostenibilidad. Para ello, se aplicarán los Métodos Biplot (Gabriel, 1971) como técnica del Análisis Multivariante, los cuales permiten representar la información contenida en una matriz de datos en un espacio de menor dimensión, generalmente un plano, con la menor pérdida de información; se utilizará específicamente el HJ-Biplot (Galindo, 1986), el cual alcanza una calidad óptima de representación tanto para los individuos (filas) como para las variables (columnas). Dentro del Análisis Multivariante también se aplicará el Análisis de Componentes Principales Geográficamente Ponderadas (GWPCA, por sus siglas en inglés) (Fotheringham, Brunson & Charlton, 2002) con la finalidad de tener en cuenta la heterogeneidad espacial de la base de datos. El GWPCA, así como el Análisis de Componentes Principales Localmente Ponderadas (LWPCA, por sus siglas en inglés), es una extensión del Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés) global estándar cuando no se supone que la estructura de covarianza de los datos sea espacialmente constante (Harris, Brunson & Charlton, 2011). La idea es similar a la del Análisis de Regresión Geográficamente Ponderadas (GWR, por sus siglas en inglés) en comparación con una Regresión estándar (Fotheringham et al., 2002).

Se presentará un caso práctico basado en números tomados de situaciones del mundo real y relacionado con el análisis de la sostenibilidad de las sociedades humanas. Para ello se evaluará el Nexo Agua-Energía-Alimentos en Ecuador. Al igual que

muchos otros países menos desarrollados de América Latina, Ecuador persiguió un modelo de crecimiento orientado hacia el exterior (Larrea, 1992). Este patrón prevaleció desde la segunda mitad del siglo XIX hasta mediados de los años sesenta, cuando comenzó la Industrialización Sustitutiva de Importaciones (ISI). En las siguientes décadas tuvieron lugar una diversificación económica moderada y la expansión del mercado interno (Falconí-Benítez, 2001). Ecuador es un país ubicado en América del sur, inmerso en relaciones internacionales asimétricas, con altos niveles de pobreza y desigualdad y una economía dependiente de la exportación de productos primarios, como el petróleo crudo, el banano, el camarón y las flores naturales (Falconi & Jácome, 2002). Algunos aspectos fundamentales que caracterizan el desarrollo histórico, económico y ambiental del Ecuador son: la pérdida de vegetación original (deforestación y cambios en el uso del suelo); altas tasas de crecimiento de la población; el deterioro constante de los bosques tropicales; la pérdida de biodiversidad; además la explotación petrolera ha causado graves impactos sociales y ambientales (Falconí Benítez & Larrea, 2003).

Diferentes estudios basados en el enfoque MuSIASEM se han aplicado a China (Ramos-Martin, Giampietro & Mayumi, 2007b), Cataluña (Ramos-Martín et al., 2009), Reino Unido (Gasparatos et al., 2009), España (Ramos-Martín, 2001), Chile, Brasil y Venezuela (Eisenmenger, 2007), Rumania, Bulgaria, Polonia y Hungría (Iorgulescu & Polimeni, 2009) y Ecuador (Cadillo Benalcazar, 2015; Malo Larrea, 2014; Falconí-Benítez, 2001). La mayoría de estos estudios realizados son análisis históricos, por lo cual en esta investigación la gramática MuSIASEM se utilizará como herramienta de análisis de la sostenibilidad de un país y sus divisiones administrativas; y con estas variables encontradas en el análisis, se aplicarán las técnicas del Análisis Multivariante (HJ-Biplot y GWPCA).

1.2. Formulación del problema

¿Es posible mejorar la comprensión de la sostenibilidad, a través del Nexo Agua-Energía-Alimentos utilizando herramientas cuantitativas de análisis de datos multivariantes?

1.2.1. Sistematización:

- ¿Es la gramática MuSIASEM la mejor alternativa para estudiar el Nexo Agua-Energía-Alimentos?

- ¿Se pueden integrar la metodología MuSIASEM con el análisis de datos multivariantes?
- ¿El HJ-Biplot es capaz de complementar y mejorar el uso alcance de la gramática MuSIASEM?
- ¿Al utilizar el Análisis de Componentes Principales Geográficamente Ponderadas se logra ofrecer una explicación más detallada del comportamiento de los indicadores de sostenibilidad en un país, región o lugar de estudio?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Enriquecer la gramática del MuSIASEM utilizando técnicas de inspección y clasificación de datos multivariantes para mejorar la eficiencia de los modelos existentes de sostenibilidad.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar una exhaustiva revisión bibliográfica sobre el estado del arte del Nexo Agua-Energía-Alimentos y uso de la gramática MuSIASEM para el estudio de la sostenibilidad.
- Realizar una exhaustiva revisión bibliográfica sobre el estado del arte de la técnica de Análisis de Componentes Principales Geográficamente Ponderadas.
- Generar las matrices de información de agua, energía y alimentos.
- Analizar la interrelación entre el agua, la energía y los alimentos.
- Encontrar modelos, a partir de herramientas multivariantes que expliquen el uso sostenible del Nexo Agua-Energía-Alimentos.

1.4. Justificación de la investigación

El agua, la energía y la alimentación son elementos que presentan fuertes interacciones entre sí. Al nivel más básico, es bien conocido que para producir alimentos se necesita energía, o que producir energía requiere agua. A su vez, el agua, la energía y la alimentación presentan un gran impacto en la satisfacción de las

necesidades humanas básicas así como un fuerte impacto y dependencia de los ecosistemas (FAO, 2014).

En la actualidad, la gramática MuSIASEM se ha utilizado en diferentes estudios (Biggs et al., 2015; Cadillo Benalcazar, 2015; Giampietro et al., 2013; Recalde & Ramos-Martin, 2012; Sorman & Giampietro, 2011; Gasparatos et al., 2009; Ramos-Martín et al., 2009; Ramos-Martin et al., 2007a; Falconí-Benítez, 2001), pero no ha sido orientada al estudio de la sostenibilidad desde una perspectiva multivariante. En consecuencia, desarrollar y evaluar el potencial de la gramática del MuSIASEM comparado con otras técnicas de inspección y clasificación de datos multivariantes puede contribuir a una mejor comprensión en temas de sostenibilidad.

1.5. Hipótesis de trabajo

La gramática MuSIASEM para la aplicación del Nexo Agua-Energía-Alimentos puede servir como herramienta cuantitativa de análisis de datos multivariantes para el estudio de la sostenibilidad.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sostenibilidad

La Sostenibilidad aparece como "la idea central unificadora más necesaria en este momento de la historia de la humanidad", según (Bybee, 1991). Se trata de un concepto, que pretende movilizar la responsabilidad colectiva para hacer frente al conjunto de graves problemas y desafíos a los que se enfrenta la humanidad, apostando por la cooperación y la defensa del interés general.

El origen del concepto se sitúa a principios de la década de los años 80, a partir de perspectivas científicas sobre la relación entre el medioambiente y la sociedad y la publicación de varios documentos relevantes, principalmente la Estrategia Mundial para la Conservación (World Conservation Strategy) y el conocido como Informe Brundtland (Our Common Future) (A. Vilches, Gil Pérez, Toscano & Macías, 2014). El concepto de sostenibilidad surge por vía negativa, como resultado de los análisis de la situación del mundo, que puede describirse como una "emergencia planetaria" (Bybee, 1991) y de larga duración, como una situación insostenible, fruto de las actividades humanas, que amenazan gravemente el futuro de la misma humanidad. Se habla por ello de una etapa geológica nueva, el Antropoceno, para destacar la responsabilidad de la especie humana en los profundos cambios que está sufriendo el planeta y que originan un conjunto de graves problemas que hacen insostenible la actual forma de vida (Amparo Vilches & Gil-Pérez, 2016):

- Es insostenible el actual ritmo de utilización de todo tipo de recursos esenciales, desde los energéticos a los bancos de pesca, los bosques, las reservas de agua dulce y el mismo suelo cultivable. Un ritmo muy superior al de su regeneración, cuando son renovables, o al de su sustitución por otros que sí lo sean.
- Es insostenible el ritmo de producción de residuos contaminantes, muy superior al de la capacidad del planeta para digerirlos: una contaminación pluriforme y sin fronteras, que envenena suelos, ríos, mares y aire y afecta ya a todos los ecosistemas.

- Es insostenible, en particular, el acelerado incremento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, de origen claramente antrópico, que está provocando un desarreglo climático visible ya, entre otras muchas consecuencias, en la rápida disminución de las llamadas nieves perpetuas (la más importante reserva de agua dulce con la que cuentan miles de millones de seres humanos) y en el aumento de la frecuencia e intensidad de fenómenos atmosféricos extremos (huracanes, inundaciones, sequías e incendios); el cambio climático contribuye así a un proceso de degradación generalizada que corre el riesgo de llegar a ser irreversible, haciendo inhabitable la Tierra para la especie humana.
- Es insostenible el proceso de urbanización acelerada y desordenada, acompañado del abandono del mundo rural, que potencia los efectos de la contaminación (a causa del transporte, calefacción, acumulación de residuos, etc.) y el agotamiento de recursos (con la destrucción de terrenos agrícolas, el aumento de los tiempos de desplazamiento y consiguiente consumo de recursos energéticos, etc.).
- Es insostenible el crecimiento explosivo de la población mundial, que puede estar ya cerca de sobrepasar la capacidad de carga del planeta: la especie humana acapara ya casi tanta producción fotosintética como la totalidad de las restantes especies y su huella ecológica (es decir, el área de territorio ecológicamente productivo necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población dada) ha superado ampliamente la biocapacidad del planeta.
- Es insostenible la acelerada pérdida de biodiversidad, que obliga a hablar de una sexta gran extinción ya en marcha, que amenaza con romper los equilibrios de la biosfera y arrastrar a la propia especie humana, causante de esta extinción.
- Es insostenible igualmente la pérdida de diversidad cultural y, muy en particular, de culturas campesinas milenarias. No debemos olvidar que la diversidad de culturas es la garantía de una pluralidad de respuestas a los problemas a los que ha de hacer frente la humanidad. Cada cultura no es solo

una riqueza para el pueblo que la ha creado, sino un patrimonio de toda la humanidad.

- Es insostenible e inaceptable el desequilibrio entre una quinta parte de la humanidad impulsada al hiperconsumo y miles de millones de personas que sufren hambre y condiciones de vida insostenibles.
- Es insostenible, en definitiva, un sistema socioeconómico guiado por la búsqueda del máximo beneficio particular a corto plazo, que apuesta por el crecimiento económico indefinido en un planeta finito, sin atender a sus consecuencias ambientales y sociales, lo que le convierte en responsable de los problemas que acabamos de enumerar y de otros igualmente graves, como las dramáticas migraciones, los conflictos y violencias causados por la competitividad, por el afán de controlar los recursos energéticos y otras materias primas esenciales y, en suma, por la destructiva anteposición de intereses particulares a la cooperación en beneficio de todos y de las generaciones futuras.

Un futuro amenazado es, precisamente, el título del primer capítulo de *Nuestro Futuro Común (Our Common Future)*, el informe de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (Brundtland, 1987), a la que debemos uno de los primeros intentos de introducir el concepto de Sostenibilidad o Sustentabilidad: “El Desarrollo Sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.

La idea de un desarrollo sostenible, parte de la suposición de que puede haber desarrollo, mejora cualitativa o despliegue de potencialidades, sin crecimiento, es decir, sin incremento cuantitativo de la escala física, sin incorporación de mayor cantidad de energía ni de materiales. Con otras palabras, es el crecimiento lo que no puede continuar indefinidamente en un mundo finito, pero si es posible el desarrollo (Macedo, 2005).

Cabe señalar que a lo largo de los años el concepto de Desarrollo Sostenible ha sido criticado por diversos autores, pero según Vilches et al. (2014), estas críticas no representan un serio peligro; más bien, utilizan argumentos que refuerzan la orientación propuesta en el Informe Brundtland. El auténtico peligro reside en la acción de quienes

siguen actuando como si el medio pudiera soportarlo todo, que son, hoy por hoy, la inmensa mayoría de los ciudadanos y responsables políticos. Ello hace necesario que nos impliquemos decididamente en esta batalla para contribuir a la emergencia de una nueva mentalidad, una nueva forma de enfocar nuestra relación con el resto de la naturaleza.

Daly (1992), define a la sostenibilidad desde una perspectiva biofísica que distingue tres aspectos fundamentales: 1) los recursos renovables, indicando que la tasa de uso no debe exceder la tasa de regeneración; 2) la polución, la tasa de generación de desechos no debe exceder la capacidad de asimilación; y 3) los recursos no renovables, indicando que el agotamiento de recursos requiere el desarrollo de sustitutos renovables de esos recursos. Mientras que Goodland (1995), afirma que el Desarrollo Sostenible debe integrar tres dimensiones principales: social, ambiental y económica; y que sin la integración de estas tres dimensiones no se podría alcanzar la sostenibilidad.

La estrecha vinculación de los problemas socioambientales que caracterizan la grave situación de emergencia planetaria reduce la efectividad de su tratamiento por separado realizado por distintas disciplinas, por lo que se vio la necesidad de una nueva área de conocimientos, una “Ciencia de la Sostenibilidad”, que integrara campos aparentemente tan alejados como, por ejemplo, el de la economía, el del estudio de la biodiversidad y el de la eficiencia energética, pero que tienen en común el referirse a acciones humanas que afectan a la naturaleza (Vilches & Pérez, 2015).

Esta nueva área del conocimiento, llamada “Ciencia de la Sostenibilidad” fue anunciada por primera vez por 23 investigadores procedentes de distintas áreas del conocimiento, en un artículo conjunto publicado en la revista *Science* en el 2001: “Está emergiendo un nuevo campo de Ciencia de la Sostenibilidad que busca comprender el carácter fundamental de las interacciones entre la naturaleza y la sociedad” (Kates et al., 2001).

Así pues, la Ciencia de la Sostenibilidad surge para ayudar a comprender el sistema cada vez más complejo constituido por las sociedades humanas y los sistemas naturales con los que interaccionan y de los que en definitiva forman parte y hacer así posible el tratamiento sistémico, sin reduccionismos ni olvidos, de problemas que se potencian mutuamente (Vilches & Gil-Pérez, 2016). Este tratamiento global de las

interacciones entre sociedad y sistemas naturales impone a la Ciencia de la Sostenibilidad tres características fundamentales que se pueden resumir así (Vilches & Pérez, 2015):

- La nueva ciencia ha de ser profundamente interdisciplinar, puesto que aborda retos complejos en los que intervienen problemas muy diversos pero estrechamente vinculados, ninguno de los cuales puede ser resuelto aisladamente.
- Se ha comprendido igualmente que para hacer posible la transición a la Sostenibilidad es necesario incorporar a la investigación y toma de decisiones a ciudadanas y ciudadanos que no forman parte del ámbito académico, pero cuyos objetivos, conocimientos y capacidad de intervención resultan imprescindibles para definir y desarrollar estrategias viables. Se trata, pues, de una ciencia transdisciplinar.
- Las estrategias concebidas han de responder a una perspectiva amplia, tanto espacial como temporalmente. Ello implica que la perspectiva sea espacialmente “glocal” (a la vez global y local) y que temporalmente contemple tanto el corto plazo como el medio y el largo, esforzándose en anticipar posibles riesgos y obstáculos y en aprovechar tendencias positivas.

En este sentido, la ciencia de la sostenibilidad permite el estudio de un sistema socio-ecológico, el cual no puede ser explicado y estudiado desde evaluaciones exclusivamente monetarias, y se vuelve necesario un análisis biofísico (Cadillo Benalcazar, 2015).

2.2. Sistemas Socio-ecológicos

El término de Sistema Socio-ecológico (Berkes & Folke, 1998) se utiliza para referirse a un concepto holístico, sistémico e integrador del “ser humano en la naturaleza”. La base del marco de los Sistemas Socio-ecológicos reside en la suposición de que los sistemas sociales y ecológicos están estrechamente conectados y por tanto, el delineamiento de sus fronteras y la delimitación exclusiva de un ecosistema o de un sistema social, resulta artificial y arbitrario (Farhad, 2012).

Berkes y Folke (1998), parten de una perspectiva ecosistémica, como por ejemplo la presentada por Odum (1989), en la que los seres humanos o mejor dicho, el sistema social, se incluye explícitamente dentro de los ecosistemas; una visión que es compatible con la ecología humana de Park (1936), asimismo con la visión de muchas sociedades tradicionales que se consideraban como parte de la naturaleza. Fueron Berkes y Folke quienes utilizaron por primera vez, el término inglés “social-ecological system” frente a otros términos como “eco-social” o “socio-ecological”, con el objetivo de dar el mismo peso tanto a la dimensión social como a la natural.

La visión integrada de “ser humano en la naturaleza”, en la que los ecosistemas están integrados con la sociedad humana, también se emplea por el Centro de Resiliencia de Estocolmo. Se plantea que en la gestión de los recursos naturales no se trata de las cuestiones sólo ecológicas, ni sólo sociales, sino de múltiples elementos integrados (Farhad, 2012). En este planteamiento, los Sistemas Socio-ecológicos están compuestos de diversas partes (componentes culturales, políticos, sociales, económicos, ecológicos, tecnológicos, entre otros) que interactúan para formar una entidad mucho más compleja.

En los Sistemas Socio-ecológicos, las interacciones entre los sistemas sociales y ecológicos se dan por doble vía. Por un lado, las intervenciones y actividades de carácter cultural, político, social y económico producen cambios y transformaciones en el ambiente y la naturaleza (por ejemplo, la minería, la pesca y las actividades agrícolas). Por otro lado, las dinámicas de los ecosistemas influyen en la cultura, las relaciones de poder y las actividades económicas de los seres humanos (por ejemplo, las inundaciones y los cambios climáticos) (Salas-Zapata, Ríos-Osorio & Álvarez-Del Castillo, 2012).

Existe un consenso entre un gran número de autores en que el desarrollo del marco de los Sistemas Socio-ecológicos, en gran parte se debe a los avances de la filosofía y la epistemología de la ciencia a lo largo del siglo XX; y principalmente a la Teoría General de los Sistemas (TGS) y el paradigma de complejidad (Farhad, 2012). En realidad, el pensamiento de los sistemas complejos puede servir para articular las ciencias sociales y las ciencias biofísicas (Berkes, Colding, & Folke, 2003). Bajo este pensamiento, los Sistemas Socio-ecológicos como sistemas complejos poseen

características como: a) no linealidad, b) incertidumbre, c) emergencia, d) escala, y f) auto-organización (Berkes et al., 2003).

Gell-Mann (1994) y Walker et al. (2002) caracterizan a los Sistemas Socio-ecológicos como sistemas adaptativos complejos. Tal propuesta subraya que, a pesar del alto grado de complejidad, la no linealidad y no previsibilidad, estos sistemas no son tan imprevisibles, debido a los ciclos adaptativos que existen en sus dinámicas. La metáfora de “ciclos adaptativos” tiene su origen en la perspectiva ecológica planteada por primera vez por Holling (1973). Pero hoy en día, se afirma que estos ciclos adaptativos son aplicables a los Sistemas Socio-ecológicos.

Los sistemas adaptativos complejos poseen una naturaleza evolutiva, lo que ha sido estudiado por Holling (2001) a través del concepto de “panarquía”. La panarquía explica la estructura jerárquica en la que los Sistemas Socio-ecológicos siguen unos interminables ciclos adaptativos de crecimiento, acumulación, reestructuración y renovación. La identificación de estos ciclos y sus escalas nos pueden servir para el fortalecimiento de la resiliencia del sistema y su camino hacia sostenibilidad. Debido a la existencia de estos ciclos adaptativos, la capacidad adaptativa de los sistemas toma un papel muy importante. Según Folke (2006), el reto del estudio de los Sistemas Socio-ecológicos reside en el entendimiento de sus retroalimentaciones: a) las que causan vulnerabilidad en el sistema, y b) las que fortalecen la resiliencia del sistema. En este contexto, no cabe ninguna duda que la capacidad adaptativa del sistema juega un papel muy significativo.

Los estudios transdisciplinarios sobre la realidad socio-ecológica han sido realizados por autores procedentes de distintas disciplinas. Así pues, existen varios enfoques dentro del marco de los Sistemas Socio-ecológicos y no un planteamiento exclusivo o un único marco común de referencia para su estudio (Cadillo Benalcazar, 2015). Son estos distintos enfoques los que permiten hoy el estudio de las relaciones e interacciones de los seres humanos con la naturaleza de una manera distinta a las precedentes.

2.3. Nexo Agua-Energía-Alimentos

A medida que aumenta la población mundial, el consumo de agua, energía y alimentos también aumentará, poniendo énfasis en estos tres sectores, aumentando la

importancia del Nexo Agua-Energía-Alimentos (WEFN, por sus siglas en inglés). Casi todas las actividades humanas requieren agua, energía, alimentos o alguna combinación de las tres. Se utiliza el agua para cultivar alimentos y en las turbinas que producen electricidad. La energía es necesaria para transportar y purificar el agua y también es necesaria para producir fertilizantes, cosechar cultivos y cocinar los alimentos. A su vez, la energía se puede producir a partir de cultivos como el maíz y la caña de azúcar en forma de biocombustibles. Sin olvidar, que todos los seres humanos consumen agua, energía y comida todos los días. Claramente, los tres sectores dependen uno del otro y todos están altamente interconectados; este fenómeno se denomina Nexo Agua-Energía-Alimentos (García & You, 2016).



Figura 1. Interrelaciones en el Nexo Agua-Energía-Alimentos. **Fuente:** Guijarro & Sánchez, 2015.

La base del Nexo Agua-Energía-Alimentos es un intento de equilibrar los diferentes usos de los recursos presentes en los ecosistemas (energía, agua, tierra, suelo y factores socioeconómicos). Según la FAO, el concepto Nexo Agua-Energía-Alimentos relaciona las interacciones entre los sistemas humanos y los sistemas naturales. Este concepto se centra en los recursos biofísicos y socioeconómicos de los que dependemos para alcanzar los objetivos sociales, ambientales y económicos relacionados con el agua, la energía y los alimentos. Estas interacciones entre los sistemas humanos y naturales tienen lugar en el contexto de los factores externos

globales, como el cambio demográfico, la urbanización, el desarrollo industrial, la modernización agrícola, el comercio internacional y regional, los mercados y los precios, los avances tecnológicos, la diversificación de las dietas y el cambio climático. Además de las estructuras y procesos de gobierno, creencias y comportamientos culturales y sociales (Flammini et al., 2014). En la práctica se trata de un enfoque teórico para conocer mejor las interrelaciones entre el entorno natural y las actividades humanas, y avanzar hacia una mejor coordinación y utilización de los recursos naturales en los diferentes sectores y a diferentes escalas (FAO, 2014).

Un enfoque de Nexo nos ayuda a conocer mejor las complejas y dinámicas relaciones entre agua, energía y alimentos para que podamos usar y administrar nuestros recursos escasos en forma sostenible. Dicho enfoque nos obliga a tener en cuenta las repercusiones que una decisión adoptada en un sector pueda suscitar no solo en ese sector, sino también en otros. Previendo potenciales soluciones de compromiso y sinergias, podemos diseñar, valorar y priorizar opciones de respuesta viables en diferentes sectores (FAO, 2014).

Existen múltiples maneras de abordar el nexo. Una primera cuestión es la elección de los principales elementos a considerar. Aunque el núcleo básico siempre gira en torno al agua, la alimentación y la energía, se puede concretar, poniendo el foco en uno de los 3 elementos (por ejemplo la seguridad alimentaria para los más vulnerables), sustituyendo uno de los 3 (por ejemplo la alimentación por el suelo), o añadiendo otras variables, como el cambio climático. Desde la perspectiva de la socio-ecología se apuesta por una perspectiva basada en el territorio, el capital natural, los servicios del ecosistema o los límites biofísicos compatibles con la conservación de los ecosistemas como los conocemos. Sin embargo, esta lógica contrasta con el funcionamiento real de muchas administraciones públicas donde las políticas y decisiones sobre agua, alimentación y energía se toman desde distintos departamentos, con políticas no siempre compatibles y poca comunicación (Guijarro & Sánchez, 2015).

La FAO ha identificado tres esferas de trabajo para facilitar la identificación, evaluación y gestión de interrelaciones del Nexo, considerando las repercusiones que pueda tener cualquier cambio (una decisión política, una inversión en gran escala o la modificación de una práctica agrícola) más allá de los objetivos y la escala previstos. Esas esferas de trabajo son (FAO, 2014):

1. Pruebas: La FAO recomienda recurrir a programas y bases de datos existentes, y ampliarlos, utilizando para ello una amplia gama de datos: desde los provenientes de observaciones de la Tierra hasta instrumentos de evaluación basados en estadísticas e indicadores. Esos datos pueden utilizarse luego para evaluar y analizar el Nexo Agua-Energía-Alimentos, proporcionando a) un panorama del estado actual de los recursos naturales y su utilización, así como sus vínculos con los recursos humanos, y b) un panorama de temas referentes al Nexo, poniendo de manifiesto el escenario y los parámetros de referencia actuales. Todo análisis de ese género puede ayudar a informar a los responsables de las decisiones sobre la manera de dar respuesta a esos temas, teniendo en cuenta los diversos y múltiples impactos que esas respuestas puedan tener en los diferentes sectores y a lo largo del tiempo.
2. Elaboración de escenarios: Los escenarios pueden ser útiles para explorar cuestiones estratégicas, revisar políticas y decisiones sobre inversiones y generar una comprensión común de las relaciones mutuas entre agua, energía y alimentos y de los factores subyacentes que las impulsan.
3. Alternativas de respuesta: La tercera esfera de trabajo se basa en dos aspectos principales, a) la planificación y aplicación de nuevas políticas, inversiones, reglamentos e incentivos (tales como subsidios, promoción de apropiados modelos de negocios, mecanismos institucionales, instrumentos financieros y servicios de fondos/financiamiento, legislación, instrumentos de políticas y mecanismos de apoyo), desarrollo de capacidades y capacitación e intervenciones técnicas, y b) el proceso de evaluación y comparación de las repercusiones de diferentes intervenciones.

Las esferas de trabajo no describen un conjunto lineal de pasos, se trata de unidades complementarias interconectadas a través del diálogo de los interesados. Los datos, análisis y escenarios forman parte de una evaluación del Nexo, que informan a los interesados sobre las interrelaciones del mismo, destacando soluciones de compromiso y sinergias entre diferentes usos de recursos. Se pueden sentar así las bases de un proceso de diálogo encaminado a crear alternativas de respuesta y adoptar decisiones sobre uso y gestión de la base de recursos en forma mejor coordinada y sostenible (FAO, 2014).

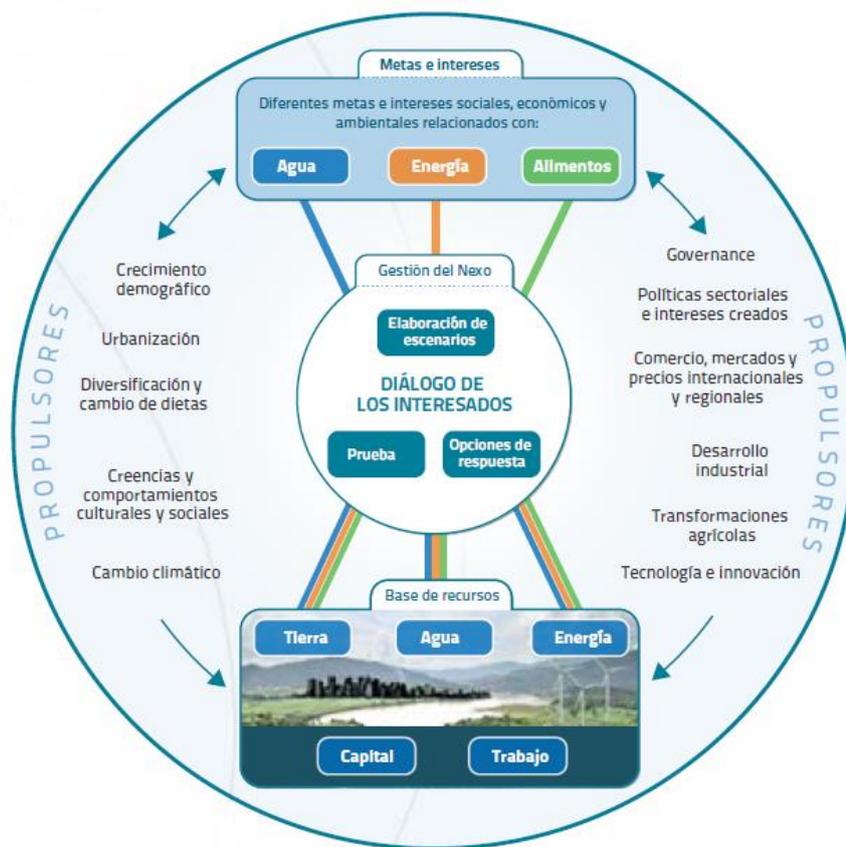


Figura 2. El enfoque de la FAO sobre el Nexo Agua-Energía-Alimentos. **Fuente:** FAO, 2014.

2.3.1. Evaluación del Nexo Agua-Energía-Alimento

La evaluación del nexo propuesta por la FAO implica un proceso participativo que ayuda a los responsables políticos a comprender situaciones críticas, en las que los recursos (tanto humanos como naturales) están bajo presión. Este enfoque de evaluación propuesto puede utilizarse para (Flammini et al., 2014):

- **Análisis del contexto:** Esto se puede lograr ya sea de una manera cualitativa (mediante la opinión de los expertos o la consulta de múltiples interesados directos), sin embargo, generalmente se refuerzan si se basan en una evaluación cuantitativa.
- **Evaluación cuantitativa:** Esto incluye destacar los efectos de posibles intervenciones o nuevas políticas sobre el medio natural y la sociedad. Se identifican y analizan intervenciones específicas (pueden consistir en intervenciones técnicas, incluyendo el despliegue de nuevas tecnologías o incentivos) y sus nexos se cuantifican en dos niveles: la intervención y el contexto.

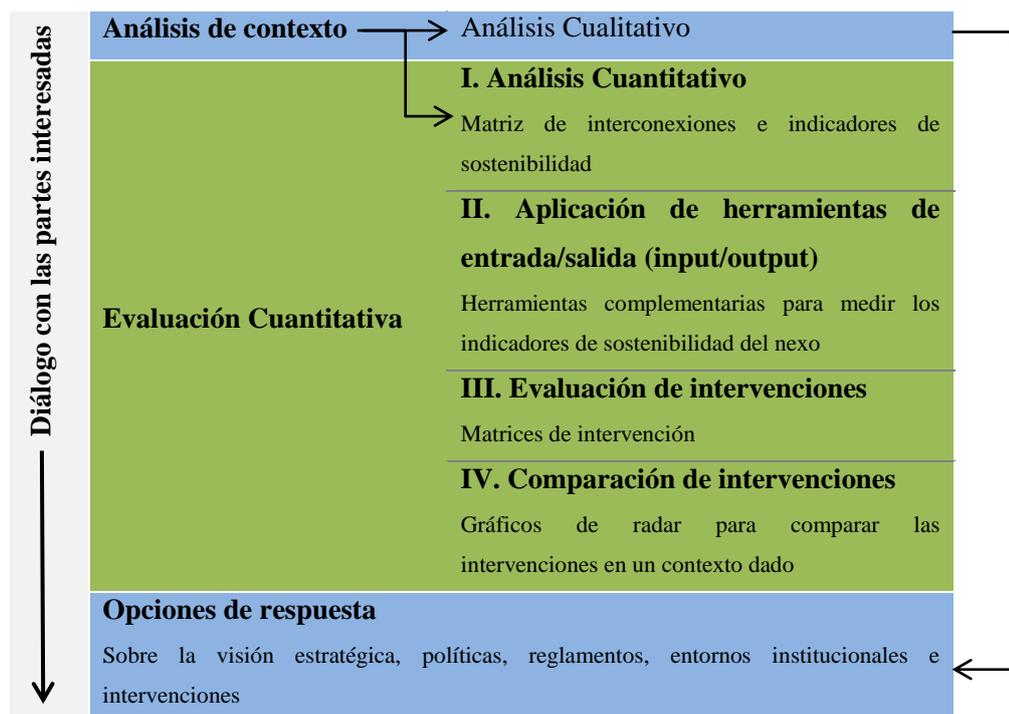


Figura 3. Componentes de la evaluación del Nexa. **Fuente:** Flammini et al., 2014.

La Figura 3 ilustra los diferentes componentes de la evaluación del Nexa. En este proceso es posible identificar cuatro bloques principales de la evaluación:

I. Análisis Cuantitativo: Se recopilan y analizan datos para identificar y evaluar las interrelaciones de los sistemas de agua, energía y alimentos. Para llevar a cabo este análisis se necesita aclarar cuáles son los recursos ambientales y sociales que están bajo presión e identificar las interrelaciones. Incluye la recopilación de datos tanto sobre el estado del ecosistema como sobre los aspectos socioeconómicos, haciendo uso de los conjuntos de datos existentes. La información sobre la presión sobre los aspectos del nexa (y su visualización gráfica) también puede usarse para un análisis participativo cualitativo.

II. Aplicación de herramientas de entrada y salida (input/output): Si los datos necesarios para los indicadores claves del Nexa no están disponibles a partir de conjuntos de datos existentes, es necesario encontrarlos utilizando las herramientas disponibles. Esto se aplica especialmente cuando el sistema de referencia es diferente del nivel nacional, para el cual se dispone de datos mucho más generales.

III. Evaluación de intervenciones: Las intervenciones específicas se evalúan en función de su desempeño, como la eficiencia con que se utilizan los recursos naturales y humanos. La eficiencia del uso del agua, la energía, la tierra y el tiempo humano puede variar antes y después de una intervención, así como entre diferentes intervenciones.

IV. Comparación de intervenciones: Diferentes partes interesadas (stakeholders) participan en un diálogo político abierto y participativo para lograr un consenso entre ellos. Esto puede hacerse a nivel regional, nacional o local y puede involucrar tomadores de decisiones y expertos en el tema para discutir sobre la replicación, ampliación o revisión del diseño y alcance de las intervenciones.

La evaluación del Nexo puede realizarse a diferentes escalas (global, regional nacional o local) y niveles. Esto requiere el uso de un marco de contabilidad estándar para analizar el sistema en evaluación, utilizando los mismos "compartimentos sociales" (o categorías de actividad), anidados de una manera específica. Ver Figura 4.

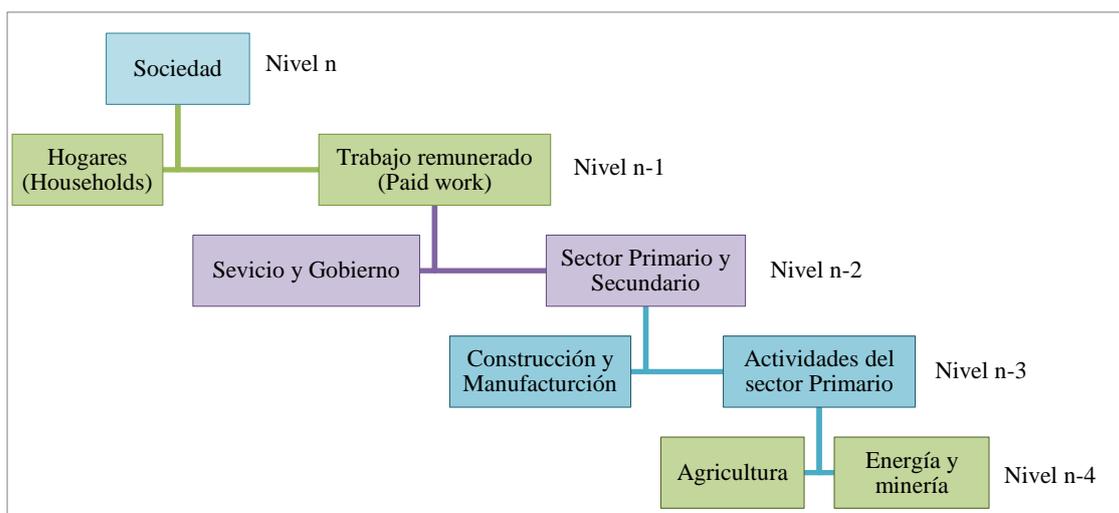


Figura 4. Compartimentos socio-económicos anidados. **Fuente:** Flammini et al., 2014.

Si bien los objetivos relacionados con el Nexo deben definirse en el nivel adecuado a través del proceso de participación de las partes interesadas, se necesitan metas de sostenibilidad en relación con el agua, la energía y los alimentos para construir las matrices que se utilizarán en la evaluación del Nexo. Existen diversas metodologías para integrar las múltiples variables que se utilizan para la evaluación del Nexo, en la Tabla 1 se presentan y se comparan algunas de las principales herramientas del Nexo

disponibles, destacando el componente de sostenibilidad del Nexo que informan y el ecosistema o la información socioeconómica que consideran.

Tabla 1

Recopilación de herramientas específicas del Nexo para cuantificar los impactos y diseñar escenarios.

Herramienta	Elementos del Nexo	Descripción	Alcance geográfico	Autor
Nexus 2.0 Tool	Energía-Alimento-Agua	La herramienta permite al usuario crear diferentes escenarios variando la autosuficiencia de alimentos, recursos hídricos y energéticos.	Nacional (Qatar)	Qatar Environment and Energy Research Institute (QEERI). Disponible en: http://www.wefnexus201.org/login.php
Interactive Compete Maps	Energía-Alimento	Da información sobre los usos de la tierra en ocho países africanos usando mapas PFD con capas. El usuario puede obtener una idea sobre el estado actual del uso del suelo.	Regional (África)	Competence platform on Energy Crop and Agroforestry Systems for Arid and Semi-arid Ecosystems-Africa (COMPETE). Disponible en: https://sustainabledevelopment.un.org/partnership/?p=1502
2050 Pathways Calculator	Energía-Alimento-Agua	La herramienta proporciona trayectorias para varios escenarios de uso de recursos definidos por el usuario.	Nacional (Reino Unido)	UK Department of Energy and Climate Change (DECC). Disponible en: http://2050-calculator-tool.decc.gov.uk/#/calculator
LEAP (Long Range Energy Alternatives Planning System) y WEAP (Water Evaluation and Planning System)	Energía-Agua	LEAP y WEAP, estas dos herramientas juntas pueden analizar la relación entre el uso del agua y la generación de energía.	Regional	Stockholm Environment Institute (SEI). Disponibles en: <u>LEAP</u> https://www.energycommunity.org/default.asp?action=introduction <u>WEAP</u> http://www.weap21.org/
AgWA (Diagnostic Toolbox for Investment in Agricultural Water Management)	Energía-Alimento-Agua	AgWA es un conjunto de instrumentos que apoya acciones que impulsan el uso sostenible del agua para la producción agrícola y energética.	Proyectos	FAO Herramienta en desarrollo

Continuación de Tabla 1.

Herramienta	Elementos del Nexo	Descripción	Alcance geográfico	Autor
RETScreen4 and Ret screen plus	Energía-Agua	Una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para el análisis de proyectos específicamente para la producción de energía.	Proyectos	Natural Resource Canada. Disponible en: http://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465
REAP (Resources and Energy Analysis Programme)	Alimento-Energía	REAP es un modelo que ayuda a los responsables políticos a comprender y medir las presiones ambientales asociadas con el consumo humano.	Proyectos	Stockholm Environment Institute (SEI). Disponible en: https://www.sei-international.org/reap-resource-and-energy-analysis-programme
BIMAT (Biomass Inventory mapping and Analysis Tool)	Energía-Alimento	Presenta una aplicación de mapeo interactivo que proporciona funcionalidad SIG basada en Internet para consultar y visualizar datos de inventario de biomasa.	Nacional (Canadá)	Agriculture and Agrifood Canada. Disponible en: http://www.agr.gc.ca/atlas/bimat
Bioenergy Atlas	Energía-Alimento	Es un mapa interactivo para comparar las materias primas de biomasa y los biocombustibles por ubicación.	Nacional (Estados Unidos)	National Renewable Energy Laboratory (NREL). Disponible en: https://maps.nrel.gov/bioenergyatlas/
ALES (Automated Land Evaluation Systems)	Energía-Alimento	Permite a los evaluadores de terrenos construir sistemas para evaluar las tierras de acuerdo con las directrices presentadas en el "Framework for Land Evaluation" (FAO, 1976).	Proyectos	Cornell University, USA. Disponible en: http://www.css.cornell.edu/faculty/dgr2/research/ales/ales.htm
BEFS y RA (Bioenergy and Food Security) y (Rapid Appraisal Tool)	Energía-Suelo-Agua	El marco analítico de BEFS ofrece las herramientas para ayudar a los responsables de la formulación de políticas a tomar decisiones.	Nacional	FAO Bioenergy and Food Security (BEFS) project. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/013/i1968e/i1968e00.htm
SWAT (Soil and Water Assessment tool)	Agua-Suelo	Modelo para simular la calidad y cantidad de agua superficial y subterránea y predecir el impacto ambiental del uso de la tierra, las prácticas de manejo de la tierra y los cambios climáticos.	Proyectos	USDA Agricultural Research Service (USDA-ARS) and Texas A&M Agrilife Research. Disponible en: http://swat.tamu.edu/

Continuación de Tabla 1.

Herramienta	Elementos del Nexo	Descripción	Alcance geográfico	Autor
EDO (European Drought Observatory)	Agua-Suelo	Basado en el concepto innovador de funciones dinámicas de la tierra.	Proyectos	Joint Research Center (JRC). Disponible en: http://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1000
AQUACROP	Suelo-Agua	Se desarrolló para simular la respuesta del rendimiento del agua de los cultivos herbáceos bajo cualquier condición climática y de suelo, incluyendo los casos de cambio climático.	Proyectos	FAO. Disponible en: http://www.fao.org/nr/water/aquacrop.html
GAEZ (Global Agro Ecological Zones)	Suelo-Agua	GAEZ estima, para muchas combinaciones de cultivos y niveles de manejo, el potencial agroclimático alcanzable, la aptitud agroecológica y el rendimiento potencial.	Proyectos	IISA-FAO. Disponible en: http://www.fao.org/nr/gaez/es/
LISFLOOD	Agua-Suelo	Es un modelo hidrológico de lluvia-escorrentía basado en SIG que es capaz de simular los procesos hidrológicos que se producen.	Local-Proyectos	Joint Research Center (JRC). Disponible en: http://www.bristol.ac.uk/geography/research/hydrology/models/lisflood/
EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator)	Agua-Suelo	Una herramienta para evaluar los impactos ambientales de la gestión de tierras de cultivo.	Local-Proyectos	FAO. Disponible en: http://epicapex.tamu.edu/files/2015/05/EpicModelDocumentation.pdf
CROPWAT	Suelo-Agua	Calcula los requerimientos de agua de los cultivos y los requerimientos de riego basados en el suelo, el clima y los datos del cultivo.	Local-Proyectos	FAO. Disponible en: http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html
WEF Nexus rapid Appraisal tool	Agua-Energía-Alimentos	Proporciona una forma rápida de evaluar intervenciones específicas contra la presión bio-económica del contexto (un país, en este caso) donde se implementan.	Global	FAO. Disponible en: http://www.fao.org/energy/water-food-energy-nexus/water-energy-food-nexus-ra/en/

Continuación de Tabla 1.

Herramienta	Elementos del Nexo	Descripción	Alcance geográfico	Autor
MuSIASEM (Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism)	Agua-Energía-Alimentos	Metodología capaz de tener en cuenta las dimensiones económicas, ambientales, sociales, culturales, técnicas y políticas en un análisis integrado.	Global	IASTE (Integrated Assessment: Sociology, Technology and the Environment)

Fuente: Elaboración propia a partir de Flammini et al., 2014.

Dentro de la herramientas existentes para evaluar el Nexo Agua-Energía-Alimentos, la FAO (Giampietro et al., 2013) y otras investigaciones científicas (Biggs et al., 2015; Cadillo Benalcazar, 2015; Recalde & Ramos-Martin, 2012; Sorman & Giampietro, 2011; Gasparatos et al., 2009; Ramos-Martín et al., 2009; Ramos-Martin et al., 2007a; Falconí-Benítez, 2001) proponen utilizar el enfoque del Análisis Integrado Multi-Escala del Metabolismo de la Sociedad y el Ecosistema.

2.4. Análisis Integrado Multi-Escala del Metabolismo de la Sociedad y el Ecosistema (MuSIASEM)

Fisher-Kowalski (1997) define al metabolismo social como la forma particular en la que las sociedades establecen y mantienen el ingreso y salida de materiales (input/output) con la naturaleza y en el modo de cómo estas sociedades se organizan en el intercambio de materia y energía con el medio ambiente.

El metabolismo social comienza cuando los seres humanos socialmente agrupados se apropian de materiales y energías de la naturaleza (input) y finaliza cuando depositan desechos, emanaciones o residuos en los espacios naturales (output). Pero entre estos dos fenómenos ocurren procesos en las “entrañas” de la sociedad por medio de los cuales las energías y materiales apropiados circulan, se transforman y terminan consumiéndose. Por lo anterior en el proceso general del metabolismo social existen tres tipos de flujos de energía y materiales: los flujos de entrada, los flujos interiores y los flujos de salida (Toledo, 2013). Ver Figura 5.

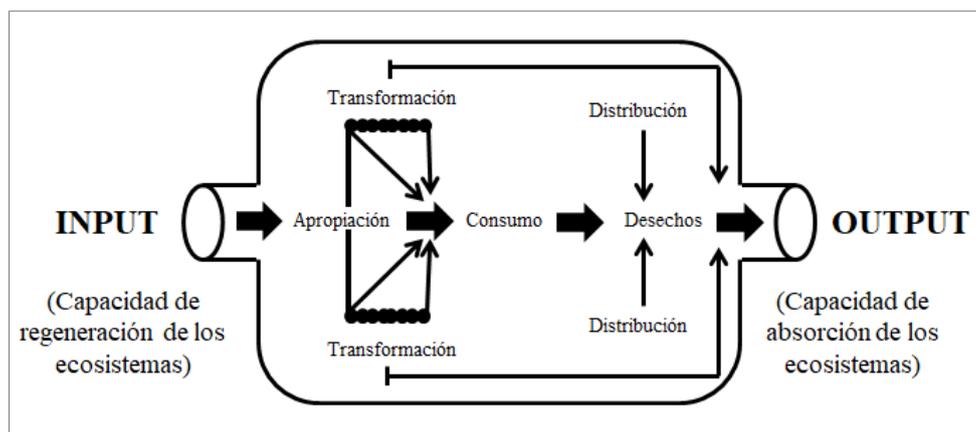


Figura 5. El metabolismo social. Fuente: Toledo, 2013.

Dentro de las teorías inspiradas en la metáfora del metabolismo social, el MuSIASEM ha puesto énfasis en la necesidad de elaborar una narrativa que permite alcanzar una representatividad adecuada de la complejidad de los Sistemas Socioecológicos. En dicho perfil, destaca el uso de la noción de gramática como un conjunto limitado de reglas que permiten elaborar representaciones infinitas, producto de la combinación de esas reglas (Cadillo Benalcazar, 2015).

El enfoque MuSIASEM es una metodología capaz de tener en cuenta las dimensiones económicas, ambientales, sociales, culturales, técnicas y políticas en un análisis integrado que representan diferentes aspectos como son: el monetario, la energía, los alimentos o el agua. Se basa en varios conceptos innovadores derivados de la Bioeconomía y de la Teoría de Sistemas Complejos, lo que permite el uso simultáneo de variables técnicas, económicas, sociales, demográficas y ecológicas en el análisis del patrón metabólico de las sociedades modernas, incluso si estas variables se definen dentro de diferentes dimensiones de análisis (Giampietro et al., 2014).

La gramática del MuSIASEM adopta el modelo de Flujo y Fondos (Georgescu-Roegen, 1971), este modelo permite representar los procesos socioeconómicos de producción y consumo de bienes y servicios en términos biofísicos. Para ello se distinguen dos categorías:

- Fondos: denota lo que el “sistema es”, hace referencia a los elementos que durante el periodo a representar no sufren modificación alguna y mantienen su propiedad de agentes transformadores (por ejemplo personas, capital, tierra, entre otros).

- Flujos: denota lo que el “sistema hace”, hace referencia a los elementos que sufren una modificación durante el periodo a representar (por ejemplo el agua, la energía, los alimentos, entre otros).

2.4.1. Herramientas conceptuales de la metodología MuSIASEM

La aplicación de la metodología MuSIASEM se basa en el uso integrado de cuatro herramientas conceptuales derivadas de la teoría de la complejidad (Giampietro et al., 2014):

1. Multinivel/Multidimensional: Para comprobar la congruencia de los datos en relación con la viabilidad (restricciones externas), viabilidad (restricciones internas) y deseabilidad (compatibilidad con los valores sociales e instituciones), se emplean representaciones multidimensionales y multinivel en forma de dendrogramas, tablas o matrices/vectores de un determinado patrón metabólico. Multinivel, se refiere a los distintos niveles jerárquicos de análisis (n, n - 1, n - 2, etc.) considerados, mientras que multidimensional, se refiere a los distintos tipos de variables (biofísicos, económicos) incluidos en el análisis.
2. Gramática multinivel: Se emplean gramáticas multinivel para la contabilidad de flujos (alimentos, energía, agua, flujos monetarios). Estas gramáticas son esquemas de contabilidad general que abarcan tanto el exterior (suministros) como la perspectiva interna (requisitos) del sistema. Las gramáticas tratan la existencia de bucles autocatalíticos internos (en el caso de seguridad alimentaria y energética) y definen la identidad propia de los flujos a escala local para evaluar las pérdidas y el consumo final.
3. El concepto de impredicatividad y el análisis de bucle impredicativo (Impredicative loop analysis): La impredicatividad, está íntimamente relacionado con la autopoiesis, pues todo sistema autopoietico es impredicativo. La impredicatividad se refiere a la relación de los elementos de un sistema entre sí, pero también con el sistema; esto significa que el sistema define a sus elementos, y estos a su vez se definen entre sí, y también definen al sistema. Por ejemplo la paradoja del huevo y la gallina, es fundamental asumir la existencia de una gallina para explicar la existencia de un huevo, pero al mismo tiempo, no

se puede explicar la existencia de una gallina sin la existencia previa de un huevo.

4. **Efecto Mosaico:** Esto significa que el valor de una variable para un componente específico de un sistema, tiene influencia en el sistema completo, es decir, que si este valor cambia, los valores para la misma variable de los otros componentes del sistema, también se verán afectados. Una excelente metáfora para describir el efecto mosaico es la del juego del Sudoku: donde tenemos un sistema (el juego completo), compuesto por varios subsistemas (cada grupo de nueve cuadrados), que se relacionan a través de columnas verticales y de filas horizontales y de bloques de 3x3. El número que se coloque en cada uno de los cuadrados debe ser un dígito del uno al nueve, que no se puede repetir dentro de su propio subsistema, pero tampoco, ni en la fila, ni en la columna en la que se encuentra. Esto significa que al cambiar un número en un cuadrado determinado, se debe cambiar todos los otros números del subsistema, de la fila y de la columna a la que pertenece, es decir, un valor afecta a todo el sistema. Las tres restricciones en un MuSIASEM son la factibilidad, la viabilidad y la deseabilidad de cada escenario.

2.4.2. Pasos básicos de la metodología MuSIASEM

En términos prácticos, la metodología MuSIASEM comprende seis pasos (Giampietro et al., 2014):

- **Paso 1:** Definición del sistema socio-económico como una jerarquía anidada de compartimentos funcionales que garantizan la supervivencia, la reproducción y la adaptabilidad.

Este primer paso implica la definición de la estructura jerárquica anidada de los compartimentos funcionales de la sociedad. Primero definimos el sistema global en el nivel n , y luego definimos dentro de este “conjunto” un conjunto de compartimentos funcionales de nivel inferior a nivel $(n-1)$ (por ejemplo, el sector de los hogares y el sector de trabajo remunerado) sobre la base de las funciones expresadas en la sociedad (por ejemplo, actividad humana, generación de ingresos). Estos compartimentos de nivel inferior pueden subdividirse posteriormente (niveles $n-2$, $n-3$, etc.), dependiendo del objetivo del estudio.

La selección de compartimentos debe ser práctica para la recopilación de datos: los datos necesarios para definir tanto el tamaño como las características de los compartimentos individuales deben ser expresados en las estadísticas disponibles. Además, el conjunto de compartimentos debe ser colectivamente exhaustivo y mutuamente excluyente. En términos más simples, esto significa que la suma de los tamaños de las partes de nivel inferior (nivel $i-1$) debe ser igual al tamaño de su compartimento de nivel superior inmediato (i) para cualquier nivel i .

- Paso 2: Definición y cuantificación del perfil de inversión de los elementos de fondo sobre los compartimentos funcionales del sistema (definiendo los dendrogramas de los elementos del fondo).

Este paso implica la selección de los elementos relevantes del fondo y su asignación a los diversos compartimentos funcionales del sistema. Por ejemplo, si se consideran tres elementos de fondo, la actividad humana (tiempo humano), el uso de la tierra y la capacidad de energía. La actividad humana es nuestro principal elemento de fondo para el análisis socioeconómico, sobre el cual se basará la definición y el tamaño de los compartimentos funcionales.

El paso 2 da lugar a la generación de dendrogramas en los cuales las cantidades totales de los elementos de fondo (que se refieren a toda la sociedad sobre una base anual) se dividen repetidamente a medida que avanzamos más abajo en la estructura jerárquica anidada. Esta serie de divisiones se utiliza para caracterizar los tamaños relativos de los diferentes compartimentos de nivel inferior en términos de los tres elementos de fondo: actividad humana, uso de la tierra y la capacidad de energía. En la Figura 6 se observa que la primera bifurcación (α), la actividad humana depende de una variable demográfica (relación de dependencia) y variables socioeconómicas (carga de trabajo, duración de la educación, edad de jubilación, desempleo), mientras que la ramificación dentro de los sectores de trabajo remunerado (β , γ , δ) depende de las características de la economía. Es evidente que la profundidad del dendrograma depende del objetivo del estudio y de la disponibilidad de datos para el elemento de fondo en cuestión.

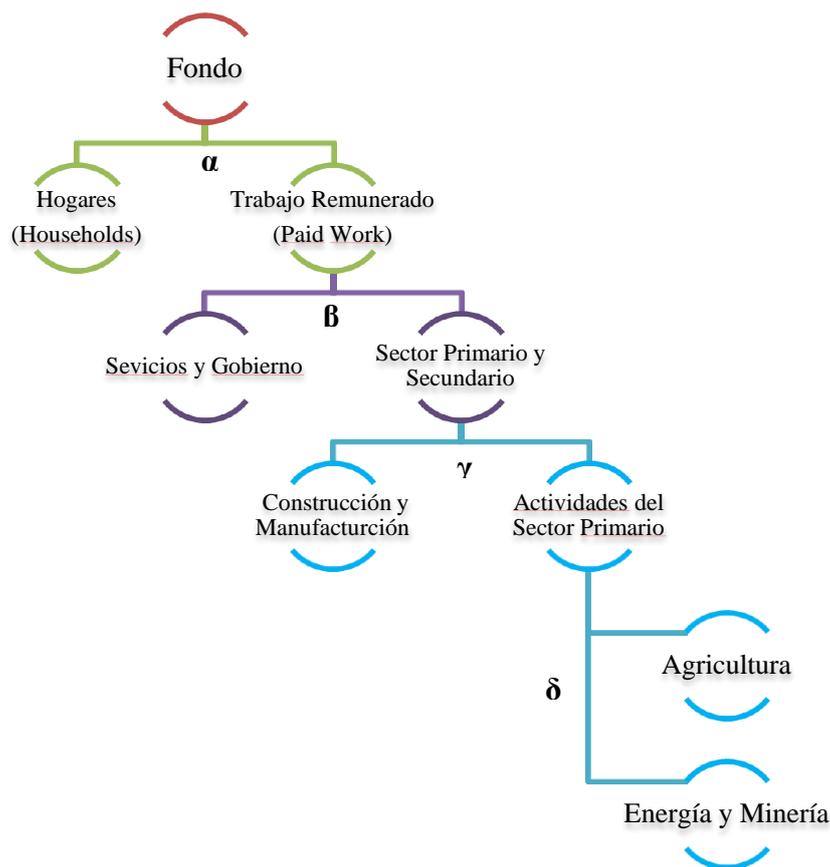


Figura 6. Ejemplo de dendrogramas de fondo. **Fuente:** Giampietro et al., 2014.

- Paso 3: Definición cuantitativa de los flujos necesarios para expresar las funciones (definición de dendrogramas de elementos de flujo).

Este paso implica la definición y cuantificación de los diversos flujos (alimentos, energía, agua, dinero) utilizados por los elementos seleccionados del fondo (actividad humana, uso de la tierra, capacidad de energía) asociados a los compartimentos funcionales en diferentes niveles de análisis. De las bifurcaciones de los diversos flujos que se muestran se derivan de las "gramáticas"(ver Figura 7). Dentro del enfoque MuSIASEM, una gramática puede ser vista como un sistema formal de reglas para contabilizar flujos metabólicos. La metodología MuSIASEM ha desarrollado gramáticas específicas para los alimentos, la energía, el agua y los flujos monetarios. Estas gramáticas identifican y caracterizan los flujos respectivos a través de los diversos compartimentos de la sociedad en términos de cantidad y calidad.

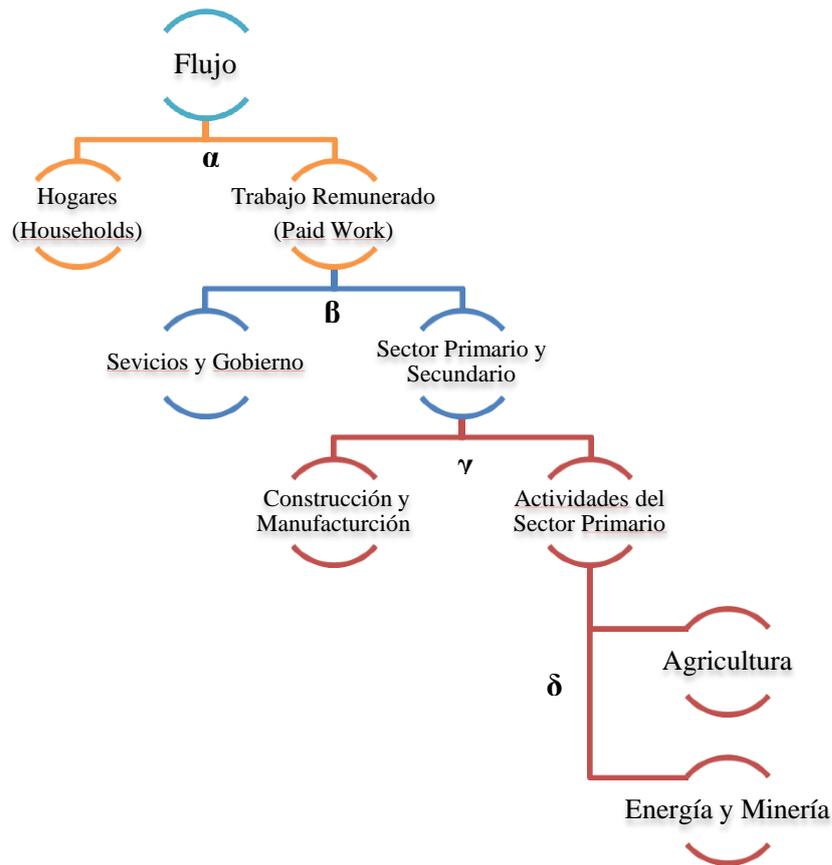


Figura 7. Ejemplo de dendrogramas de flujo. **Fuente:** Giampietro et al., 2014.

Cuatro aspectos importantes esenciales para la construcción de estas gramáticas son:

- i. Suministro bruto o flujos requeridos del contexto: Se refiere al flujo global que debe producirse localmente o que se pone a disposición a través de las importaciones. Por ejemplo, los requisitos para los productos agrícolas primarios (por ejemplo, carne de vacuno, granos, verduras), los requisitos para las fuentes de energía primaria (por ejemplo, el carbón, el uranio y el viento) y los requisitos para los fondos de agua, (ríos, acuíferos) desde los cuales se puede extraer el suministro de agua necesario. Este flujo se evalúa con un método de contabilidad que permite comprobar las restricciones externas.
- ii. Flujos para usos finales internos: Se refiere al conjunto de flujos que atraviesan los distintos compartimentos funcionales para garantizar usos finales. Por ejemplo, los requisitos para los portadores de nutrientes (por ejemplo, proteínas, carbohidratos, grasas), los requisitos para los

portadores de energía (por ejemplo, la electricidad y los combustibles) y los requisitos para el suministro de agua por categorías de uso final (por ejemplo, agua potable, agua para riego, agua para enfriamiento). Las características de estos usos finales son definidas por las gramáticas tanto en cantidad como en calidad.

- iii. Pérdidas que determinan la diferencia entre el suministro bruto y el suministro neto para usos finales internos: Se refiere a la fracción del flujo bruto de suministro que no llega al consumo final porque se pierde en la red. Se evalúa desde el punto de vista interno.
- iv. Inversión interna autocatalítica que determina el suministro disponible para el compartimento disipativo: Se refiere a la proporción de los flujos que deben invertirse en su propia producción. Esta evaluación sólo puede realizarse desde el punto de vista interno y se refiere específicamente al patrón metabólico de la energía y los alimentos, donde una fracción del suministro neto es consumida internamente por el compartimento que produce el flujo. Por ejemplo los productos alimenticios (semillas, huevos y cultivos utilizados como alimentos) se utilizan en el sector agrícola para producir productos alimenticios. Esta inversión interna en un circuito autocatalítico implica que, por defecto, una cierta fracción de la oferta neta (sin considerar las pérdidas) no está disponible para usos finales en el compartimento disipativo.

- Paso 4: Generación de la representación multinivel, multidimensional del patrón metabólico.

Después de haber definido y cuantificado los fondos y flujos, la metodología MuSIASEM hace uso de una representación multinivel y multidimensional de los elementos de flujo y fondo para combinar las diversas descripciones dadas por los dendrogramas (Paso 2) y las gramáticas (Paso 3). De esta manera, se obtiene una caracterización integrada que combina descripciones cuantitativas no equivalentes del patrón metabólico a través de diferentes niveles jerárquicos y escalas, además en diferentes dimensiones de análisis (por ejemplo, dimensiones demográficas, económicas, biofísicas). Se puede decir que:

- i. Las relaciones flujo/fondo calculadas en los diferentes niveles de análisis (n, n-1, n-2) describen cómo funcionan los distintos compartimentos en su propia escala de operación. Estos coeficientes son variables intensivas (tasas, densidades, intensidades) que caracterizan los aspectos cualitativos del elemento de fondo por unidad (por ejemplo, el flujo específico de energía por hora de la actividad humana en la agricultura, el flujo específico de agua por hectárea de tierra). Por lo tanto, juntos, describen características del sistema a través de diferentes niveles y escalas.
 - ii. Los tamaños relativos de los elementos de fondo de nivel inferior comparados con la sociedad en su conjunto proporcionan información sobre la relación estructural entre las partes funcionales y el conjunto.
 - iii. La proporción del consumo total de flujo que se importa, en lugar de generarse internamente, proporciona información sobre el grado de apertura del sistema.
- Paso 5: Comprobación de la viabilidad y deseabilidad del dominio del patrón metabólico (definición de las restricciones internas de la sostenibilidad).

Un patrón metabólico es viable si, dadas las restricciones estructurales (tamaño y características de los elementos de fondo), es capaz de generar un suministro interno adecuado de los diversos flujos que consume (alimentos, energía, bienes manufacturados, infraestructuras, servicios). La viabilidad se verifica mediante la verificación cruzada de la estabilidad de los presupuestos dinámicos de los flujos individuales (alimentos, energía, agua, dinero) en relación con las restricciones internas. Por ejemplo, el flujo total de alimentos consumidos por la sociedad debe ser proporcionado por el sector agrícola o por las importaciones.

La deseabilidad del patrón metabólico se refiere a la presión interna experimentada en los sistemas socioeconómicos para asignar una porción relativamente grande de los elementos disponibles de fondo (actividad humana, capacidad de energía) y los flujos consumidos (energía, alimentos y agua) al sector de los hogares, al sector de los servicios y del gobierno y al sector del transporte (estos sectores forman, en

conjunto, el denominado «compartimento disipativo»). De hecho, cuanto mayor es esta proporción, mejor es el nivel de vida.

- Paso 6: Verificar la viabilidad del patrón metabólico en términos de requerimientos de recursos y carga ambiental (definición de restricciones externas de la sostenibilidad).

Considerando la necesidad bruta agregada de flujos biofísicos/recursos naturales (directamente utilizados o incorporados en las importaciones) del lado del suministro y el flujo correspondiente de desechos en el lado del sumidero, podemos evaluar la carga ambiental de un determinado patrón metabólico. Es importante darse cuenta de que la necesidad bruta (y el flujo resultante de desechos) describe la interacción de la sociedad con su entorno natural y, por tanto, no es igual a la necesidad neta de flujos biofísicos consumidos por los diversos compartimentos dentro de la sociedad.

2.4.3. Actividad humana y características socio-económicas

Las características demográficas de una población son esenciales para conocer la identidad de una sociedad. En el enfoque MuSIASEM, las variables demográficas tales como el tamaño de la población, la estructura demográfica y otras variables sociales como: el empleo, el nivel educativo y la carga laboral de los empleados; se pueden explicar observando el perfil de distribución de la actividad humana (HA, por siglas en inglés).

En la metodología MuSIASEM, la actividad humana se categoriza de acuerdo con las funciones que se expresan en la sociedad, por ejemplo el trabajo remunerado (PW, por sus siglas en inglés) o el ocio en el hogar (HH, por sus siglas en inglés). Para cuantificar el patrón de las actividades humanas asociadas a la expresión de estas diferentes funciones, se describe a la sociedad como una estructura jerárquica de compartimentos funcionales, cuyo tamaño también se evalúa en términos de actividad humana (horas por año). Al integrar el patrón de actividad humana sobre diferentes compartimentos con la tasa metabólica de estos compartimentos (relaciones flujo-fondo) podemos definir el patrón metabólico de los diversos flujos. De este modo, es posible estudiar la viabilidad del patrón metabólico, su factibilidad y su deseabilidad (Giampietro et al., 2014).

La actividad humana total (THA, por sus siglas en inglés) se divide en dos compartimentos definidos en el nivel (n-1): los sectores PW y HH. El sector de trabajo remunerado (PW), consiste en el tiempo de trabajo de la población económicamente activa y el sector de los hogares (HH), incluye la actividad de la población dependiente y la de la población ocupada cuando no trabaja. La actividad humana asignada al sector PW se divide a su vez en tres compartimentos de nivel inferior, definidos en el nivel (n-2): sectores de agricultura y pesca (AG), el sector industrial (PS) y el sector servicios y gobierno (SG) (Giampietro et al., 2014).

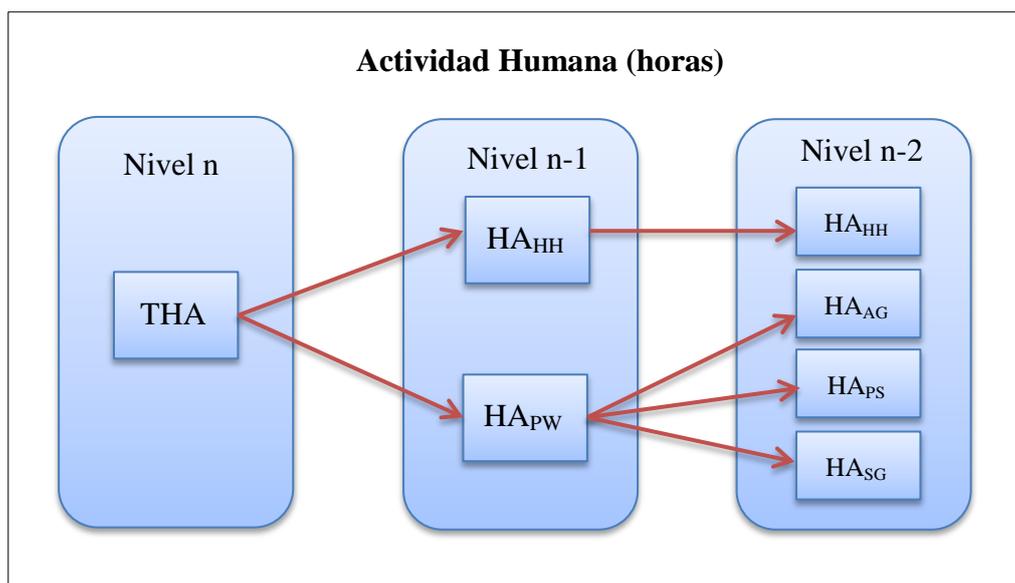


Figura 8. La matriz multi-nivel de la actividad humana (elemento de fondo) en 2 niveles (n→n-2). **Fuente:** Elaboración propia.

En la Figura 8 se describe la contabilidad de la actividad humana sobre los diversos compartimentos funcionales de la sociedad. El tamaño total de la población determina THA disponible para la sociedad y se define en el nivel n de la siguiente manera:

$$THA = \text{Tamaño de la población} \times 8760 \text{ horas/año} \quad (1)$$

Es absolutamente esencial en el sistema contable de la metodología MuSIASEM que el tamaño, definido en horas de HA por año, de cualquier compartimento dado sea igual a la suma de los tamaños de sus compartimentos inmediatos inferiores que lo componen. Por lo cual:

$$THA_{[Nivel\ n]} = HA_{HH} + HA_{PW}[Nivel\ n - 1] \quad (2)$$

$$HA_{PW}[Nivel\ n - 1] = HA_{PS} + HA_{SG}[Nivel\ n - 2] \quad (3)$$

La definición de compartimentos funcionales utilizados en la metodología MuSIASEM es similar a la utilizada en Economía, que distingue entre los sectores primario (equivalente a los sectores de agricultura y pesca, AG) y energía y minería (EM)), secundario (equivalente a los sectores de la construcción y la fabricación, BM) y terciario (equivalente al sector servicios y gobierno, SG). La representación de MuSIASEM enfatiza la lectura biofísica del proceso económico a través de las escalas jerárquicas de análisis, facilitando así la identificación de las restricciones internas impuestas por la organización social. La definición de compartimentos funcionales utilizada en la gramática MuSIASEM es flexible y puede ser adaptada (por agregación o subdivisión adicional) dependiendo del enfoque del estudio de caso. La actividad humana para cada sector económico i se calcula de la siguiente manera (Giampietro et al., 2014):

$$HA_i = (\text{empleados}) \times (\text{horas de trabajo por semana}) \times (\text{semanas de trabajo al año}) \quad (4)$$

$$HA_{PW} = \sum HA_i \quad (5)$$

Finalmente, la actividad humana en el sector HH se calcula por diferencia, como a continuación se presenta:

$$HA_{HH} = THA - HA_{PW} \quad (6)$$

Para tener en cuenta a los turistas dentro de la actividad humana total (THA) se calcula la actividad humana "residente equivalente" del número de turistas y la duración de su estancia:

$$THA = HA_{PW} + HA_{HH} + HA_{Turistas} \quad (7)$$

Donde:

$$HA_{Turistas} = \text{Número de turistas} \times \text{Duración de la estancia} \times \frac{24 \text{ horas}}{365 \text{ días}} \quad (8)$$

Los flujos monetarios se contabilizan como los flujos asociados con el proceso económico. La principal diferencia entre flujos monetarios y los flujos biofísicos, es que los flujos monetarios no proporcionan información sobre la factibilidad o viabilidad biofísica del sistema. La generación de flujos monetarios está estrechamente relacionada con las características de las instituciones que regulan las actividades económicas, por lo cual no se reflejan los procesos biofísicos. En cuanto a las categorías de contabilidad, en el nivel n, la representación MuSIASEM se refiere al Producto Interno Bruto (PIB o GDP, por sus siglas en inglés) como el flujo producido por la sociedad durante el período de la representación (medido en dólares estadounidenses para un año dado). En los niveles inferiores se adopta el Valor Agregado Bruto (VAB o GVA por sus siglas en inglés) como una medida de los flujos monetarios producidos por los compartimentos de la actividad humana. El PIB puede calcularse siguiendo distintos enfoques, como el enfoque de la producción (Giampietro et al., 2014):

$$GDP = GVA + Impuestos \quad (9)$$

En el nivel n-1, las dos categorías consideradas son PW y HH. En el protocolo de contabilidad MuSIASEM el PBI se atribuye enteramente al sector PW. Por último, la definición de los flujos monetarios para los compartimentos definidos en MuSIASEM pueden utilizarse para derivar variables intensivas (flujo/fondo) similares a las utilizadas en la contabilidad biofísica. Por ejemplo, para las actividades que se realizan dentro del sector de trabajo remunerado podemos definir la Productividad Económica del Trabajo (ELP_i , por sus siglas en inglés), calculada como el valor agregado generado por hora de actividad humana en cada compartimento económico (Giampietro et al., 2014):

$$ELP_i = GVA_i / HA_i \quad (10)$$

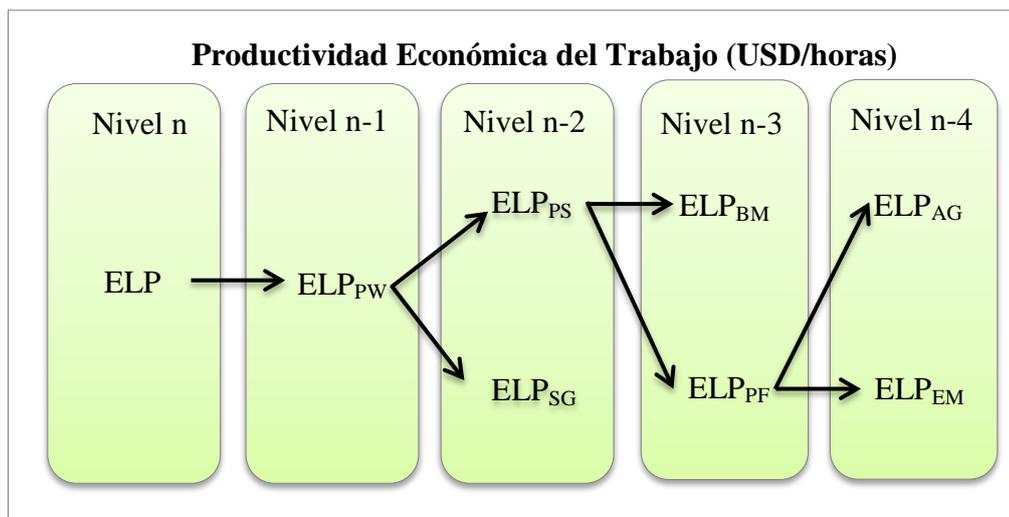


Figura 9. La matriz multi-nivel de la productividad económica del trabajo (Flujo/Fondo) en 5 niveles (n→n-4). **Fuente:** Elaboración propia.

2.4.4. Gramática de los Alimentos

La visión interna del metabolismo de los alimentos se centra en el consumo de los alimentos y en los flujos de los portadores de nutrientes, mientras la visión externa se centra en la producción de los alimentos y en el flujo de los productos agropecuarios. La gramática de los alimentos integra en una misma representación, la visión interna y externa, tomando en cuenta las complicaciones originadas por el bucle autocatalítico de la producción de los alimentos (uso de los alimentos para producir más alimentos). Esta gramática consiste en una conceptualización de los flujos de los alimentos y se fundamenta en el modelo de flujo y fondo; y en la estructura jerárquica básica de la sociedad. Para entender el sistemas alimentario se utilizan los siguientes términos (Cadillo Benalcazar, 2015):

- **La energía de los alimentos:** Es la energía química contenida en un determinado alimento. Esta energía está relacionada directamente con la composición de los macronutrientes de los alimentos (proteínas, grasas, carbohidratos y alcohol). En la gramática este tipo de energía se registra como un número simple o como un vector (expresado en julios).
- **La energía endosomática:** Este término se usa para destacar la función de los alimentos en el metabolismo de la sociedad, para enfatizar qué cantidad de energía de los alimentos se destina al metabolismo dentro (endo) del cuerpo humano.

- Los requerimientos alimenticios: Es un concepto con valor normativo que se define como la cantidad de alimentos que necesita una población o un segmento de la población para garantizar su adecuado estado de nutrición y salud.
- La ingesta alimentaria o ingesta dietética: Hace referencia a la cantidad real de alimentos (ingeridos) en la dieta.
- El abastecimiento neto de alimentos o consumo doméstico final en los hogares: Se define como la cantidad de alimento disponible para el consumo de la población, que desaparece a nivel de los hogares. Esta cantidad hace referencia a los usos finales del flujo de alimentos y es igual a la cantidad de alimentos ingeridos más las pérdidas y los desperdicios que tienen lugar en los hogares.
- El consumo bruto de alimentos a nivel de la sociedad: Se define como todos los alimentos consumidos para el metabolismo endosomático de la sociedad. Esta cantidad incluye el consumo final doméstico, los alimentos usados en la misma operación de la producción de alimentos (pienso de animales, semillas etc.) y las pérdidas en el procesamiento, distribución y almacenamiento.
- El abastecimiento bruto de alimentos para la sociedad: Es el total de alimentos que entran en la cadena de abastecimiento de alimentos doméstica (debe coincidir con el consumo bruto de alimentos de la sociedad).

Un ejemplo del esquema de la gramática de los alimentos se presenta en la Figura 10, donde se observan tanto la visión externa como la visión interna. Respecto a la visión externa se necesita obtener información sobre:

- La oferta bruta de productos alimenticios para la sociedad.
- La contribución relativa de la agricultura doméstica (procesos biofísicos) y las importaciones (procesos biofísicos y económicos) para la oferta bruta de alimentos de una sociedad.

Con respecto a la visión interna, se necesita obtener información sobre:

- El consumo final en los hogares.
- La parte de la oferta bruta de alimentos que se invierte en la producción local de alimentos en el sector agrícola, tales como semillas, huevos y cultivos forrajeros.
- Las pérdidas postcosecha, es decir, la parte de abastecimiento bruto de alimentos perdida en el sistema alimentario durante el procesamiento y la distribución (incluyendo transporte y almacenamiento).

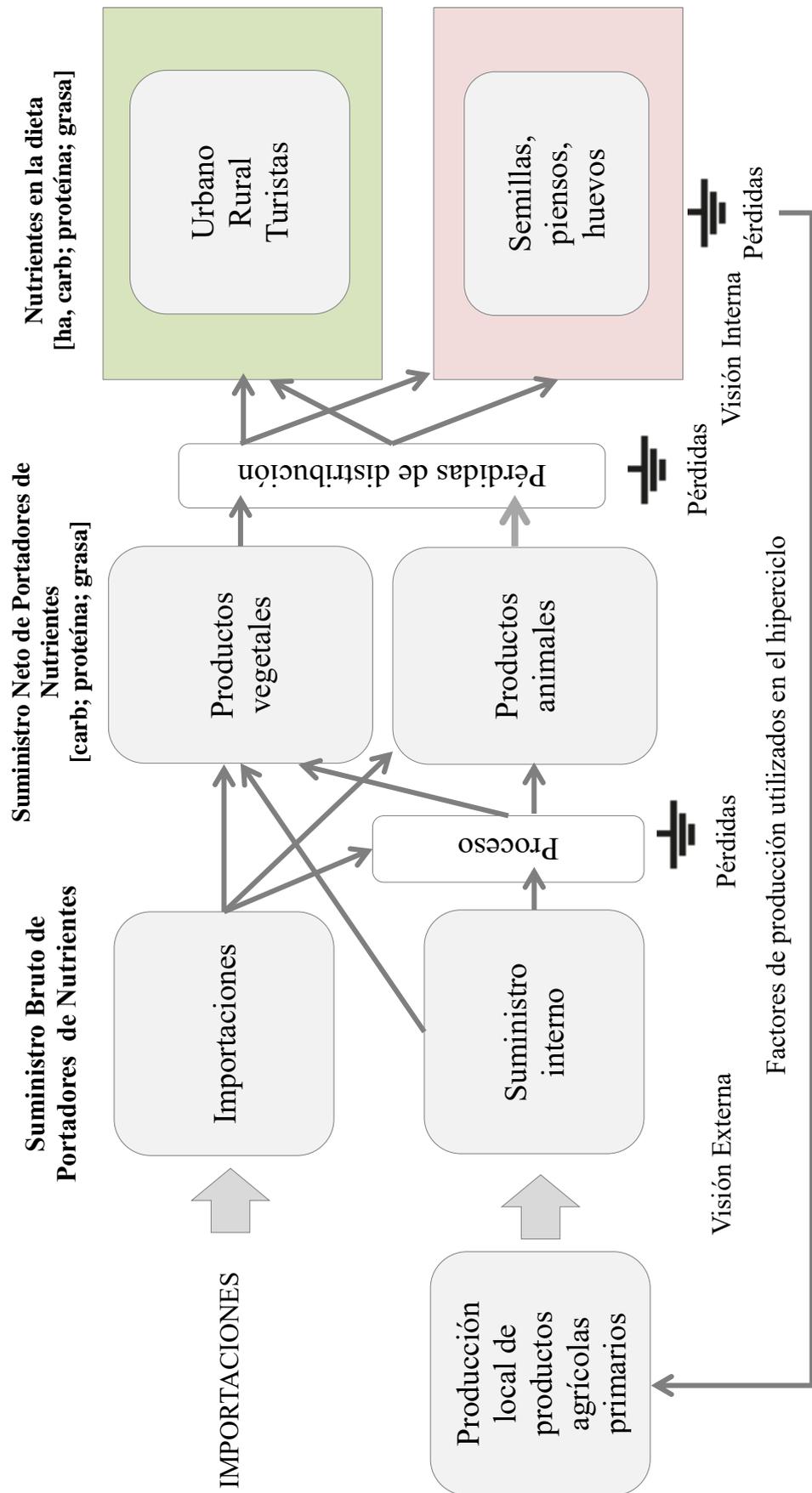


Figura 10. Ejemplo de la gramática de los alimentos. Fuente: Elaboración a partir de Giampietro et al., 2013.

2.4.5. Gramática de la Energía

La estructura básica de la gramática de la energía (energía exosomática) es similar a la de la gramática de los alimentos (energía endosomática). Así, la visión interna de la gramática de la energía se centra en las conversiones de diferentes tipos de portadores de energía exosomática (combustibles, calor y electricidad) en usos finales que tienen lugar dentro de la sociedad. Estas conversiones de energía reflejan las características específicas de los dispositivos exosomáticos (excavadoras, refrigeradores y automóviles) que realizan tareas específicas (como mover material, refrigerar alimentos y transportar pasajeros) a nivel local. Por otro lado, la visión externa se centra en las fuentes de energía primaria disponibles localmente y de las importaciones que se requieren para garantizar el suministro de energía a la sociedad. Las fuentes de energía primaria consisten en reservas de recursos energéticos biofísicos, como la energía de los combustibles fósiles y la proveniente del uranio, además de recursos renovables, tales como la energía solar, hidroeléctrica, eólica y biomasa. Las importaciones de energía se refieren a las fuentes de energía primaria, como el carbón y el crudo, o a los portadores de energía, como la electricidad o la gasolina (Giampietro et al., 2014).

La complejidad de los sistemas energéticos proviene del hecho de que las transformaciones de energía se rigen mediante bucles auto-catalíticos, esto quiere decir, que son sistemas que utilizan la energía que existe dentro del conjunto para generar la producción energética, muchas veces con relaciones no lineales entre ellos. Durante el proceso intervienen diferentes unidades físicas y energéticas, por lo que se requiere utilizar contabilidades distintas cuando se desea comparar la información dentro de los balances energéticos. Para resolver las diferencias a través del proceso energético, se adoptan usualmente tres percepciones no equivalentes para definir el rendimiento de un determinado conjunto de transformaciones de energía asociados con el metabolismo de una sociedad (Diaz-Maurin & Giampietro, 2013):

- Los flujos de energía primaria bruta: fuentes de energía primaria (PES, por sus siglas en inglés).
- El suministro neto de diferentes portadores energéticos (EC, por sus siglas en inglés).
- La especificación de las características de los usos finales a escala local (EU, por sus siglas en inglés).

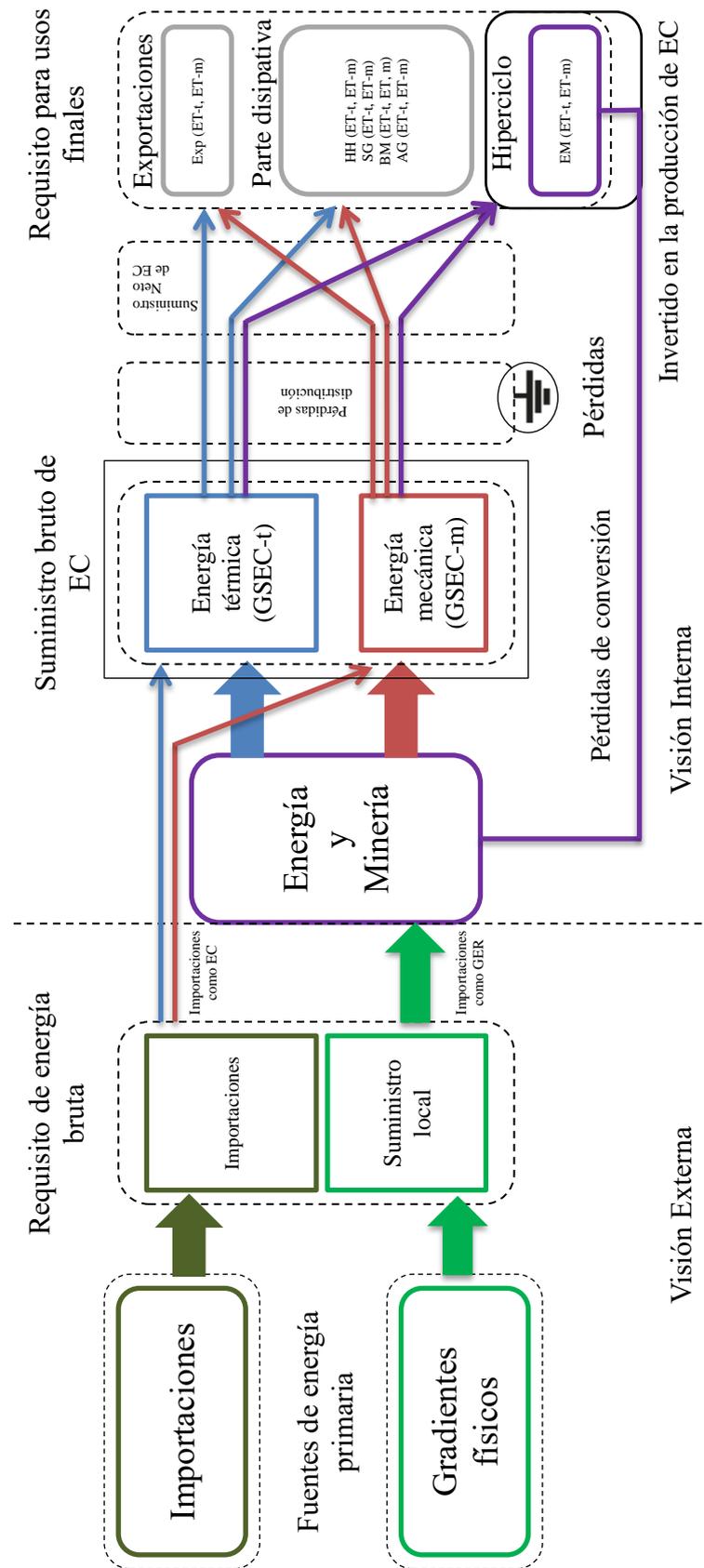


Figura 11. Ejemplo de la gramática de la energía. Fuente: Giampietro et al., 2014.

En la Figura 11 se describe un ejemplo de la aplicación de los conceptos (o gramática) utilizados durante las diferentes categorizaciones que se aplican durante el estudio del flujo o balance energético; se relacionan a través de múltiples escalas de análisis, desde el consumo inicial, hasta el uso final dentro de la sociedad.

Las unidades en las cuales deben expresarse las cantidades de las fuentes de energía primaria (PES) son las siguientes (Rodríguez Huerta, 2015):

- Para la electricidad: La producción se expresa en gigavatios-hora (GWh) y la capacidad de generación en megavatios (MW). Sin embargo, en el caso de una central eléctrica solar, también se puede reportar a partir de la superficie de los colectores solares (m^2), para el caso de una planta de biocarburantes, también se puede expresar la capacidad de la planta en toneladas/año.
- Para el calor: La producción se expresa en Tera julios (TJ).
- Para todos los demás flujos (oferta, transformación y usos finales en el sector energético) las unidades en las cuales se expresan las cantidades de los combustibles son Tera julios (TJ) excepto para el carbón vegetal y los biocombustibles líquidos que se pueden reportar por masa (en miles de toneladas).

Los portadores de energía (EC) pueden ser clasificados en tres tipos principales: combustibles, calor y electricidad. Considerando que parte de la energía se pierde durante la transformación que ocurre al pasar de fuentes de energía primaria (PES) hacia los portadores de energía (EC) (Giampietro, Sorman, & Gamboa, 2010):

- Combustibles: Son los derivados del petróleo crudo y de las fuentes de materias primas que entran en las refinerías, generan gasolina, diésel oil, gas licuado del petróleo (GLP), queroseno, entre otros.
- Calor: Para la obtención de fuentes de calor, se emplea los combustibles sólidos (como carbón, coque) y una parte de los derivados del petróleo, como el GLP, así como una parte de gas natural.
- Electricidad: La generación de electricidad se origina principalmente de las fuentes de PES que han sido desviados a las centrales térmicas, además de la producción mediante las centrales nucleares e hidroeléctricas. Así mismo, la

biomasa y los residuos industriales son contribuyentes predominantes a la producción de electricidad.

Las tres principales categorías de posibles formas de portadores de energía (electricidad, calor y combustibles) son canalizadas al último fin requerido (EU) por la sociedad, para satisfacer necesidades específicas (como iluminación, transporte, refrigeración, etc.), dirigiéndose hacia algún sector productivo o doméstico. El desglose de este último nivel socio-económico permitirá posteriormente analizar la viabilidad de los escenarios de la sociedad de cuánto es posible reducir el consumo de energía, manteniendo el mismo conjunto de funciones y actividades requerida por la sociedad (Giampietro et al., 2010).

La aplicación del modelo de flujo y fondo al consumo y generación energética, combina factores demográficos (total y población activa), factores económico (generación de valor añadido) e información biofísica (consumo de energía exosomática). De tal forma, que el paso inicial es obtener las relaciones entre la energía consumida por hora de trabajo para cada uno de los sectores (fondo) con el rendimiento de total de la energía (flujo). Esta información se desglosa en los niveles jerárquicos para generar un número de variables e indicadores que se puede utilizar para caracterizar el metabolismo de la energía exosomática del sistema y por lo tanto para la comparación con otras economías (Ramos-Martín et al., 2009).

En la Figura 12 se presenta el fundamento de la metodología MuSIASEM, donde se describe la distribución del tiempo para las distintas actividades productivas, así como del consumo energético para cada una de ellas. Adicionalmente, detalla la tasa de energía metabólica o patrón metabólico como la relación entre el rendimiento energético (PES) y el tiempo disponible de la sociedad para realizar sus actividades. Esto quiere decir, cuanta energía (MJ) se consume por cada hora de actividad humana en cada uno de los sectores productivos y no productivos (Rodríguez Huerta, 2015).

Las variables e indicadores iniciales de la metodología MuSIASEM se utilizan junto con la información geográfica para realizar los diferentes análisis; ya sea comparando las diferentes alternativas para implementar energías renovables, o bien para diferenciar el consumo de energía en cada región.

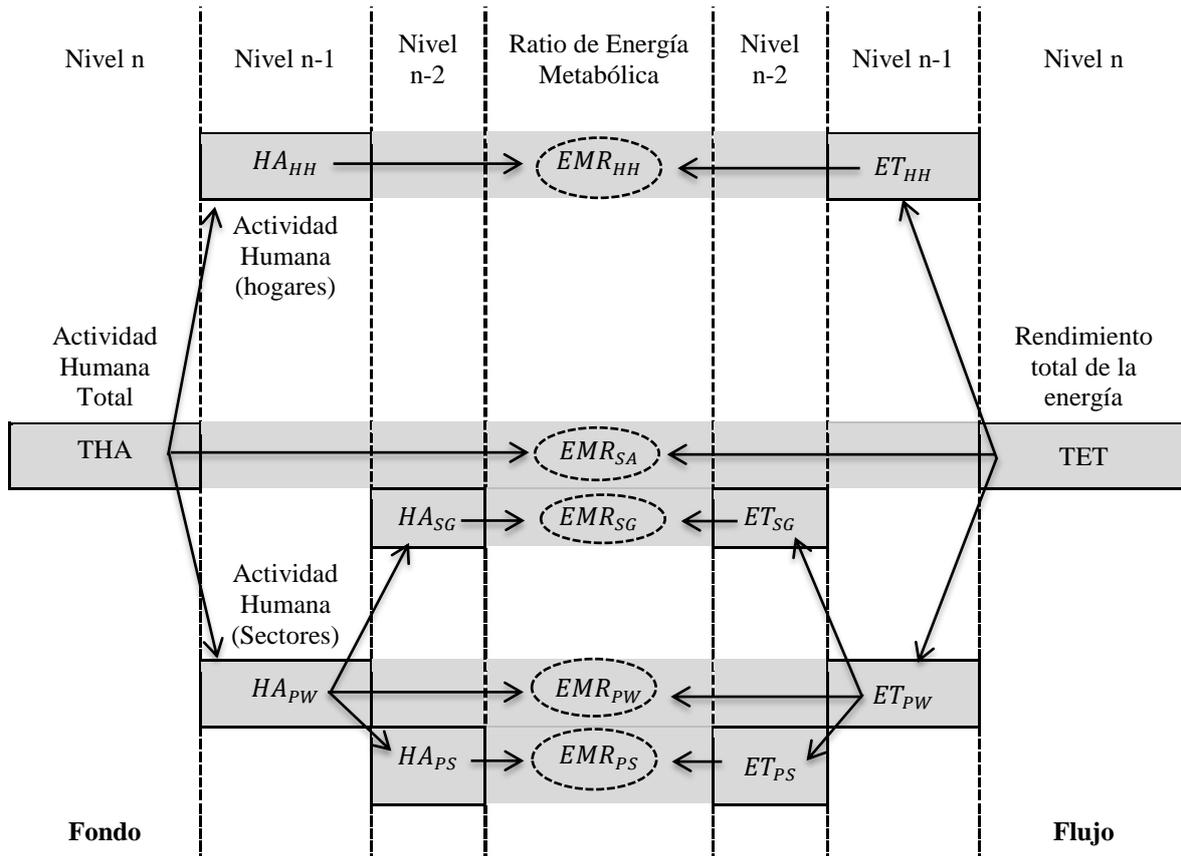


Figura 12. Patrón metabólico de la sociedad-ratio de energía metabólica por sector. **Fuente:** Sorman & Giampietro, 2013.

Estos indicadores incluyen: la intensidad energética (EI), la tasa metabólica exosomática (EMR), la productividad económica del trabajo (ELP) y la eficiencia energética de la producción. La tasa de metabolismo exosomático promedio de la sociedad [MJ/hr] se calcula de la siguiente manera y está relacionada con la energía consumida por hora humana disponible en la sociedad (Ginard-Bosch & Ramos-Martín, 2016):

$$EMR_{SA} = TET / THA \quad (11)$$

Tasa de metabolismo exosomático [MJ/hr], relacionada a la energía consumida por hora de trabajo en el sector i , se calcula de la siguiente manera (Ginard-Bosch & Ramos-Martín, 2016):

$$EMR_i = ET_i / HA_i \quad (12)$$

Intensidad energética [MJ/USD], que se refiere a la energía consumida por valor agregado, se obtiene con la siguiente ecuación (Ginard-Bosch & Ramos-Martín, 2016):

$$EI = TET / GDP \quad (13)$$

Finalmente, el valor agregado por unidad de energía consumida en el sector i , se calcula (Ginard-Bosch & Ramos-Martín, 2016):

$$ELP / EMR_i = GDP_i / ET_i \quad (14)$$

2.4.6. Gramática del Agua

La gramática del agua combina las distintas narrativas para el análisis del patrón metabólico del ecosistema y de la sociedad, incluyendo las diferentes definiciones de niveles jerárquicos de organización, compartimentos funcionales y categorías de contabilidad semántica. Dentro de la visión social, las definiciones se basan en criterios socioeconómicos (consumo de agua por hora de actividad humana y por hectárea de uso de tierra), dentro de la visión del ecosistema, sobre el papel del agua como un elemento de fondo (Giampietro et al., 2014).

Como es el caso de los otros elementos del nexo, lo que se necesita para una contabilidad integral del agua dentro de la metodología MuSIASEM, es realizar una gramática capaz de acomodar e integrar las percepciones no equivalentes del agua y las cuantificaciones correspondientes que son relevantes para el objetivo del análisis. El modelo de flujo-fondo satisface esta necesidad proporcionando una definición semánticamente abierta de elementos de fondo y flujo, en los cuales la descripción del papel de agua cambia con el nivel jerárquico y la escala de análisis. Por ejemplo, los lagos, los ríos o los acuíferos representan elementos estructurales del ecosistema, por lo tanto, los fondos ecológicos, mientras que los usos socioeconómicos del agua como el consumo, el riego y el enfriamiento representan flujos sociales. Esta distinción nos permite definir si se ha consumido o no una cantidad de agua en el patrón metabólico (Giampietro et al., 2014). Por lo tanto, de acuerdo con la lógica MuSIASEM, el agua puede representarse como un elemento de flujo o un elemento de fondo, dependiendo del nivel jerárquico y la escala espacial-temporal asociada utilizada en el análisis. Esto se verá reflejado en la “etiqueta” dada a la categoría utilizada para su contabilización:

agua que pertenece a un fondo ecológico, o agua que pertenece a un flujo de la sociedad. En la visión interna, en términos de los procesos que tienen lugar dentro de la sociedad y definiendo lo que la sociedad hace, el agua es percibida como un elemento de flujo (uso del agua por los seres humanos), mientras que en el exterior, en términos de procesos ecológicos a gran escala que definen la identidad del ecosistema, el agua se percibe como un fondo (Madrid, Cabello & Giampietro, 2013a).

En la Figura 13 se muestra la distinción entre elementos de flujo de la sociedad y elementos del fondo ecológico es extremadamente útil para conectar el uso del agua y el impacto ambiental. De hecho, al describir el agua como un elemento que es requerido simultáneamente por el patrón metabólico de las sociedades y por el patrón metabólico de los ecosistemas, proporcionamos un puente esencial entre las opiniones internas y externas en el análisis del Nexo.

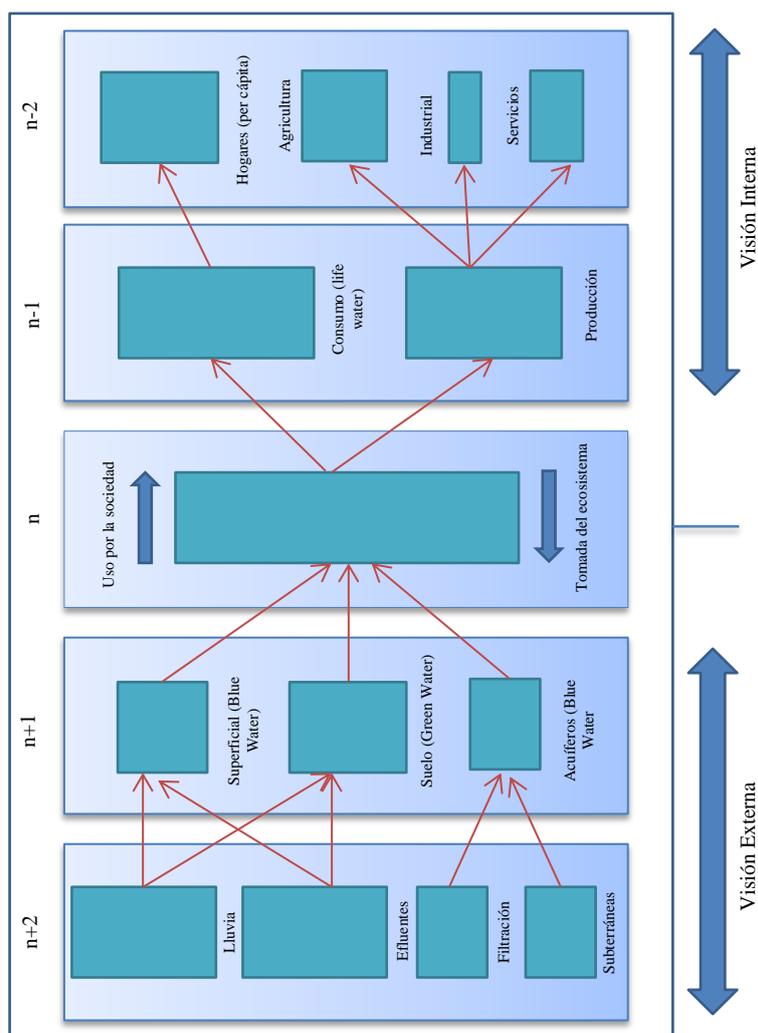


Figura 13. Niveles jerárquicos que establecen un vínculo entre las visiones externa e interna del metabolismo social del agua. **Fuente:** Madrid et al., 2013a.

El tamaño de los compartimentos sociales en los niveles inferiores de la metodología MuSIASEM, se definen por el tamaño de los elementos del fondo social, en particular la actividad humana y/o el uso de la tierra. Los flujos de agua en un compartimento dado de la sociedad se evalúan como producto de (Giampietro et al., 2014):

- Variables intensivas (relación flujo/fondo) por hora de actividad humana (tasa de uso del agua) o por hectárea de tierra gestionada (densidad de uso del agua).
- El tamaño del elemento de fondo que pertenece a ese compartimento (horas de mano de obra en una determinada actividad económica, cantidad de agua de evapotranspiración por hectáreas de cultivo por año).

2.5. Métodos Biplot Clásicos

Los Métodos Biplot (Gabriel, 1971) como toda técnica del Análisis Multivariante, tiene como objetivo representar la información contenida en una matriz de datos en un espacio de menor dimensión, generalmente un plano, con la menor pérdida de información.

Por lo tanto, los datos de partida para la construcción de un Biplot, están contenidos en una matriz que denominaremos \mathbf{X} de orden $(\mathbf{I} \times \mathbf{J})$ y de rango \mathbf{r} , en general las \mathbf{I} filas corresponden a los individuos y las \mathbf{J} columnas a las variables.

La fundamentación teórica de los Biplot Clásicos, se basa en la aproximación de la matriz de datos \mathbf{X} por una de menor rango \mathbf{q} , siendo $\mathbf{q} < \mathbf{r}$, a través de la Descomposición en Valores Singulares (DVS) de \mathbf{X} . Se realiza luego, una factorización en matrices de marcadores filas y de marcadores columnas de manera tal que el producto escalar entre los marcadores aproxime, lo mejor posible, los valores de \mathbf{X} . Si la matriz \mathbf{X} es de rango dos, es posible lograr una representación exacta sobre el plano, en otro caso se necesitarán tantos ejes como rango tenga \mathbf{X} , para lograr un ajuste perfecto. Cuando el rango de \mathbf{X} es mayor a dos, entonces la factorización Biplot garantiza la representación gráfica aproximada de dicha matriz.

2.5.1. Definición

Un Biplot para una matriz de datos \mathbf{X} ($\mathbf{I} \times \mathbf{J}$) es una representación gráfica mediante marcadores (vectores) a_1, a_2, \dots, a_I para las filas de \mathbf{X} y b_1, b_2, \dots, b_J para las columnas de \mathbf{X} , de forma tal que el producto interno aproxime el elemento x_{ij} de la matriz de partida lo mejor posible. Si consideramos los marcadores a_1, a_2, \dots, a_I como filas de una matriz \mathbf{A} y los marcadores b_1, b_2, \dots, b_J como filas de una matriz \mathbf{B} , entonces podemos escribir:

$$X \cong AB' \quad (15)$$

Tanto los marcadores a_i para las filas, como los marcadores b_j para las columnas estarán representados en un espacio de dimensión $q \leq r$, siendo q el número de ejes retenidos y r el rango de \mathbf{X} . La factorización Biplot garantiza la representación gráfica aproximada de la matriz, ya que cada x_{ij} puede reconstruirse de la siguiente forma:

$$x_{ij} = a_i' b_j \quad (i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J) \quad (16)$$

Expresión que constituye una forma bilineal obtenida al efectuar el producto interno de la fila \mathbf{i} de \mathbf{A} y la columna \mathbf{j} de \mathbf{B}' , admitiendo una representación gráfica a través de la proyección ortogonal de \mathbf{a}_i sobre \mathbf{b}_j y viceversa. Considerando la aproximación Biplot de los elementos de la matriz \mathbf{X} y aplicando la definición de producto escalar tenemos que:

$$x_{ij} = a_i' b_j = \|Poy(a_i/b_j)\|(\text{signo})\|b_j\| \quad (17)$$

Siendo:

$\|Poy(a_i/b_j)\|$ = longitud del segmento que va desde el origen de la representación hasta el punto a_i (longitud de la proyección de a_i sobre b_j).

$\|b_j\|$ = módulo de b_j (longitud del segmento que une al origen con el extremo del vector b_j).

O sea, x_{ij} es aproximadamente el módulo de la proyección de a_i sobre b_j multiplicado por la longitud de b_j , con el signo correspondiente.

La estructura de la matriz \mathbf{X} puede visualizarse representando los marcadores en un espacio euclídeo, usualmente de dos o tres dimensiones. En la Figura 14, se muestra la representación Biplot para una matriz \mathbf{X} de orden (7x4).

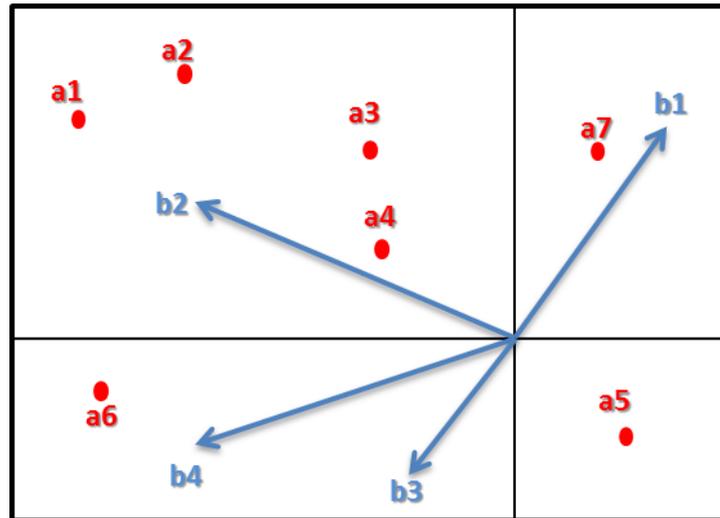


Figura 14. Representación Biplot de una matriz Y de orden (7x4). **Fuente:** Elaboración propia.

2.5.2. Obtención de marcadores

El objetivo es encontrar una matriz $X_{(q)} = A_{(q)}B_{(q)}'$ de rango q , que aproxime lo mejor posible a X , en el sentido de los mínimos cuadrados, es decir $X_{(q)}$ debe ser tal que minimice la siguiente expresión:

$$\sum_i \sum_j (x_{ij} - x_{(q)ij})^2 = \text{traza}[(X - X_{(q)})(X - X_{(q)})'] \quad (18)$$

para todas las matrices $X_{(q)}$ de rango q o menor.

El método más conocido para aproximar una matriz a bajo rango está basado en la DVS y Vectores Singulares de la matriz X (Eckart & Young, 1936):

$$X = UDV' \quad (19)$$

Siendo:

X (IxJ): la matriz de datos.

r es el rango de X ($r \leq \min(I, J)$).

U (Ixr): la matriz cuyas columnas contienen los vectores propios de XX' .

V (Jxr): la matriz cuyas columnas contienen los vectores propios de $X'X$.

D (rxr): es una matriz diagonal que contiene a los valores propios de X .

Debe cumplirse que $U'U=V'V=I$, es decir, las columnas de U y V son ortonormales, esta propiedad asegura la unicidad de la factorización.

Por lo tanto la mejor aproximación de X en rango q ($X_{(q)}$) es:

$$X_{(q)Ixp} = U_{(q)Ixq} D_{(q)qxq} V'_{(q)qxJ} = \sum_{k=1}^q \lambda_k u_k v_k' \quad (20)$$

Siendo:

$U_{(q)}$ y $V_{(q)}$ las matrices construidas con las q primeras columnas de U y V , respectivamente.

$D_{(q)}$ la matriz diagonal que contiene los q mayores valores propios distintos de cero de X (λ_k).

Por lo tanto:

$$X = AB' = UDV' \quad (21)$$

La selección de distintas factorizaciones conduce a distintos tipos de marcadores y por ende a distintos Biplots. La interpretación del Biplot siempre se realiza a partir de los productos escalares, independientemente de la factorización elegida. En el caso de la métrica identidad,

$$A = UD^{\gamma} \quad B = VD^{1-\gamma} \quad (22)$$

Las dos factorizaciones Biplot más importantes propuestas por Gabriel (1971) fueron denominadas: GH-Biplot y JK-Biplot. El GH-Biplot consigue una alta calidad en la representación de las columnas (variables), mientras que el JK-Biplot logra una alta calidad en la representación de las filas (individuos). Por lo tanto, la representación Biplot no es simultánea para ninguno de estos dos tipos de Biplots porque la bondad de ajuste no es la misma para las filas y para las columnas de la matriz de datos. En 1986 Galindo demuestra que con una conveniente elección de los marcadores es posible representar las filas y las columnas simultáneamente sobre un mismo sistema de coordenadas, con una alta calidad de representación tanto para las filas como para las columnas. A este tipo de Biplot se le denomina HJ-Biplot.

2.5.3. Propiedades de los marcadores

Las propiedades de los marcadores filas y columnas dependen del Biplot que sea elegido.

- GH-Biplot

$$\begin{aligned} X &= AB' = (UD^\gamma)(D^{1-\gamma}V') = (U)(DV') \\ A &= U \quad B = VD \end{aligned} \quad (23)$$

Como se trabaja con la métrica identidad en el espacio de las filas, A debe verificar que: $A'A=I$, luego

$$\begin{aligned} X'X &= (AB')'AB' = BA'AB' = BB' \\ X'X &= BB' \end{aligned} \quad (24)$$

Por lo tanto el GH-Biplot preserva la métrica euclídea usual entre las columnas pero no entre las filas, obteniéndose así para las columnas, una alta calidad de representación.

$$G = U \quad H = VD \quad (25)$$

Si se introduce un factor de escala, la matriz $[(1/n-1)X'X]$ coincide exactamente con la matriz de covarianzas y se designan los marcadores como:

$$A = \sqrt{n-1} U \quad B = \left(1/\sqrt{n-1}\right)(VD) \quad (26)$$

- JK-Biplot:

$$X = AB' = (UD)(V') \quad (27)$$

La elección de los marcadores es:

$$A = UD \quad B = V \quad (28)$$

En este tipo de Biplot se impone la métrica $B'B = I$ en el espacio de las filas de la matriz $X_{(I \times J)}$. Considerando el tipo de factorización y la métrica tenemos:

$$XX' = AB'(AB')' = AB'BA' = AA' \quad (29)$$

Luego:

$$\begin{aligned} XX' &= AA' \\ J &= UD \quad K = V \end{aligned} \tag{30}$$

El JK-Biplot preserva la métrica euclídea usual entre las filas pero no entre las columnas, obteniéndose alta calidad de representación para las filas.

- HJ-Biplot

El HJ-Biplot es una representación gráfica multivariante de marcadores fila y columna, elegidos de tal forma que, puedan superponerse en el mismo sistema de referencia con máxima calidad de representación; tiene como objetivo principal la interpretación simultánea de las relaciones entre individuos (filas) y variables (columnas) de la matriz de datos \mathbf{X} .

Los elementos de la matriz \mathbf{X} están centrados por filas y columnas, por lo que la métrica introducida en el espacio de las filas es equivalente a la inversa de la matriz de covarianzas entre variables, mientras que en el espacio de las columnas la métrica es equivalente a la inversa de la matriz de dispersión entre individuos.

$$X = UDV' \tag{31}$$

Se elige, la siguiente factorización:

$$\begin{aligned} A &= UD \quad B = VD \\ J &= UD \quad H = VD \end{aligned} \tag{32}$$

En el HJ- Biplot, la representación de filas y columnas de la tabla de datos es simétrica, se obtiene la misma calidad de representación tanto para los individuos (filas) como para las variables (columnas).

2.5.4. Calidad de representación

Si la matriz \mathbf{X} es de rango dos, es posible lograr una representación exacta sobre el plano, en otro caso se harán sólo aproximaciones de \mathbf{X} , y en esos casos, que es lo que sucede en la mayoría de las veces es importante evaluar la calidad de la representación.

- GH-Biplot

La calidad de representación global se calcula como el cociente entre la suma de cuadrados de $\mathbf{X}_{(q)}$ y la suma de cuadrados de los elementos de $\mathbf{X}_{(r)}$. Dado que la suma de cuadrados de \mathbf{X} es igual a la traza de $(\mathbf{X}'\mathbf{X})$, y como:

$$tr(X'X) = \sum_{k=1}^r \lambda_k = \sum_{k=1}^r \alpha_k^2 \quad (33)$$

Dónde α_k , son los q mayores valores singulares asociados a los λ_k valores propios de la matriz $X'X$ ($\alpha_1 \geq \alpha_2 \geq \dots \geq \alpha_q$).

Por lo que la calidad de representación global será igual a:

$$CRG = \left(\frac{\sum_{k=1}^q \alpha_k^2}{\sum_{k=1}^r \alpha_k^2} \right) \quad (34)$$

De donde la calidad de representación de las columnas será:

$$CRC = \left(\frac{\sum_{k=1}^q \alpha_k^4}{\sum_{k=1}^r \alpha_k^4} \right) \times 100 \quad (35)$$

Por lo tanto, la calidad de representación de las columnas de la matriz \mathbf{X} es óptima. La calidad de representación de las filas de la matriz \mathbf{X} es muy baja.

- JK-Biplot

La calidad de representación para las filas es óptima, en cambio para las columnas es baja.

- HJ-Biplot

Respecto a la calidad de representación, este Biplot posee una importante ventaja respecto a los anteriores, ya que las filas y columnas tienen ambas una calidad de representación óptima.

2.5.5. Geometría

Si se considera a cada vector fila o columna de la matriz \mathbf{X} como puntos \mathbf{n} o \mathbf{p} dimensionales en el espacio euclídeo, la aproximación Biplot a través del modelo de

regresión lineal, consistirá en realizar regresiones lineales simples para cada columna de la matriz \mathbf{X} a partir de las coordenadas de los individuos generadas a través del Análisis de Coordenadas Principales que están contenidas en la matriz \mathbf{Y} . Los coeficientes de regresión de cada variable coinciden con sus coordenadas en la representación Biplot y se calculan como:

$$b_j = (Y'Y)^{-1}Y'x_j \quad (36)$$

Los autores Vicente-Villardón, J.L.; Galindo-Villardón, M.P.; Blazquez-Zaballos en el 2006, describen la geometría del Biplot ajustado a través de modelos de regresión lineal, llamado \mathbf{L} al espacio generado por las columnas de \mathbf{Y} , y muestran que, sin pérdidas de generalidad, el ajuste de los puntos del plano tridimensional de la regresión forma una superficie de respuesta lineal a la que denominan \mathbf{H} . Así mismo, muestran que geoméricamente el conjunto de puntos de \mathbf{H} que predice un valor fijo de la variable \mathbf{x}_j , está dado por la intersección entre el plano normal al tercer eje para el valor particular de \mathbf{x}_j y el plano de regresión, y que para diferentes valores a predecir se obtienen rectas paralelas en el plano \mathbf{H} . Al eje de referencia que permite predecir los valores \mathbf{x}_j y que representan la dirección de \mathbf{H} normal a todas esas rectas paralelas en el plano de regresión se le denomina ξ_j . Los puntos en \mathbf{L} que predicen diversos valores de la variable, coeficientes de regresión de \mathbf{x}_j sobre \mathbf{y}_i , están también en líneas paralelas; la proyección de ξ_j sobre \mathbf{L} es normal a todas las líneas y se denomina eje Biplot β_j . Ver Figura 15.

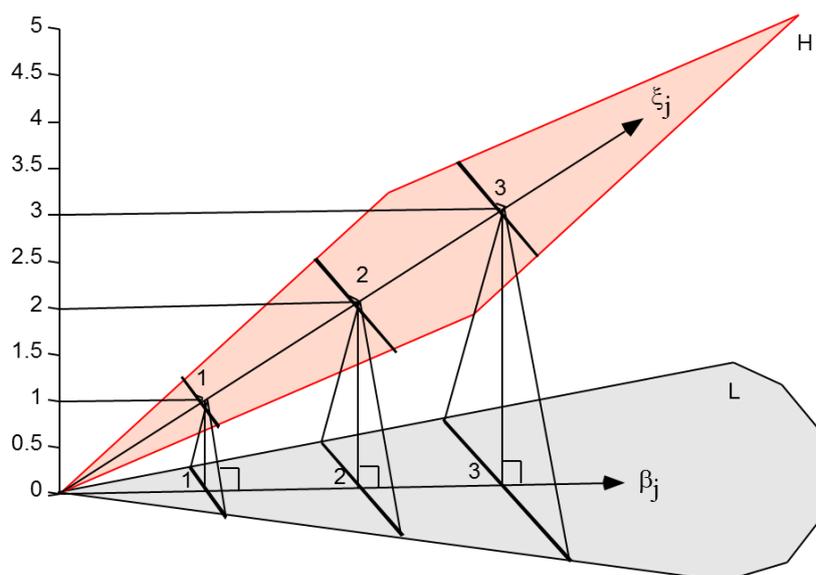


Figura 15. Geometría del Biplot ajustado a través de modelos de regresión lineal. **Fuente:** Vicente-Villardón, J.L.; Galindo-Villardón, M.P.; Blazquez-Zaballos, 2006.

La proyección de los marcadores filas sobre el eje Biplot $\beta_j = (b_{j1}, b_{j2})$ permite derivar el eje de predicción \mathbf{L} para diferentes puntos a través de interpolación. Es así que para encontrar un marcador β_j que permite predecir un valor fijo μ de la variable observada debemos encontrar un punto (x, y) que verifique:

$$y = \frac{b_{j2}}{b_{j1}}x \quad y \quad \mu = b_{j0} + b_{j1} + b_{j2}y \quad (37)$$

resolviendo el sistema para x e y , se obtiene:

$$x = \mu \frac{b_{j1}}{b_{j1}^2 + b_{j2}^2} \quad y = \mu \frac{b_{j2}}{b_{j1}^2 + b_{j2}^2} \quad (38)$$

y en forma general tenemos:

$$(x, y) = \mu \frac{b_j}{b'_j b} \quad (39)$$

Por lo que el marcador que permite predecir un valor fijo de la variable j -ésima viene dado por la razón entre las coordenadas del β_j y su longitud ajustada. La calidad de representación de cada variable se mide a través de los coeficientes de determinación R_j^2 derivados de cada regresión.

Las proyecciones de los marcadores fila sobre los marcadores columna permiten una ordenación de los individuos respecto a cada una de las variables consideradas en el ajuste.

En las representaciones Biplot, las filas de la matriz de marcadores filas y las columnas de la matriz de marcadores columna, son coordenadas de puntos en un espacio euclídeo referido a los mismos ejes ortogonales. Por lo tanto la interpretación geométrica está basada en conceptos geométricos simples, específicamente en la proyección sobre una representación plana, de las características principales de las filas y columnas de una cierta matriz \mathbf{X} (IxJ).

Los marcadores columnas, \mathbf{b}_j se representan como vectores. Los marcadores filas \mathbf{a}_i se representan con puntos. La dirección de los vectores columna \mathbf{b}_j , representa la dirección en la que aumentan los valores de la variable correspondiente, y las proyecciones de todos los puntos fila \mathbf{a}_i sobre un vector columna en particular, reproducen aproximadamente los elementos de la columna j -ésima en la matriz original,

permitiendo al mismo tiempo una ordenación aproximada de los individuos (filas) respecto a esa variable en particular. Figura 16.

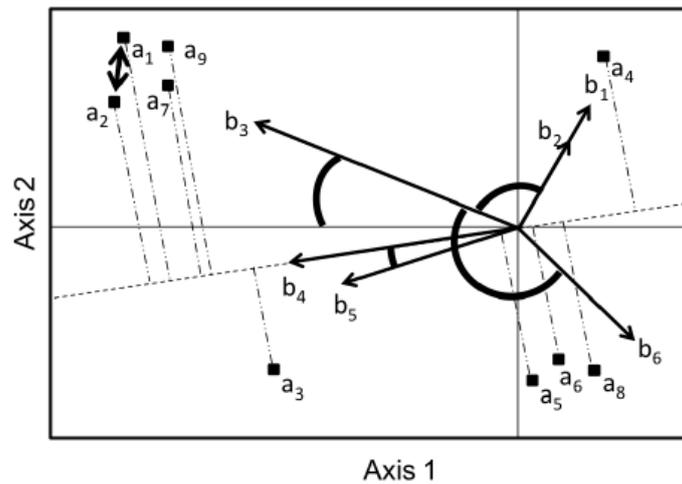


Figura 16. Representación Biplot de una matriz de 9 individuos y 6 variables. **Fuente:** Nieto, Galindo-Villardón, Leiva, & Vicente-Galindo, 2014.

2.6. Análisis de Componentes Principales Geográficamente Ponderadas (GWPCA)

El GWPCA (Fotheringham et al., 2002), así como el LWPCA, es una extensión del PCA global estándar cuando no se supone que la estructura de covarianza de los datos sea espacialmente constante (Harris et al., 2011). La idea es similar a la del Análisis de Regresión Geográficamente Ponderada (GWR) en comparación con una Regresión estándar (Fotheringham et al., 2002).

2.6.1. Análisis de Componentes Principales (PCA)

El Análisis de Componentes principales (PCA) consiste en encontrar transformaciones ortogonales de las variables originales para conseguir un nuevo conjunto de variables incorreladas, denominadas Componentes Principales, que se obtienen en orden decreciente de importancia. Las componentes son combinaciones lineales de las variables originales y se espera que, solo unas pocas (las primeras) recojan la mayor parte de la variabilidad de los datos, obteniéndose una reducción de la dimensión en los mismos. El propósito fundamental de la técnica consiste en la reducción de la dimensión de los datos con el fin de simplificar el problema en estudio (Vicente-Villardón, 2014).

Una aproximación diferente que produce los mismos resultados es la que trata de minimizar la suma de cuadrados de las distancias de cada punto a la componente, entendiendo que buscamos el sub-espacio, en dimensión reducida, que mejor se ajusta a la nube de puntos. El procedimiento de ajuste se basa en el método de los mínimos cuadrados (Pearson, 1901).

Sea \mathbf{X} una matriz rectangular de datos con \mathbf{n} filas y \mathbf{p} columnas, con un término general x_{ij} . Se supone que existe un vector columna \mathbf{y}_1 de \mathbf{n} componentes y un vector \mathbf{v}_1 de \mathbf{p} componentes donde se buscará una aproximación de rango \mathbf{q} para \mathbf{X} , es decir:

$$X = y_1 v_1^t + y_2 v_2^t + \dots + y_q v_q^t + E \quad (40)$$

Donde \mathbf{E} es una matriz residual con términos muy pequeños para que la reconstrucción de \mathbf{np} valores de \mathbf{X} sea satisfactoria. Se reconstruye \mathbf{X} con \mathbf{q} ($\mathbf{n}+\mathbf{p}$) valores de los vectores $u_{\cdot 1} v_{\cdot 1}^t$.

Se resolverá el problema mediante representaciones geométricas vinculadas a los métodos factoriales. \mathbf{X} dará lugar a dos representaciones; las \mathbf{n} filas pueden considerarse como \mathbf{n} puntos en un espacio de \mathbf{p} dimensiones $\mathbf{R}^{\mathbf{p}}$; y las \mathbf{p} columnas pueden representar las coordenadas de \mathbf{p} puntos en un espacio de \mathbf{n} dimensiones $\mathbf{R}^{\mathbf{n}}$.

- Ajuste por un subespacio vectorial en $\mathbf{R}^{\mathbf{p}}$

Si la nube de \mathbf{n} puntos que representan a las filas de la matriz \mathbf{X} está contenida en un subespacio de dimensión $\mathbf{q} < \mathbf{p}$ será posible reconstruir las posiciones de los \mathbf{n} puntos a partir de las coordenadas de \mathbf{q} nuevos ejes y de las componentes de estos nuevos ejes. Por lo tanto, para ajustar la nube de \mathbf{n} puntos por un subespacio vectorial de $\mathbf{R}^{\mathbf{p}}$ dotado de la distancia euclídea ordinaria; se buscará la recta \mathbf{F}_1 que pasa por el origen y se ajusta lo mejor posible a la nube. Sea \mathbf{v} un vector unitario de esa recta, es decir, $\mathbf{v}^t \mathbf{v} = 1$, como cada fila de \mathbf{X} representa un punto de $\mathbf{R}^{\mathbf{p}}$, las \mathbf{n} filas de vector $\mathbf{X}\mathbf{v}$ son las \mathbf{n} longitudes de las proyecciones de los puntos de la nube sobre \mathbf{F}_1 .

Para cada punto, el cuadrado de la distancia al origen se descompone en el cuadrado de su proyección sobre \mathbf{F}_1 y el cuadrado de su distancia a \mathbf{F}_1 . Como las distancias al origen están fijadas, minimizar la suma de cuadrados de las distancias a \mathbf{F}_1 es equivalente a maximizar la suma de cuadrados de las proyecciones. Se busca \mathbf{v} que haga la máxima cantidad:

$$(Xv)^t Xv = v^t X^t Xv \quad (41)$$

Con la restricción $v^t v = 1$. El sub-espacio resultante se designará por v_1 .

El subespacio vectorial de dos dimensiones que mejor se ajusta a la nube de puntos contendrá a v_1 . Se hallará buscando el vector unitario v_2 ortogonal respecto a v_1 que haga máxima la forma cuadrática:

$$v_2^t X^t X v_2 \quad \text{con las restricciones} \quad v_2^t v_1 = 0; v_2^t v_2 = 1 \quad (42)$$

Así sucesivamente se buscará el sub-espacio generado por q vectores v_1, v_2, \dots, v_q (ortogonales dos a dos) que mejor se ajustan a la nube de puntos.

- Cálculo del máximo

Sea λ un multiplicador de Lagrange. Se deriva la cantidad $v^t X^t X v - \lambda(v^t v - 1)$ con respecto a las componentes de v y se obtiene:

$$2X^t X v - 2\lambda v = 0 \quad (43)$$

Es decir,

$$X^t X v = \lambda v \quad (44)$$

Entonces, v_1 es un vector propio de la matriz $X^t X$ de valor propio λ . Concretamente el mayor valor propio. Puede observarse que, v_1, v_2, \dots, v_q son vectores propios de $X^t X$ asociados a valores propios $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_q$ respectivamente. La matriz $X^t X$ es semidefinida positiva por lo que todos los valores propios son mayores que cero.

Es posible otra interpretación en términos de variabilidad, si los datos están centrados, la matriz $X^t X$, salvo un factor de escala dependiente del tamaño muestral, coincide con la matriz de varianzas-covarianzas entre las variables:

$$S = (1/n)X^t X \quad (45)$$

Dado un vector v en \mathbf{R}^p , la varianza de las proyecciones sobre Xv , es $v^t S v$.

Si se busca el vector \mathbf{v} unitario en aquella dirección con máxima varianza se trata de hacer máxima la cantidad $v^t S v$ con la restricción $v^t v = 1$. El sub-espacio resultante se designará por \mathbf{v}_1 .

Sea μ un multiplicador de Lagrange. Se deriva la cantidad $v^t S v - \mu(v^t v - 1)$ con respecto a las componentes de \mathbf{u} y se obtiene:

$$2Sv - 2\mu v = 0 \quad \text{es decir,} \quad Sv = \mu v \quad (46)$$

Entonces, \mathbf{v}_1 es un vector propio de la matriz $\mathbf{X}^t \mathbf{X}$ de valor propio $\mu = \lambda/n$.

Luego la dirección buscada es la que maximiza la varianza y es, por tanto, la dirección en la que pueden examinarse las diferencias entre los individuos con pérdida de información mínima. Los vectores directores de los \mathbf{q} nuevos ejes se obtienen a partir de la descomposición en valores y vectores propios de \mathbf{S} (o $\mathbf{X}^t \mathbf{X}$) en la forma:

$$S = V D V^t \quad (47)$$

Y se corresponden con las \mathbf{q} primeras columnas de la matriz de vectores propios \mathbf{V} .

Las coordenadas de los individuos en el espacio generado por las \mathbf{q} primeras componentes principales, es decir, las proyecciones de los puntos en el espacio original sobre el subespacio de las componentes principales, son:

$$Y = X V_{(q)} \quad (48)$$

Donde el subíndice (q) significa las \mathbf{q} primeras columnas.

Las componentes principales son nuevas variables, una combinación lineal de las variables originales, con varianza progresivamente decreciente.

2.6.2. Análisis de Componentes Principales Localmente Ponderadas (LWPCA)

El LWPCA proporciona una progresión natural hacia el GWPCA, ya que ambos métodos son similares en diseño. Como sucede con la regresión localmente ponderada y regresión ponderada geográficamente. Además, al igual que la regresión localmente ponderada, el LWPCA puede utilizarse para problemas geográficos cuando los datos de coordenadas geográficas se utilizan como atributos (o covariables) (Harris et al., 2011).

Para el LWPCA, se asume la homogeneidad de la estructura de covarianza (o correlación) para aquellas observaciones cercanas entre sí en el espacio atributo (attribute-space). Debido al efecto de la correlación inter-variable sobre la ortogonalidad de los datos brutos, las distancias entre observaciones pueden medirse usando la distancia de Mahalanobis \mathbf{D}_M , como sigue:

$$D_M(x_1, x_2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^T S^{-1} (x_1 - x_2)} \quad (49)$$

Donde \mathbf{x}_1 y \mathbf{x}_2 son vectores para dos observaciones y \mathbf{S} es la matriz de varianza-covarianza. Se puede extraer un conjunto de componentes principales (locales) para cada observación en \mathbf{X} , utilizando: a) las observaciones más cercanas dentro de una distancia de Mahalanobis τ o b) las k observaciones más cercanas, como el conjunto de datos de calibración (local).

El ancho de banda (o parámetro de control) (bandwidth), τ o k , se denomina fijo (por distancia) o adaptativo (distancia variable), respectivamente. En cualquiera de las dos formas, el ancho de banda puede ser: a) suministrado por el analista o b) estimado a partir de los datos. Independientemente de la forma del ancho de banda especificado, la estructura del LWPCA es:

$$V_i D_i V_i^T = S_i \quad (50)$$

Con respecto a la observación local \mathbf{i} , habrá \mathbf{n} conjuntos de vectores propios y sus valores propios asociados. Las puntuaciones de la observación \mathbf{i} sobre las variables \mathbf{p} son las correspondientes a la i -ésima fila de la matriz $\mathbf{X}_i \mathbf{V}_i$. Se ha descrito LWPCA en su forma más simple, una descripción más generalizada de LWPCA es posible cuando se especifica cualquier función de Kernel para la elección del ancho de banda. Ver Tabla 2.

Tabla 2

Funciones Kernel (Gollini, Lu, Charlton, Brunson, & Harris, 2015).

Seis Funciones de Kernel para w_{ij}	
Modelo Global	$w_{ij} = 1$
Guassiano	$w_{ij} = \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right)$

Continuación de Tabla 2.

Seis Funciones de Kernel para w_{ij}	
Modelo Global	$w_{ij} = 1$
Guassiano	$w_{ij} = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right)$
Exponencial	$w_{ij} = \exp\left(-\frac{ d_{ij} }{h}\right)$
Box-car	$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } d_{ij} < h, \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$
Bi-square	$w_{ij} = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^2\right)^2 & \text{if } d_{ij} < h, \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$
Tri-cube	$w_{ij} = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{h}\right)^3\right)^3 & \text{if } d_{ij} < h, \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

Nota: w_{ij} es j-ésimo elemento de la diagonal de la matriz de pesos geográficos, \mathbf{d} la distancia entre dos ubicaciones y \mathbf{h} un parámetro de ancho de banda.

2.6.3. Análisis de Componentes Principales Geográficamente Ponderadas (GWPCA)

Se asuma la normalidad para el PCA, el LWPCA y el GWPCA. Para PCA esta escala operacional es global; mientras que para el LWPCA es local en el espacio de atributos; y para GWPCA es local en el espacio geográfico. Por lo tanto, para el GWPCA, se supone que un vector de las variables observadas \mathbf{x}_i en la localización espacial \mathbf{i} tienen una distribución normal, con vector de media $\boldsymbol{\mu}$ y matriz de covarianza-varianza $\boldsymbol{\Sigma}$, es decir, $x_i \sim N(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma})$. Además, si la localización espacial \mathbf{i} tiene coordenadas geográficas (a, b) , entonces el PCA con ponderación geográfica implica el vector \mathbf{x}_i como condicional en a y b , y haciendo $\boldsymbol{\mu}$ y $\boldsymbol{\Sigma}$ funciones de \mathbf{a} y \mathbf{b} :

$$X_i|(a, b) \sim N(\boldsymbol{\mu}(a, b), \boldsymbol{\Sigma}(a, b)) \quad (51)$$

Como $\boldsymbol{\mu}$ y $\boldsymbol{\Sigma}$ son funciones de \mathbf{a} y \mathbf{b} , esto implica que cada elemento de $\mu(a, b)$ y $\Sigma(a, b)$ son también una función de \mathbf{a} y \mathbf{b} . Por lo tanto, los momentos $\mu(a, b)$ y $\Sigma(a, b)$ son el vector de media ponderado geográficamente (GW) y la matriz de varianza-covarianza ponderada geográficamente (GW), respectivamente. Para obtener las GW componentes principales, la descomposición de la matriz de GW varianza-covarianza proporciona los GW valores propios y los GW vectores propios. El producto de la i -ésima fila de la matriz de datos con los GW vectores propios para la i -ésima ubicación, proporciona la i -ésima fila de puntuaciones de las GW componentes. La GW matriz de varianza-covarianza es:

$$\Sigma(a, b) = X^T W(a, b) X \quad (52)$$

Donde $W(a, b)$ es una matriz diagonal de pesos geográficos que se pueden generar usando las funciones de Kernel.

El GWPCA para la ubicación (a_i, b_i) se pueden escribir como:

$$VDV^T|(a_i, b_i) = \Sigma(a_i, b_i) \quad (53)$$

- Ancho de banda (bandwidth)

Un desafío importante en el GWPCA y el LWPCA, es la estimación del ancho de banda (Harris et al., 2011). La especificación del ancho de banda es un problema que aún no se ha resuelto, no sólo en el GWPCA, sino también en otros métodos matemáticos relacionados con estimaciones locales, como GWR (Fotheringham et al., 2002). En Harris et al. (2011), para obtener el ancho de banda, se utiliza la selección automática de validación cruzada (cross-validation) basado en las aproximaciones obtenidas con las primeras \mathbf{q} componentes principales. La información en la matriz \mathbf{X} puede ser aproximada por un pequeño número de componentes principales, \mathbf{q} , donde $\mathbf{q} < \mathbf{p}$, mientras se siga explicando la mayor parte de la varianza en los datos; es decir, cuando \mathbf{D} tiene un número pequeño de valores propios grandes y muchos valores propios pequeños.

Denotando \mathbf{P}_q como la matriz que contiene las primeras \mathbf{q} columnas de \mathbf{P} , entonces las puntuaciones correspondientes son dadas por $Z_q = XP_q$ y la proporción de la varianza total explicada es:

$$\sum_{i=1}^q \lambda_i / \text{traza}(D) \quad (54)$$

Por lo tanto, la aproximación de \mathbf{X} está dada por:

$$\hat{X} = X P_q P_q^t \quad (55)$$

En un contexto de GWPCA, el ancho de banda h se puede seleccionar mediante la validación cruzada (cross-validation), que es minimizar:

$$CV(h) = \sum_{i=1}^n \|x_i - \hat{x}_i^{(-i)}\| \quad (56)$$

Donde $\|\cdot\|$ representa la distancia euclídea,

$$\hat{X}_i^{(-i)} = \hat{P}_{q,(-i)}(s_i) \hat{P}_{q,(-i)}^t(s_i) x_i \quad (57)$$

siendo $\hat{P}_{q,(-i)}(s_i)$ la matriz que contiene las primeras q columnas de $\hat{P}(s_i)$ dejando fuera los datos de la muestra i (s_i, x_i).

Hay que tener en cuenta que para utilizar este método se tiene que elegir a priori el número (q) de las componentes principales a retener. Por lo tanto, el procedimiento se puede utilizar como un selector exploratorio, o un punto de partida razonable para ayudarnos a seleccionar el ancho de banda. Todavía se necesitan más investigaciones para establecer la selección adecuada del parámetro de ancho de banda (Roca-Pardiñas, Ordóñez, Cotos-Yáñez & Pérez-Álvarez, 2017).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Caso de estudio: Ecuador

El Ecuador es un Estado constitucional de derechos y justicia, social, democrático, soberano, independiente, unitario, intercultural, plurinacional y laico. Se organiza en forma de república y se gobierna de manera descentralizada. La soberanía radica en el pueblo, cuya voluntad es el fundamento de la autoridad, y se ejerce a través de los órganos del poder público y de las formas de participación directa previstas en la Constitución (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador, 2008).

La República del Ecuador se encuentra situada en América del Sur, al noroeste, latitud 0° 00'. Es ribereño del Océano Pacífico y tiene una superficie de 281 341 km². Limita con Colombia, al norte; con Perú al sur y este; y con el Océano Pacífico al oeste. Según la constitución de 2008 es una república unitaria y centralizada.

El país está organizado territorialmente en: 4 regiones, 24 provincias, 221 cantones, 1 500 parroquias y 2 distritos metropolitanos (Quito y Guayaquil). Las 24 provincias ubicadas en las 4 regiones son:

- En la sierra: Carchi, Imbabura, Pichincha (donde se encuentra la capital Quito) Cotopaxi, Bolívar, Tungurahua, Chimborazo, Santo Domingo de los Tsáchilas, Cañar, Azuay y Loja.
- En la costa: Esmeraldas, Manabí, Santa Elena, Los Ríos, Guayas (con su capital Guayaquil, el puerto más importantes del país) y El Oro.
- En la Amazonía: Sucumbíos, Napo, Orellana, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe.
- Y la insular Galápagos.

La Constitución del Ecuador determina la organización político-administrativa del territorio del país, para lo que establece diferentes niveles administrativos, a los que denomina nivel de gobierno. Existen seis niveles de gobierno diferentes: Gobierno Central, Gobiernos Regionales Autónomos, Gobiernos Provinciales, Gobiernos Municipales o Cantonales, Gobiernos Parroquiales, y Distritos Metropolitanos

Autónomos. Cada uno de los niveles de gobierno tiene competencias claramente establecidas.



Figura 17. Mapa político del Ecuador, escala 1:1 000 000. Fuente: Instituto Geográfico Militar, 2009.

La orografía de Ecuador es muy variada, destacando la Cordillera de los Andes, que lo atraviesa de norte a sur formando dos cadenas paralelas, las cordilleras oriental y occidental. Entre las grandes alturas de los Andes ecuatorianos figuran, entre otras, el volcán Chimborazo (6.310 m), el pico más alto del país, el Cotopaxi (5.897 m), el Cayambe (5.790 m) y el Antisana (5.704 m). Los Andes dividen el país en tres regiones bien diferenciadas: 1) la llanura costera o Costa, de tierras bajas y llanas que está salpicada de islas, destacando la de Puná en el centro de la bahía de Guayaquil; 2) las montañas andinas o Sierra; y 3) la selva amazónica u Oriente. Existe una cuarta región, las Islas Galápagos, un grupo de 13 islas volcánicas situadas en el Océano Pacífico a unos 1.120 Km. de la costa. Los ríos más importantes son el Esmeraldas y el Guayas en la región occidental, que desembocan en el Océano Pacífico, y los ríos Aguarico, Napo, Tigre y Coca en la zona oriental, que desembocan en el río Amazonas.

3.1.1. Población

Tiene una población de 14 483 499 habitantes, según el último censo poblacional del 2010, con una esperanza de vida al nacer de 76.1 años y una densidad de población de 66 hab./km². Tiene una relación hombres/mujeres prácticamente equilibrada y 71.9 % de la población es mestiza.



Figura 18. Población total y tasa de crecimiento de Ecuador. **Fuente:** Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010.

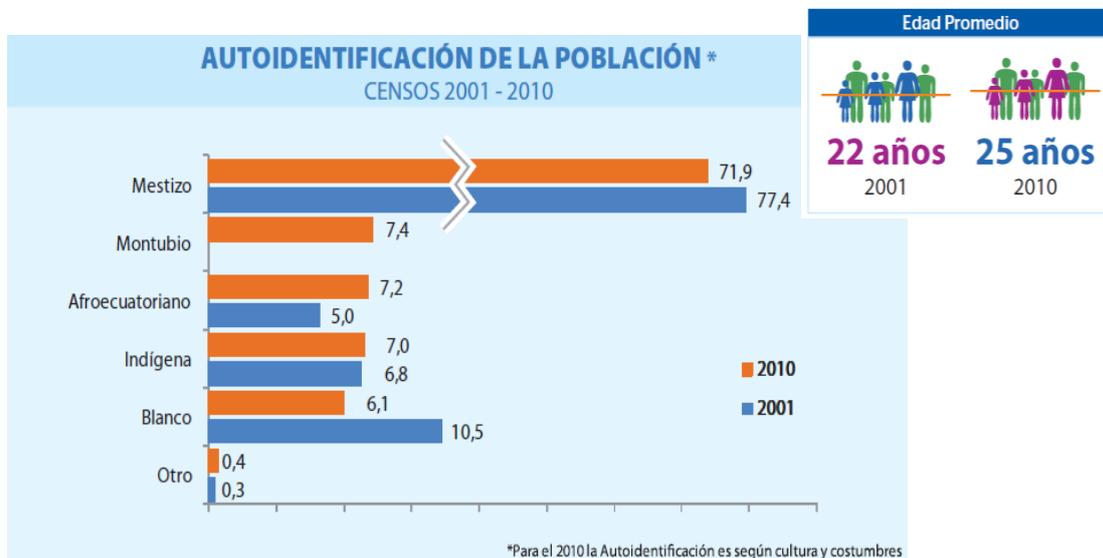


Figura 19. Tipo de población en Ecuador. **Fuente:** Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010.

Los cambios en la estructura por edades de la población son una consecuencia inevitable de la transición demográfica. Según la pirámide poblacional de Ecuador, la población entre 0 a 10 años experimenta una reducción a lo largo del tiempo y representa un porcentaje cada vez menor de la población total, a diferencia de la

población entre 15 a 25 años y cada vez más representa un porcentaje mayor de la población total. Ver Figura 20.

A medida que la proporción de la población en edad de trabajar crece con respecto a la participación de la población dependiente (niños y adultos mayores) se crea una estructura de edad potencialmente favorable para el crecimiento económico, lo que se conoce como bono o dividendo demográfico. Para Ecuador, será muy importante la inversión que se realice con este dividendo, sobre todo en formación de capital, promoción del empleo, educación y salud de los jóvenes quienes serán los trabajadores del mañana (Rosero Bixby, 2013).

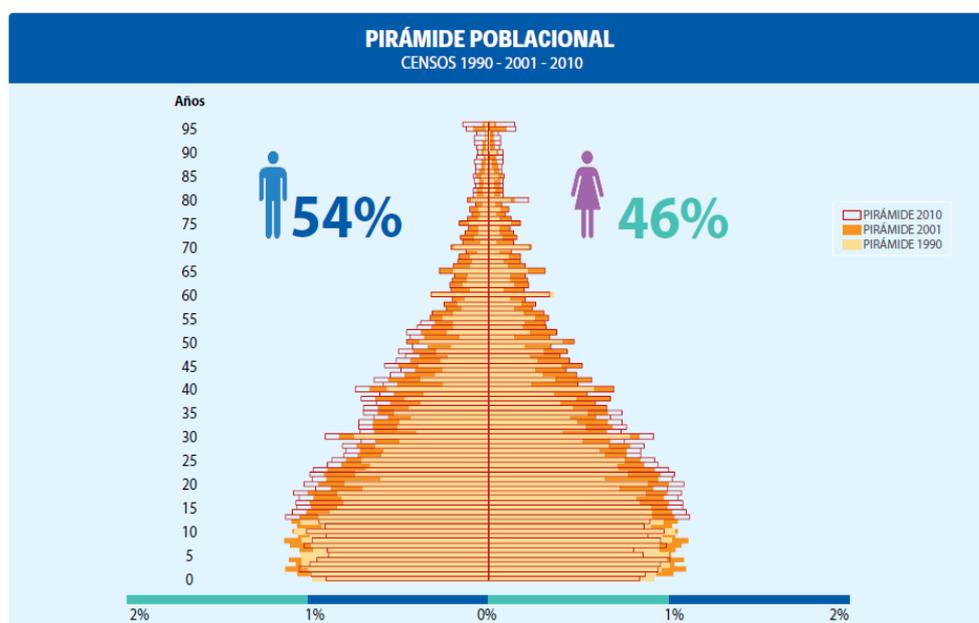


Figura 20. Pirámide Poblacional. *Fuente:* Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010.

La Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU) de Ecuador, define como Población Económicamente Activa (PEA) a las personas de 15 años y más que trabajaron al menos 1 hora en la semana de referencia o aunque no trabajaron, tuvieron trabajo (empleados); y personas que no tenían empleo pero estaban disponibles para trabajar y buscan empleo (desempleados) y como Población Económicamente Inactiva (PEI) a las personas de 15 años y más que no están empleadas, tampoco buscan trabajo y no estaban disponibles para trabajar. Típicamente las categorías de inactividad son: rentista, jubilados, estudiantes, amas de casa, entre otros (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2017).

Según la última Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU) realizada en junio del 2017, en Ecuador a nivel nacional, el 70.8 % de la población está en edad de trabajar, de la población en edad de trabajar el 68.7 % se encuentra económicamente activa y de la población económicamente activa, el 95.5 % son personas con empleo, siendo la rama de actividad de Agricultura, ganadería, caza y silvicultura y pesca en la que se concentra la mayor participación en el empleo. (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2017). Ver

Figura 21 y Figura 22.

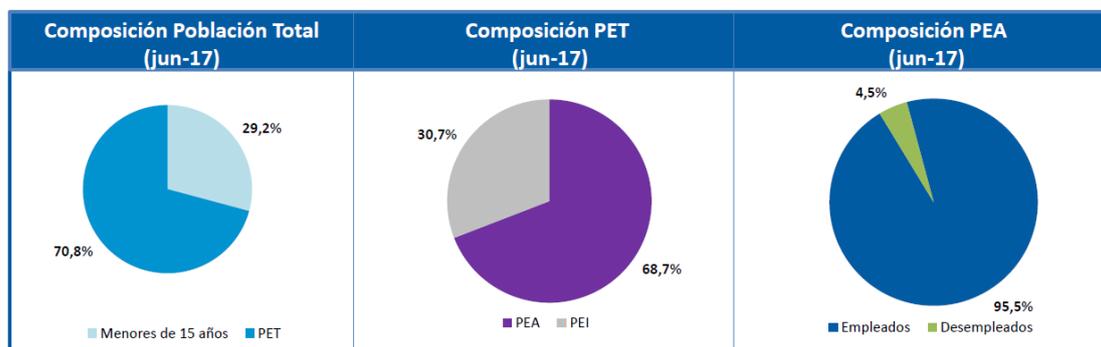


Figura 21. Población en edad de trabajar (PET) y población económicamente activa (PEA).

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2017.

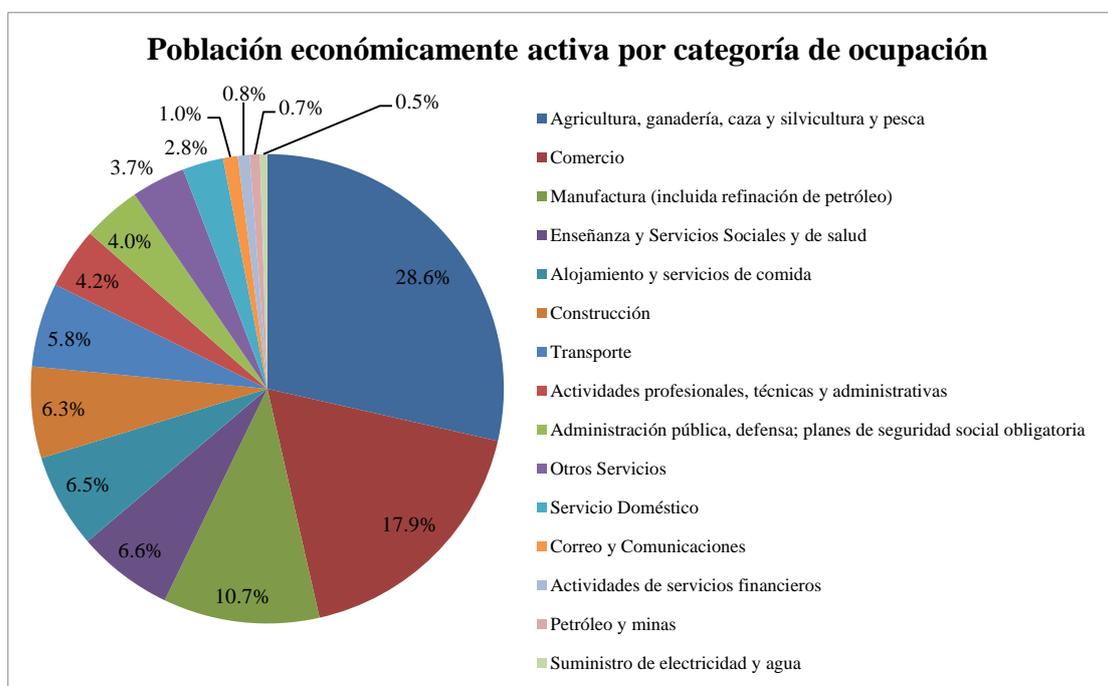


Figura 22. Composición de los empleados por rama de actividad. Fuente: Elaboración propia a partir de Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2017.

3.1.2 Economía

Desde 1970 el modelo económico del país ha estado impulsado por la explotación de los hidrocarburos, lo cual ha generado una dependencia excesiva en el presupuesto del estado de los ingresos provenientes del petróleo. La economía ecuatoriana, según el Banco Central, es relativamente pequeña, exportadora de materias primas, altamente sensible del entorno internacional y fuertemente inequitativa (CEPAL, 2011).

El Producto Interno Bruto (PIB), para el 2016 fue de 97.802 mil millones de USD (Banco Mundial, 2017b). Entre 2006 y 2014, Ecuador experimentó un crecimiento promedio del PIB de 4,3% impulsado por los altos precios del petróleo e importantes flujos de financiamiento externo al sector público. Esto permitió un mayor gasto público, incluyendo la expansión del gasto social e inversiones emblemáticas en los sectores de energía y transporte. Sin embargo, estos logros entran en riesgo debido a los bajos precios del petróleo y la apreciación del dólar. Contexto que fue agravado por un terremoto que afectó la zona costera noroccidental del país el 16 en abril de 2016. Entre 2014 y 2016, el desempleo urbano aumentó de 4,5% a 6,5% y el subempleo urbano aumentó de 11,7% a 18,8% (Banco Mundial, 2017a). Ver Figura 23.

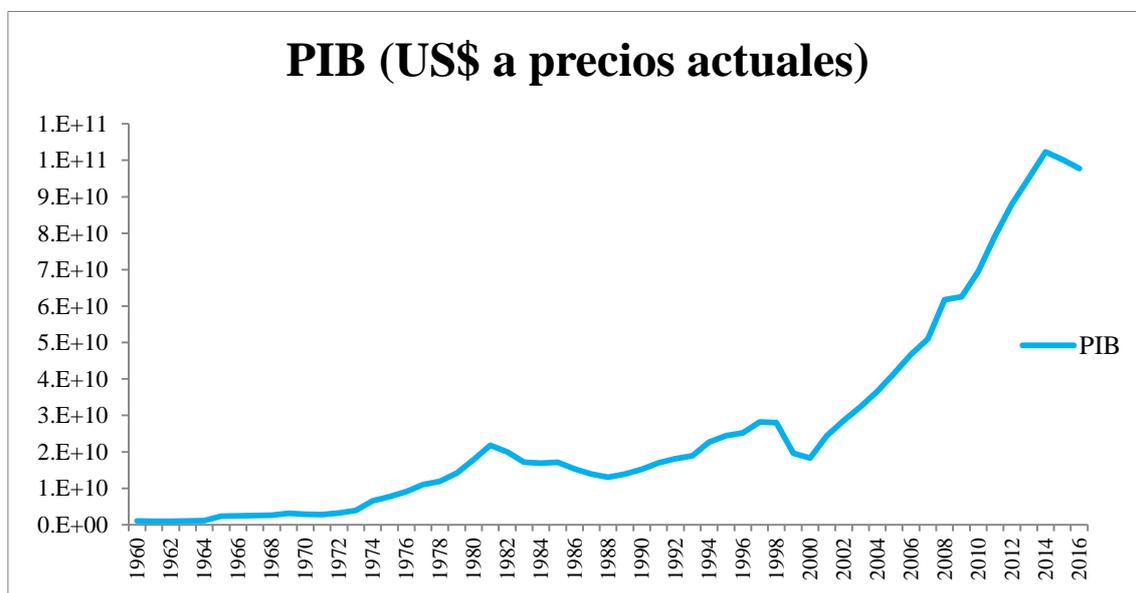
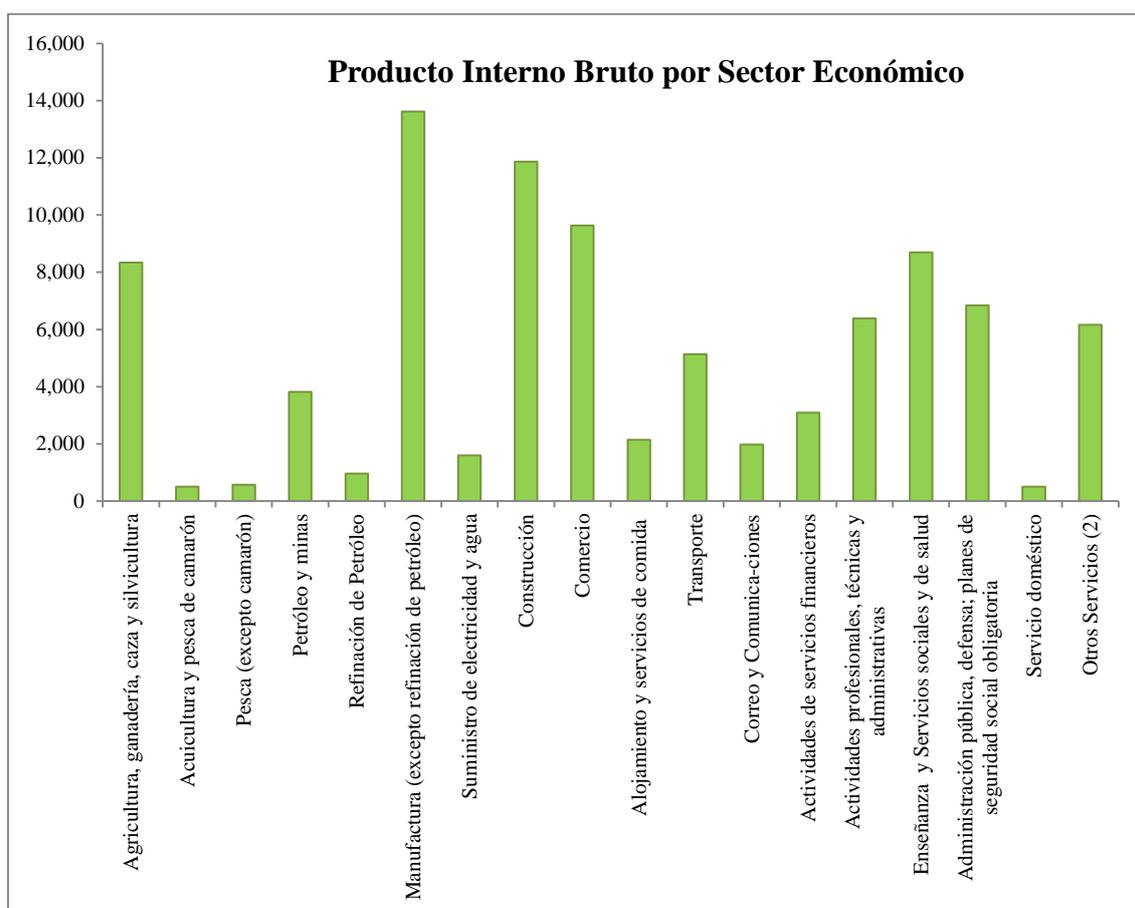


Figura 23. Producto Interno Bruto de Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Banco Mundial, 2017b.

Tras años de crecimiento acelerado el Producto Interno Bruto (PIB), Ecuador en el 2015 cerró el año con un leve aumento de 0.3% de su PIB. Esta situación de mayor vulnerabilidad económica la están sufriendo la mayor parte de los países de América Latina exportadores de materias primas y que comparten la característica estructural de

contar con el problema de la restricción externa. Es evidente que entre las causas prevalecen dos variables externas, por un lado la caída del precio del petróleo, y por otro, la fuerte apreciación del dólar (Martín-carrillo & Converti, 2016).

Los mayores valores de PIB, en el 2016, se canalizaron hacia la industria manufacturera (excepto refinación de petróleo), construcción, comercio, construcción, enseñanza y servicios sociales y de salud; y agricultura, silvicultura, caza y pesca. Ver Figura 24.



⁽²⁾Incluye: Actividades inmobiliarias y Entretenimiento, recreación y otras actividades de servicios.

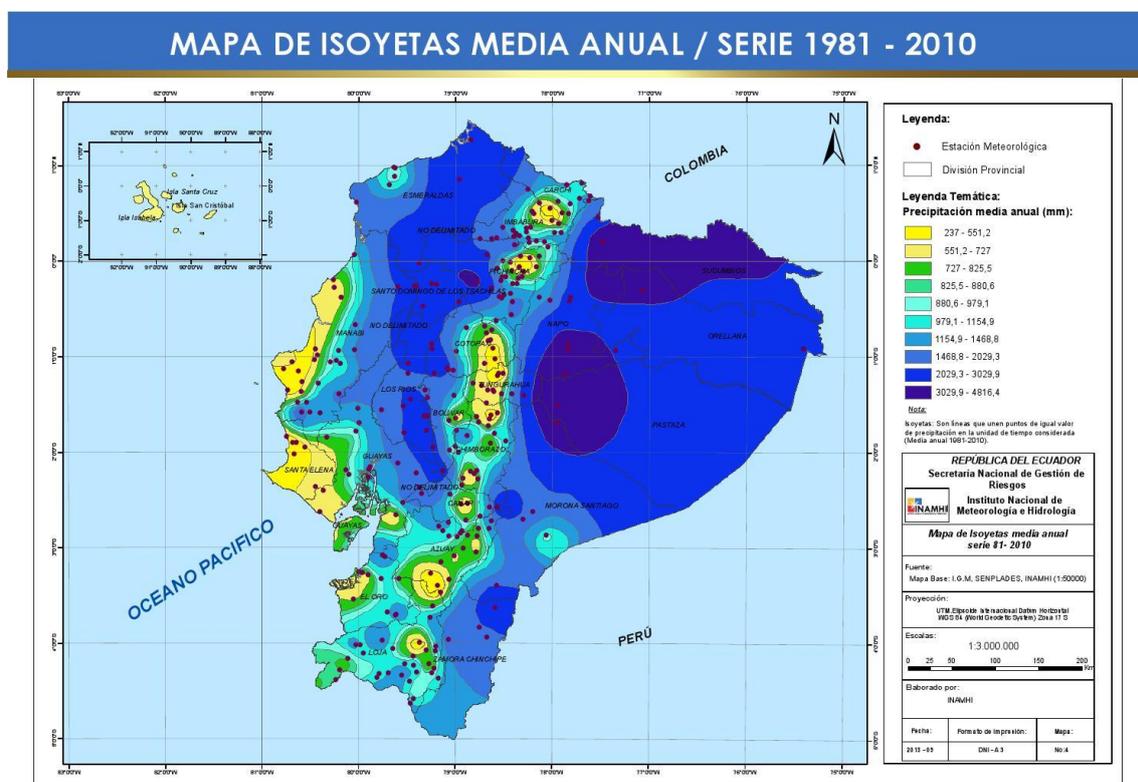
Figura 24. Producto Interno Bruto por Sector Económico. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Banco Central del Ecuador, 2016.

3.1.3. Recursos Hídricos

En el Ecuador, la gestión del recurso hídrico es una tarea prioritaria y permanente que se realiza en todo el territorio con miras a racionalizar su conservación y el mejorar su aprovechamiento. La Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), dentro de la actual estructura organizativa del Estado, es la autoridad única del agua y el organismo encargado de la administración del recurso. Mientras que, el Instituto

Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) tiene la responsabilidad de proveer la información hidrometeorológica básica en este campo que posibilite determinar la disponibilidad del agua superficial y subterránea.

La conformación del sistema hidrográfico en el Ecuador está determinado por la localización de la Cordillera de los Andes. El volumen de agua procedente de las precipitaciones que escurren por los cauces superficiales y subterráneos es aproximadamente de 21.096 m³/hab/año, valor más alto que la media mundial (10.800 m³/hab/año). La distribución espacial y temporal de las lluvias son muy variables, razón por la cual hay regiones con déficit hídrico mientras que en otras existen frecuentes inundaciones que provocan daños catastróficos.



*Isoyetas (líneas que unen puntos de igual precipitación) que determinan el régimen pluviométrico del lugar o zona, estimándose como lugar seco o húmedo o estación húmeda o de humedad constante. Corresponde a los promedios anuales de precipitación de una serie de 25 años.

Figura 25. Distribución regional de la precipitación. **Fuente:** INAMHI, 2013.

Hidrográficamente, el Ecuador se divide en dos vertientes: la del Pacífico y del Amazonas. En el Archipiélago de Galápagos no se encuentran ríos, pues la escasa agua de lluvia es absorbida y retenida por el suelo poroso. El curso de los principales ríos Amazónicos tienen el sentido de norte a sur oriente, los más importantes son: San

Miguel, Aguarico, Napo, Cunambo, Pastaza, Morona y Santiago, sus orígenes se encuentra en la cordillera de los Andes. Los ríos del Pacífico también nacen en los Andes y se dirigen hacia la Costa formando a veces profundos cañones, los más importantes son: Guayas, Cayapas, Esmeraldas, Chone, Portoviejo y Jubones, el flujo circula de este a oeste. En total el Ecuador se divide en 31 Sistemas Hidrográficos de los cuales 24 pertenecen a la vertiente del Pacífico (incluido los territorios insulares) y 7 a la vertiente del Amazonas.

Tabla 3
Distribución de Unidades Hidrográficas.

Región	N. de Unidades Hidrográficas	Área en Ecuador (km ²)	% en Ecuador
Pacífico	1	124563.83	48.59
Amazonas	1	131806.17	51.41
Total	2	256370	100

Fuente: SENAGUA, 2009.

En cuanto a las demandas hídrica en Ecuador, se entiende como demandas los volúmenes de agua requeridos para satisfacer los usos a los cuales están destinados, de acuerdo a una situación deseable y valorando el avance real en lo tecnológico. En principio, las demandas y usos del agua pueden dividirse en consuntivos y no consuntivos. En los primeros, donde hay un consumo de agua en cantidad o calidad, se incluyen los abastecimientos domésticos, industriales y regadíos. Mientras que los usos no consuntivos son aquellos donde no hay un consumo en cantidad o calidad importante; constan en este grupo la energía, la navegación, etc. Resulta esencial distinguir entre demanda y consumo. Demanda es la cantidad de agua que resulta necesario suministrar en origen para satisfacer un uso determinado; y, consumo es la pérdida o reducción física del volumen de agua disponible que ese uso lleva consigo (CEPAL, 2011).

Según la base de datos de concesiones de SENAGUA publicada en el año 2011, en las demandas sectoriales, el uso consuntivo predominante en el país es el agrícola, pues representa el 80% del caudal utilizado, seguido por el uso doméstico (13%) y la industria (7%). Ver Figura 26.

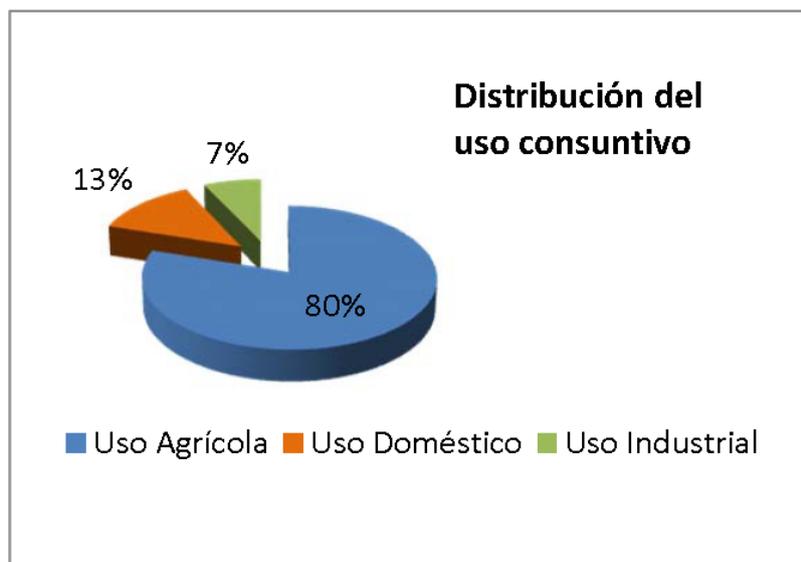


Figura 26. Distribución de los usos consuntivos en el Ecuador. *Fuente:* CEPAL, 2011.

Si se considera el uso para la energía hidroeléctrica, resulta que este sector utiliza el 53% del caudal total. La energía hidroeléctrica representa el 48% de la energía generada en el país.

Igual de lo que sucede en otras partes del mundo, en el Ecuador el conocimiento que se tiene del recurso hídrico y su aprovechamiento es bastante limitado. Un importante obstáculo para lograr una gestión integrada de los recursos hídricos es el problema de la falta de información hidrometeorológica y de estadísticas del agua en general, que no permite adoptar de manera adecuada y razonable las decisiones acertadas para la asignación del agua, la planificación de sus usos y el ordenamiento de la utilización del territorio, como tampoco posibilita un buen desempeño de las funciones de vigilancia, control y regulación.

3.1.4. Uso de Suelo

El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), a través de la Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales (DEAGA) y la Unidad de Estadísticas Agropecuarias (ESAG), presentan los datos de uso de suelo obtenidos a través de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC).

El uso del suelo, se refiere a la categoría de utilización de las tierras en el sector rural del país. Se divide en las siguientes categorías: cultivos permanentes, cultivos transitorios y barbecho, descanso, pastos cultivados, pastos naturales, montes y bosques, páramos y otros usos. Los productos que estudia la ESPAC corresponden a los cultivos

permanentes y transitorios, por ello se prioriza su descripción; la superficie total nacional asciende a 12 385.973 hectáreas, representando una tasa decreciente de 1.59% respecto a la superficie total del año 2015, de la superficie 2016 los cultivos permanentes representan el 11.62%, cultivos transitorios y barbecho el 6.86%, descanso el 1.02%, pastos cultivados el 18.57%, pastos naturales 6.46%, páramos 3.05%, montes y bosques 46.61% (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2016). Ver Figura 27.

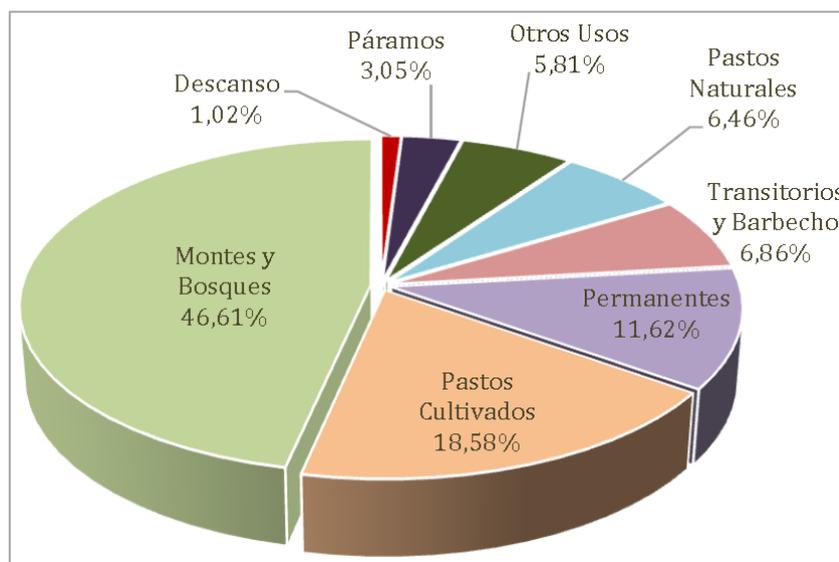


Figura 27. Uso del suelo en el Ecuador. **Fuente:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2016.

Realizando un análisis de las superficies más importantes en relación al uso del suelo en el país, en lo que respecta a cultivos permanentes, para el periodo 2016, el área a nivel nacional destinada a cultivos permanentes ocupa 1.44 millones de hectáreas, y a nivel regional la región Costa tiene un 74.82% de participación, seguido de la región Sierra con 15.96%, finalmente la región Oriental y las Zonas no Delimitadas con 8.51% y 0.71% respectivamente. En lo concerniente a cultivos transitorios, la superficie nacional en 2016, registra 0.85 millones de hectáreas, de este total la región Costa cuenta con el 65.39% de superficie, la región Sierra cuenta con el 31.34%, la región Oriental y las Zonas no Delimitadas cuentan con el 3.25% y 0.02% respectivamente (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2016).

La categoría de pastos cultivados ocupa una superficie nacional de 2,3 millones de hectáreas; por región ocupan: La región Costa 56.12%, la región Sierra 27.88%, región Oriental 15.91%, y las Zonas no Delimitadas 0.09%. La superficie con pastos naturales ocupa 0.8 millones de hectáreas, de estas la región Costa representa el

15.03%, la región Sierra 74.28%, la región Oriental 10.68%, y las Zonas no Delimitadas 0.01% (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2016).

La superficie ocupada por montes y bosques ocupan 5.77 millones de hectáreas a nivel nacional, de estas la región Oriental es la que ocupa la mayor superficie con el 50.81% de la superficie, seguido por la Región Sierra con el 25.42% de la superficie, a continuación la región Costa con 23.68%, y una pequeña superficie de 0.09% para las Zonas no Delimitadas. La superficie de páramos, a nivel nacional, ocupan un total de 377 791 hectáreas, que se por regiones se desagrega de la siguiente manera: la región Sierra concentra el 95.82% de la superficie, la región Oriental con un 2.86% de participación, y a continuación la región Costa con 1.32% de participación (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2016).

Tabla 4
Superficie de Uso del Suelo por Región 2016.

Uso de suelo (Has.)									
Región	Total	Cultivos Permanentes	Cultivos Transitorios y Barbecho	Descanso	Pastos Cultivados	Pastos Naturales	Páramos	Montes y Bosques	Otros Usos
Total Nacional	12385973	1439117	849685	125946	2300539	800496	377791	5773290	719109
Región Sierra	3789505	229670	266269	54824	640993	594615	361994	1467340	173801
Región Costa	4829876	1076815	555622	65384	1291397	120280	4996	1367316	348066
Región Oriental	3748196	122398	27635	5732	366063	85512	10802	2933671	196384
Zonas No Delimitadas	18395	10234	159	6	2087	88	-	4963	858

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2016.

3.1.5. Energía

La generación eléctrica en el Ecuador está basada en el aprovechamiento de varias fuentes de energía renovable y no renovable. La energía no renovable proviene de fuentes que se encuentran en la naturaleza en cantidades limitadas, las que una vez

consumidas en su totalidad no pueden renovarse, entre estas fuentes de energía están las de origen fósil. La energía renovable está presente en la naturaleza de manera continua y duradera, la misma que es capaz de regenerarse gracias a las bondades del sol, del viento, del agua; que generan energía solar, eólica e hidráulica respectivamente (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2016b).

La Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) es el organismo encargado de regular aspectos técnico-económicos y operativos de las actividades relacionadas con el servicio público de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público general.

La generación de electricidad se constituye con aporte de las empresas generadoras, autogeneradoras y distribuidoras con generación. Para una central de generación, la capacidad nominal se refiere a su potencia de diseño o dato de placa; mientras que la potencia efectiva es el valor real que la misma puede entregar. A nivel nacional, al 2016 se registraron 8 226.42 MW de potencia nominal y 7 606.88 MW de potencia efectiva, las mismas que incluyen las capacidades registradas por los generadores, autogeneradores y distribuidores con generación. Cabe mencionar que las empresas autogeneradoras se ven representadas mayoritariamente por las petroleras (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2016b).

La Figura 28 presenta la potencia efectiva por tipo de fuente; en la misma, se destacan las centrales hidráulicas con un 58.08% respecto al total de potencia efectiva a nivel nacional. Por otro lado están las centrales térmicas no renovables, dentro de las cuales las Motores de Combustión Interna (MCI) tienen la mayor participación con un 21.19% en relación al total nacional.

Las centrales de generación con fuentes de energía renovable son: hidráulica, eólica, solar, biomasa y biogás, mientras que las de tipo no renovable son térmicas, tales como: turbogás, turbovapor y Motores de Combustión Interna (MCI), las mismas que utilizan combustibles fósiles.

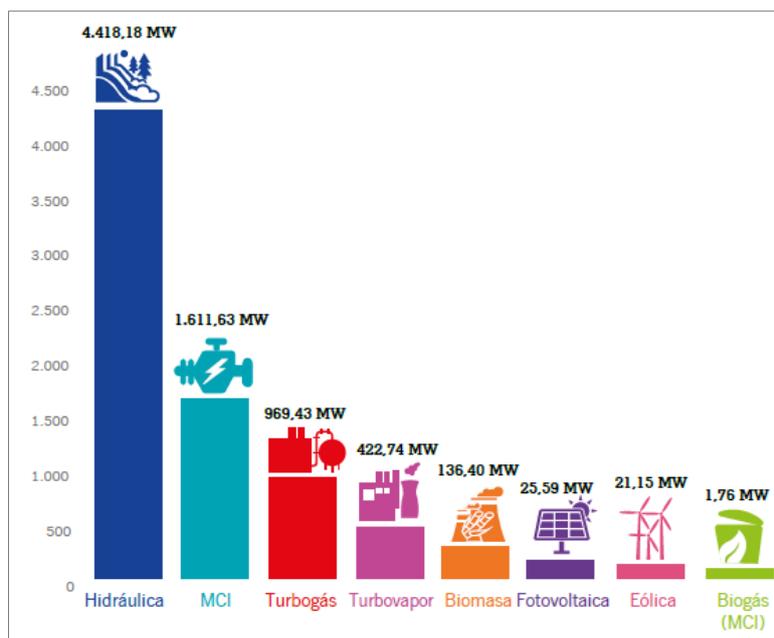


Figura 28. Potencia efectiva por tipo de central. **Fuente:** Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2016c.

Los clientes finales de las empresas de distribución eléctrica se clasifican en dos grupos: clientes regulados y clientes no regulados. La ARCONEL establece los tipos de tarifas que las empresas aplicarán a sus clientes regulados; además de valores de peajes de energía y potencia para el caso de los clientes no regulados. Al 2016 el total de clientes fue de 4 924 966 de los cuales 114 corresponde a clientes no regulados. En la Figura 29 se aprecia la composición de los clientes regulados por grupo de consumo, en donde, el sector residencial es el más representativo con el 88%, seguido por el sector comercial con una participación del 10%.



*Abonados Especiales, Asistencia Social, Autoconsumo, Beneficio Público, Bombeo de Agua, Culto Religioso, Entidades Oficiales, Escenarios Deportivos, Estacionales y Ocasionales, Otros con Demanda, Servicio Comunitario y Vehículos Eléctricos con Demanda Horaria.

Figura 29. Número de clientes regulados por tipo de consumo. **Fuente:** Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2016c.

3.2. Estrategias de búsqueda bibliográfica

Dentro de los objetivos específicos de esta investigación, se estableció realizar una exhaustiva revisión bibliográfica sobre el estado del arte del Nexo Agua-Energía-Alimentos y uso de la gramática MuSIASEM para el estudio de la sostenibilidad; además de la revisión bibliográfica sobre el estado del arte del Análisis de Componentes Principales Geográficamente ponderadas.

Para generar las estrategias de búsqueda de información utilizadas en esta tesis, se realizaron los siguientes pasos:

3.2.1. Identificar términos específicos

En este paso: 1) se identifican palabras clave (sustantivos, verbos, nombres propios); 2) se emplean sinónimos de las palabras elegidas, variantes gramaticales; 3) se utilizan términos relacionados de significado parecido, o del mismo campo semántico y 4) se traducen los términos en otro idioma, fundamentalmente en inglés.

a. Nexo Agua-Energía-Alimentos:

Términos específicos para la búsqueda de “Nexo Agua-Energía-Alimentos”:

1. Sustainable Development.
2. Sustainable Indicators.
3. Sustainability Assessment.
4. Sustainability.
5. Water-Energy-Food.
6. Nexus Assessment.
7. FEW Nexus.

b. MuSIASEM:

Términos específicos para la búsqueda de “MuSIASEM”:

1. Multicriteria Analysis.
2. Societal Metabolism.
3. Integrated Assesement or Analysis.
4. Multi-scale Integrated Assessment or Analysis
5. MuSIASEM or MSIASM
6. Accounting: Energy, Water, Food or Waste. Por ejemplo: Energy Accounting.
7. Metabolism: Energy, Water, Food or Waste. Por ejemplo: Energy Metabolism.

c. Análisis de Componentes Principales Geográficamente Ponderadas:

Términos específicos para la búsqueda de “Análisis de Componentes Principales Geográficamente ponderadas”:

1. PCA.
2. GWPCA.
3. Bandwidth selection.
4. GWR.
5. Spatial Statistics.
6. Non-stationarity.
7. Spatial non-stationarity.

3.2.2. Operadores lógicos: OR, AND, NOT

Los operadores lógicos o booleanos son aquellos términos y símbolos que se utilizan en el proceso de búsqueda de información, para elaborar estrategias de búsqueda más eficientes. Aunque pueden variar de un catálogo a una base de datos, los más utilizados son:

- a. **OR:** Se utiliza el operador OR para combinar términos y recupera los registros en los que aparece cualquiera de los términos buscados.
- b. **AND:** Se utiliza el operador AND para unir términos distintos y recupera únicamente los registros en los que aparecen todos los términos buscados.
- c. **NOT:** Se utiliza el operador NOT para eliminar aspectos de las materias que no interesen y recupera los documentos en los que aparece el primer término y no el segundo.

3.2.3. Base de datos bibliográfica

Las Bases de Datos Bibliográficas son recopilaciones de publicaciones de contenido científico-técnico, como artículos de revistas, libros, tesis, congresos, etc, de contenido temático, que tienen como objetivo reunir toda la producción bibliográfica posible sobre un área de conocimiento. Para la búsqueda de la base de datos se utilizará el portal de Bibliotecas de la Universidad de Salamanca, en el apartado de Recursos Electrónicos, el catálogo de la Web of Science. De manera complementaria también se revisará el catálogo de SCOPUS. Ver Figura 30.

- a. **Web of Science:** Tiene acceso integrado a todas las bases de datos y productos editados por Clarivate Analytics. Constituye una única plataforma de búsqueda y recuperación de información bibliográfica de trabajos publicados en las revistas científicas más prestigiosas, así como herramientas de análisis de las propias publicaciones. Es de carácter multidisciplinar y en idioma inglés.
- b. **SCOPUS:** es una base de datos propiedad de la empresa Elsevier que contiene 18.000 revistas publicadas por más de 5000 editores internacionales. Tiene una cobertura desde 1996 e incluye patentes y sitios webs integradas, así como dos métricas de factor de impacto de la investigación como son Scimago Journal Rank (SCR) y SNIP (Source-normalized impact Paper) de la Universidad de Leyden. Es de carácter multidisciplinar y en idioma inglés.



Figura 30. Vista de los recursos electrónicos disponibles en la Biblioteca de la USAL.

Fuente: <https://bibliotecas.usal.es/basesdatosform>

3.2.4. Estrategia de búsqueda

a. **Nexo Agua-Energía-Alimentos:**

- Web of Science

Base de datos: Colección principal de Web of Science

Búsqueda 1: Tema: (("Water-Energy-Food Nexus" OR "Nexus Assessment" OR "FEW Nexus"))).

Registros encontrados: 133.

Registros seleccionados: 49.

Búsqueda 2: (Tema: (((("Sustainability" OR "Sustainable Development") OR "Sustainable indicators") OR "Sustainability assessment") AND Tema: ("Water-Energy-Food Nexus" OR "Nexus Assessment" OR "FEW Nexus"))).

Registros encontrados: 33.

Registros seleccionados: 21 (de los cuales 19 son duplicados de la búsqueda 1 y se han agregado 2 nuevos registros).

Excluir en la búsqueda: Water-Energy Nexus, Energy-Food Nexus, Water-Food Nexus, Water-Soil-Waste Nexus y Nexus related to another subjects.

- SCOPUS

Búsqueda 1: (TITLE-ABS-KEY ([water-energy-food-nexus]) OR TITLE-ABS-KEY ([nexus-assessment])).

Registros encontrados: 114.

Registros seleccionados: 39 nuevos registros.

Búsqueda 2: (TITLE-ABS-KEY ([sustainability] OR [sustainable-development] OR [sustainable-indicators] OR [sustainability-assessment]) AND TITLE-ABS-KEY ([water-energy-food-nexus] OR [nexus-assessment])).

Registros encontrados: 41 (no se encontraron nuevos registros).

Excluir en la búsqueda: Water-Energy Nexus, Energy-Food Nexus, Water-Food Nexus y Water-Soil-Waste Nexus.

b. MuSIASEM

- Web of Science

Base de datos: Colección principal de Web of Science

Búsqueda 1: Tema: ("Multi-scale integrated assessment" OR "MuSIASEM") OR Tema: ("MSIASM").

Registros encontrados: 46.

Registros seleccionados: 46.

Búsqueda 2: Tema: ("Multi-scale integrated assessment" OR "MuSIASEM") AND Tema: ("Water metabolism" OR "Energy metabolism" OR "Food metabolism").

Registros encontrados: 10.

Registros seleccionados: 10 (no se encontraron nuevos registros).

- SCOPUS

Búsqueda 1: (TITLE-ABS-KEY ([multi-scale-integrated-assessment]) OR TITLE-ABS-KEY ([musiasem]) OR TITLE-ABS-KEY ([msiasm])).

Registros encontrados: 62.

Registros seleccionados: 16 nuevos registros.

Búsqueda 2: (TITLE-ABS-KEY ([multi-scale-integrated-assessment] OR [musiasem]) AND TITLE-ABS-KEY ([water-metabolism] OR [energy-metabolism] OR [food-metabolism])).

Registros encontrados: 11 (no se encontraron nuevos registros).

c. **GWPCA**

- Web of Science

Base de datos: Colección principal de Web of Science

Búsqueda 1: Tema: ("Geographically Weighted Principal Component Analysis" OR "GWPCA").

Registros encontrados: 13.

Registros seleccionados: 13.

Búsqueda 2: Tema: ("Geographically Weighted Regression" OR "GWR") AND Tema: ("Bandwidth selection").

Registros encontrados: 12.

Registros seleccionados: 7 nuevos registros.

- SCOPUS

Búsqueda 1: (TITLE-ABS-KEY ([geographically-weighted-principal-component-analysis]) OR TITLE-ABS-KEY ([gwpc])).

Registros encontrados: 17.

Registros seleccionados: 3 nuevos registros.

Búsqueda 2 (TITLE-ABS-KEY ([geographically-weighted-regression] OR [gwr]) AND TITLE-ABS-KEY ([bandwidth-selection])).

Registros encontrados: 11 (no se encontraron nuevos registros).

3.3. Base de datos

El Ecuador, como la mayoría de países latinoamericanos, carece de una cultura estadística sólida. El desmantelamiento de la planificación pública durante los años

ochenta y noventa, sumado a crisis financieras de fin de los años noventa, convirtió a la producción de estadística pública en un elemento poco prioritario (Villacís & Carrillo, 2011).

Para esta investigación se ha escogido trabajar con el nivel de Gobierno Municipal del Ecuador. Los Gobiernos Municipales, administran el territorio conocido como Cantón. Los cantones se encuentran formados por un centro urbano, y sus parroquias rurales, las que a su vez son administradas por los Gobiernos Parroquiales. Los cantones claramente son unidades de estudio clave, a pesar de ser unidades político administrativas no definidas en función de criterios territoriales. Correa en el 2013, afirma la importancia de un estudio a nivel cantonal, ya que los análisis regionales se investigan habitualmente para grandes unidades geográficas (estado, regiones, provincias) y un estudio a este nivel puede llegar a conclusiones más detalladas que en cierta medida faciliten la implementación de adecuadas estrategias de mejora y desarrollo local dado que: “permiten comprender los procesos vinculados al territorio, que son imprescindibles en los ámbitos de política pública, gestión territorial y de planeación del desarrollo” (Correa, 2013).

Es así, que este trabajo pretende estudiar las relaciones de la sociedad con la naturaleza, en los 221 cantones ecuatorianos, utilizando una problematización que integre a la dicotomía sociedad-naturaleza en un solo sistema, el sistema socio-ecológico. La lista de los 221 cantones ecuatorianos, se encuentra en el Anexo A.

La fuente principal de información para la creación de la base de datos es la proveniente de los censos de población. Los censos de población en el Ecuador se han levantado con una periodicidad promedio de diez años, constituyéndose en la única fuente de información para niveles geográficos menores y proporcionan información relevante para el análisis y evaluación del crecimiento poblacional, demanda de servicios básicos, condición socio-económica de las personas, entre otras múltiples aplicaciones. Los censos permiten la formulación de políticas, programas y estrategias de desarrollo social por parte del Estado, así como en la toma de decisiones llevadas a cabo por el sector privado (Villacís & Carrillo, 2011).

Los datos población de los 221 cantones ecuatorianos se obtendrán de las estadísticas de población del Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador

(INEC) y con el fin de asignar horas al sector productivo y a los diferentes sectores económicos, se utilizará la encuesta de empleo (Encuesta Nacional Empleo, desempleo y subempleo-ENEMDU). Los datos del Producto Interno Bruto (PIB) de los 221 cantones ecuatorianos se obtendrán del Banco Central de Ecuador y los datos de consumo de energía se obtuvieron de las Estadísticas del Sector Eléctrico-2015 publicadas por la Agencia de Regulación y Control de la Electricidad del Gobierno de Ecuador. La información sobre consumo de agua se recopilará de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) y del Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador (INEC).

Tabla 5
Resumen de fuentes para la creación de las bases de datos.

Base de datos	Fuente	Anexo
Población	http://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda/	Ver Anexo B
Empleo	http://www.ecuadorencifras.gob.ec/empleo-encuesta-nacional-de-empleo-desempleo-y-subempleo-enemdu/	Ver Anexo C
PIB	https://www.bce.fin.ec/index.php/component/k2/item/293-cuentas-provinciales/	Ver Anexo D
Energía	http://www.regulacionelectrica.gob.ec/estadistica-del-sector-electrico/reportes-estadisticos/	Ver Anexo E
Agua*	http://www.ecuadorencifras.gob.ec/indicadores-ods-agua-saneamiento-e-higiene/	Ver Anexo F

*Nota: Consumo de agua potable por hogares. Fuente: Elaboración propia.

3.4. Análisis del Nexo Agua-Energía-Alimentos.

3.4.1. Evaluación Rápida del Nexo Agua-Energía-Alimentos (WEF Nexus).

La FAO ha desarrollado en la actualidad un enfoque para evaluar y gestionar el nexo entre agua, energía y alimentación para informar de los procesos de toma de decisiones y guiar el desarrollo de políticas “sensibles al Nexo”, apoyando a los países en su diseño e implementación de una forma participativa.

La Evaluación Rápida del Nexo Agua-Energía-Alimentos (WEF Nexus), basada en la Evaluación Nexus, proporciona una forma rápida de evaluar intervenciones

específicas contra la presión bio-económica del país donde se implementan. La evaluación Nexus del contexto hace uso de datos públicos a disposición en las bases de datos gestionados por organizaciones internacionales.

Se utilizará la herramienta en línea WEF Nexus disponible en la página web de la FAO (<https://bit.ly/2IkhCSc>). A continuación los pasos a seguir:

1. El usuario selecciona el país donde la intervención va a ser desplegada y una serie de indicadores clave aparecen; estos indicadores son útiles para evaluar la presión bio-económica en los 5 aspectos del Nexus: agua, energía, alimentos, trabajo y capital/costo. Figura 31.

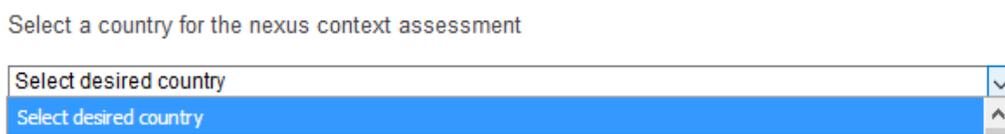


Figura 31. Vista de la herramienta en línea WEF Nexus. Paso 1: Selección del país. **Fuente:** FAO, disponible en: <https://bit.ly/2IkhCSc>

2. Cada indicador se compara con la media de todos los países de la misma tipología, y una puntuación se asigna sobre la base de la divergencia entre el valor para el país específico y dicha media. Figura 32.

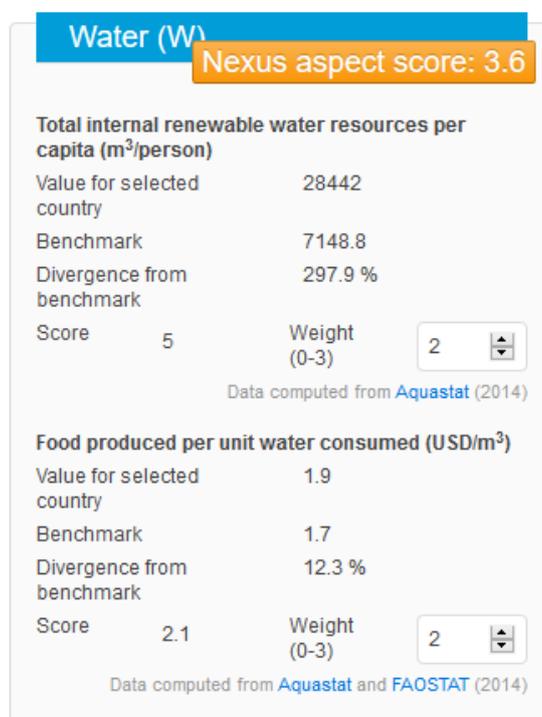
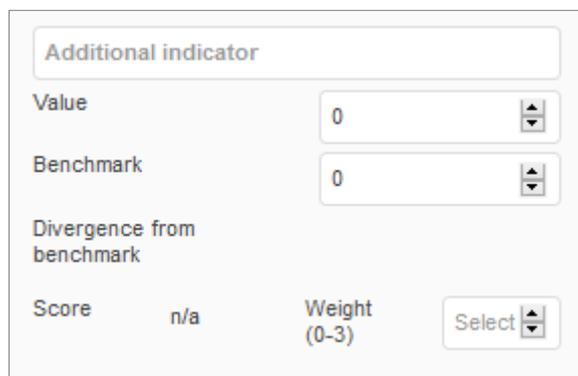


Figura 32. Vista de la herramienta en línea WEF Nexus. Paso 2: Cada indicador del Nexus se compara con la media de todos los países de la misma tipología. **Fuente:** FAO, disponible en: <https://bit.ly/2IkhCSc>

3. El usuario puede añadir indicadores adicionales para medir el específico aspecto Nexus, y asignar un peso (0 a 3) para cada uno, sobre la base de su relevancia para los objetivos de desarrollo. Figura 33.



The screenshot shows a form titled 'Additional indicator'. It contains several input fields: 'Value' with a dropdown menu set to '0', 'Benchmark' with a dropdown menu set to '0', and 'Divergence from benchmark'. Below these, there is a 'Score' field with the value 'n/a' and a 'Weight (0-3)' dropdown menu set to 'Select'.

Figura 33. Vista de la herramienta en línea WEF Nexus. Paso 3: El usuario puede añadir indicadores adicionales. *Fuente:* FAO, disponible en: <https://bit.ly/2IkhCSc>

4. La puntuación de cada indicador se combina en puntuaciones individuales para cada aspecto Nexus. Figura 34.

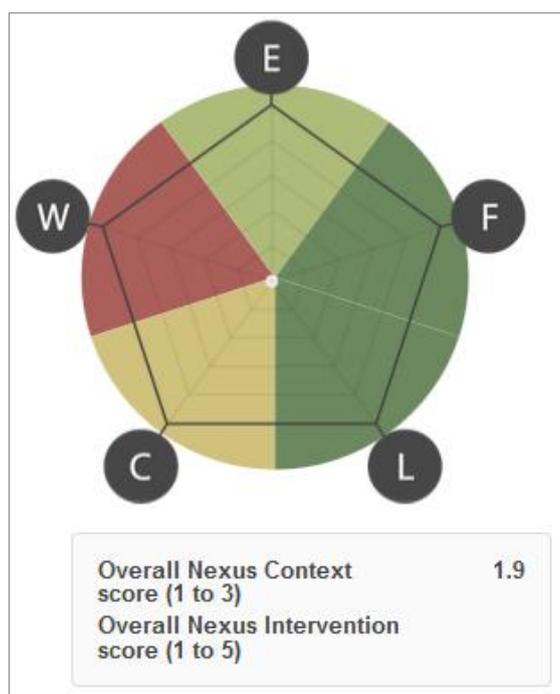


Figura 34. Vista de la herramienta en línea WEF Nexus. Paso 4: Puntuación de cada indicador. *Fuente:* FAO, disponible en: <https://bit.ly/2IkhCSc>

Para poder utilizar la herramienta en línea WEF Nexus en nuestro país de estudio, Ecuador, es necesario establecer la tipología del país a través de los datos de empleo (Tabla 6) y el crecimiento anual de la población. El crecimiento de la población para Ecuador según el Instituto Nacional de Estadística y Censos es de 1.95 % (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010).

Tabla 6

Datos de empleo en Ecuador para el 2015.

Ecuador	
Empleo Total	%
Agricultura	25
Industria	19
Servicios	56
Total	100

Fuente: Base de datos ILOSTAT, disponible en: <http://goo.gl/sNslpB>

La FAO en su libro *Walking the Nexus Talk: Assessing the Water-Energy-Food Nexus in the Context of the Sustainable Energy for All initiative* (Flammini et al., 2014) propone cuatro tipologías para clasificar los países:

- País seco, economía basada en la agricultura: Empleo en el sector de agricultura > 20% del total horas de actividad humana, recursos hídricos renovables < 1,500 m³/habitantes/año.
- País rico en agua, economía basada en la agricultura: Empleo en el sector de agricultura > 20% del total horas de actividad humana, recursos hídricos renovables > 1,500 m³/habitantes/año.
- País rico, restricción en recursos naturales: Actividades económicas no basadas en la agricultura > 20% del total horas de actividad humana, > 20% de energía y 20% de los alimentos son importados.
- País emergente, experimentando un fuerte crecimiento de población: Actividades económicas no basadas en la agricultura entre el 35% y 90% de la población activa, crecimiento de la población > 0.5 % por año.

Según las tipologías propuestas por la FAO se clasifica a Ecuador como “País emergente, experimentando un fuerte crecimiento de población” ya que el 75% de la población activa trabaja en los sectores de industria y servicios, además de tener un crecimiento anual de 1.95 %.

Tabla 7

Indicadores de sostenibilidad del nexa para países emergentes, experimentando un fuerte crecimiento de población.

Elementos del Nexa	Indicador de sostenibilidad	Peso propuesto	Referencia	Fuente
Agua	Total de recursos internos de agua per cápita	3	7,757 m ³ /Hab/año	AQUASTAT
	Cantidad de alimentos producidos por unidad de agua consumida	2	1.19 m ³ /int.\$	Proporción entre la extracción de agua para la agricultura (AQUASTAT) y el valor de la producción bruta (Estadísticas del Banco Mundial)
Energía	Uso de energía fósil por unidad de PIB	2	0.12 kg de petróleo equivalente/\$	Estadísticas del Banco Mundial
	Población que utiliza combustibles sólidos	3	66%	Estadísticas de la Organización Mundial de la Salud
Alimentos	Importación neta de productos agrícolas, alimentos y animales vivos per cápita	3	0.02 USD per cápita	FAOSTAT
	Cambio en la superficie de bosques en los últimos 10 años/área total de bosque	2	-1%	FAOSTAT
Trabajo	Total de la población económicamente activa en la agricultura/total de la población económicamente activa	2	0.28	FAOSTAT
	Los salarios en las actividades no agrícolas/salarios en las actividades agrícolas	3	200%	FAOSTAT
Capital	Formación bruta de capital fijo	2	26%	Estadísticas del Banco Mundial
	Valor agregado agrícola per cápita/valor agregado agrícola por trabajador en el sector agrícola	3	0.17	Estadísticas del Banco Mundial

Fuente: Flammini et al., 2014.

3.4.2. MuSIASEM

En particular, en esta parte de la metodología para la aplicación de la metodología MuSIASEM, se enfocará en los factores que determinan la intensidad energética de la economía Ecuatoriana y en una comparación global de los cambios que tienen lugar en los 221 cantones que componen el país. La comparación en el Ecuador de los cambios en la intensidad energética se realizará simultáneamente a través de niveles jerárquicos (el conjunto n, las partes en el nivel n-1 y las partes del trabajo remunerado en el nivel n-2). Para categorizar el trabajo remunerado, se utilizará la clasificación CIU 4, por ser la misma que usa el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2012).

Los dos factores que determinan la intensidad energética son: (i) el flujo de energía por horas de actividad humana; y (ii) la generación de valor añadido por hora de actividad humana. En relación con el marco teórico de la gramática MuSIASEM, se utilizará como FONDO para la matriz multinivel, las variables horas de actividad humana. Los dos FLUJOS relevantes considerados en la definición de la intensidad energética de la economía (MJ/\$) son: (i) la energía exosomática (expresada en MJ); y (ii) el valor añadido (expresado en \$). Es decir, se caracterizan los dos flujos de energía exosomática (MJ/hora) y valor añadido (\$/hora) frente a una matriz multi-nivel de actividad humana.

Tabla 8

Gramática utilizada para caracterizar el patrón metabólico de los 221 cantones ecuatorianos. Actividad Humana.

Acrónimo	Variable	Explicación	Cálculo y Unidad de medida
THA (FONDO) (Nivel n)	Actividad Humana Total	Total de horas de actividad humana para una sociedad	Total de la población x 8 760 hr hr/año
HA _{PW} HA _{HH} (Nivel n-1)	Horas de Actividad Humana. PW sector de trabajo remunerado. HH sector del hogar	Suma total de las horas dedicadas a los sectores pertinentes	Total de horas de trabajo en cada sector (Promedio de horas de trabajo por semana x número de semanas de trabajo por año x número de personas en cada sector). hr/año
HA _{AG} HA _{PS} HA _{SG} (Nivel n-1)	AG sector agropecuario. PS sector de producción. SG sector servicio y gobierno		

Fuente: Ginard-Bosch & Ramos-Martín, 2016.

La base de datos de la matriz multi-nivel de la actividad humana (FONDO) para los 221 cantones ecuatorianos, se encuentra en el Anexo G.

Tabla 9

Gramática utilizada para caracterizar el patrón metabólico de los 221 cantones ecuatorianos. Rendimiento de Energía Eléctrica.

Acrónimo	Variable	Explicación	Cálculo y Unidad de medida
TET (FLUJO) (Nivel n)	Total del rendimiento de energía eléctrica	Total de energía eléctrica para una economía de un año	Total de energía eléctrica para cada cantón de Ecuador. Mega julios (MJ)
ET _{PW} ET _{HH} (Nivel n-1)	Rendimiento de energía eléctrica PW sector de trabajo remunerado. HH sector del hogar	La suma de toda la energía eléctrica que fluye en los sectores relevantes	Energía eléctrica equivalente de consumo de energía en cada sector. Mega julios (MJ)
ET _{AG} ET _{PS} ET _{SG} Nivel n-2)	AG sector agropecuario. PS sector de producción. SG sector servicio y gobierno		

Fuente: Ginard-Bosch & Ramos-Martín, 2016.

La base de datos de la matriz multi-nivel de Rendimiento de Energía Eléctrica (FLUJO) para los 221 cantones ecuatorianos, se encuentra en el Anexo H.

Tabla 10

Gramática utilizada para caracterizar el patrón metabólico de los 221 cantones de Ecuador. Producto Interno Bruto.

Acrónimo	Variable	Explicación	Cálculo y Unidad de medida
GDP (FLUJO) (Nivel n)	Producto Interno Bruto (año 2015)	Suma del valor añadido de los distintos Sectores económicos (año 2015)	Dólares (USD)
GDP _{AG} GDP _{PS} GDP _{SG} (Nivel n-2)	Producto Interno Bruto generado por el sector de agricultura, sector productivo y por el sector servicios y gobierno	Producto Interno Bruto generado por cada sector	Dólares (USD)

Fuente: Ginard-Bosch & Ramos-Martín, 2016.

La base de datos de la matriz multi-nivel del Producto Interno Bruto (FLUJO) para los 221 cantones ecuatorianos, se encuentra en el Anexo D.

Utilizando el conjunto de datos asociados con las gramáticas dadas en las Tablas 8, 9 y 10, se calcula el conjunto de Variables Intensivas (FLUJO/FONDO) que representan las intensidades de flujo específicas para los distintos niveles en relación con: (i) el flujo de energía por hora de actividad humana; y (ii) valor agregado generado por hora de actividad humana. De esta manera, se obtiene un conjunto de puntos de referencia que pueden utilizarse eficazmente para caracterizar el patrón metabólico de la sociedad ecuatoriana.

Tabla 11

Tasa de Energía Exosomática (FLUJO/FONDO) calculadas para los distintos niveles.

VARIABLES INTENSIVAS (FLUJO/FONDO)	Definición	Interpretación	Cálculo y Unidades de medida
EMR _{SA} (FLUJO/FONDO) Nivel n	Tasa de Energía Exosomática Promedio de la Sociedad.	Cantidad de energía eléctrica utilizada por hora de actividad humana para cada cantón de la sociedad ecuatoriana	TET/THA Total del rendimiento de energía eléctrica/ Actividad Humana Total MJ/hr
EMR _{PW} EMR _{HH} (Nivel n-1)	Tasa Exosomática por sectores	Cantidad de energía eléctrica utilizada por hora dedicada a cada sector	ET _i /HA _i Rendimiento energético en el sector pertinente / total de horas trabajadas en el sector MJ/hr
EMR _{AG} EMR _{PS} EMR _{SG} (Nivel n-2)			

Fuente: Ginard-Bosch & Ramos-Martín, 2016.

La base de datos de la matriz multi-nivel de la Tasa de Energía Exosomática. (FLUJO/FONDO) para los 221 cantones ecuatorianos, se encuentra en el Anexo I.

Tabla 12

Productividad Económica del Trabajo. (FLUJO/FONDO) calculadas para los distintos niveles.

VARIABLES INTENSIVAS (FLUJO/FONDO)	Definición	Interpretación	Cálculo y Unidades de medida
ELP _{SA} (FLUJO/FONDO) (Nivel n)	Productividad Económica del Trabajo	La cantidad de valor añadido producido por hora de actividad humana para cada cantón de Ecuador	GDP/THA Producto Interno Bruto/ Actividad Humana Total USD/hr

Continuación de Tabla 12.

Variables Intensivas (FLUJO/FONDO)	Definición	Interpretación	Cálculo y Unidades de medida
ELP_{AG} ELP_{PS} ELP_{SG} (Nivel n-2)	Productividad Económica del Trabajo por sector	Cantidad de Producto Interno Bruto producido por hora de trabajo en los sectores relevantes	GDP_i/HA_i Producto Interno Bruto por sector / total de horas trabajadas en el sector USD/hr

Fuente: Ginard-Bosch & Ramos-Martín, 2016.

La base de datos de la matriz multi-nivel de la Productividad Económica del Trabajo (FLUJO/FONDO) para los 221 cantones ecuatorianos, se encuentra en el Anexo J.

En esta parte de la metodología se presentará el uso de la metodología MuSIASEM para el estudio del metabolismo social del agua en el Ecuador. A diferencia de los factores que determinan la intensidad energética de la economía ecuatoriana en los 221 cantones que componen el país, los cuales fueron presentados con anterioridad; para esta sección se presentarán y analizarán los datos para las 9 demarcaciones hidrográficas que componen el país. Esto se debe a la falta de datos detallados a nivel cantonal, ya que solo se cuenta con los datos de consumo de agua potable por residencia y por lo tanto no se podría realizar un estudio en niveles jerárquicos (nivel n-1 y nivel n-2).

Una demarcación hidrográfica se constituyen por la agrupación de cuencas hidrográficas vecinas; la Autoridad Única del Agua estableció y delimitó nueve Demarcaciones Hidrográficas, mediante el Acuerdo 2010-66 de 20 de enero del 2010, publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 161 de 30 de marzo del 2010.

Una cuenca hidrográfica se define como: unidades administrativas desconcentradas que hacen parte de la estructura orgánica de la Autoridad Única del Agua, a través de las cuales se ejerce la planificación y gestión integrada e integral de los recursos hídricos en todo el territorio nacional (Secretaría del Agua, Dirección de Investigación y Gestión de la Información, & Agencia de Regulación y Control del Agua, 2017). Los cantones que conforman cada una de las 9 demarcaciones hidrográficas se presentan en el Anexo K.

Tabla 13

Las 9 demarcaciones hidrográficas del Ecuador.

Demarcación Hidrográfica	Área (km ²)
Esmeraldas	32 043
Guayas	44 532
Jubones	10 527
Manabí	11 502
Mira	6 904
Napo	65 325
Pastaza	32 128
Puyango-Catamayo	10 900
Santiago	34 479
Nivel Nacional	248 339

Fuente: Secretaría del Agua et al., 2017.

En la aplicación del enfoque MuSIASEM, el agua es a la vez un fondo y un flujo. El agua como fondo es vista dentro del sistema ecológico a nivel macro (visión externa). El agua como flujo, en cambio, es estudiada con una visión interna, pues se analizan los procesos que se dan dentro de una sociedad, es decir, lo que una sociedad hace (Madrid, Cabello & Giampietro, 2013b).

El enlace entre el sistema ecológico y el sistema social es el nivel n. La categoría semántica para analizar este nivel es el Uso Bruto de Agua (GWU, por sus siglas en inglés), y se refiere al volumen total de agua apropiada por la sociedad, por lo que incluye al agua no contabilizada y a las pérdidas (Giampietro et al., 2014). El Uso Bruto de Agua (GWU) para cada demarcación hidrográfica, es el resultado de la suma de las concesiones para todos los usos dadas por la Secretaría Nacional del Agua. Ver. Tabla 14.

Tabla 14

Caudales totales autorizados por demarcación para el año 2010. Nivel n.

Demarcación Hidrográfica	GWU (l/s)
Esmeraldas	2828
Guayas	5634
Jubones	1340
Manabí	362

Continuación de Tabla 14.

Demarcación Hidrográfica	GWU (l/s)
Mira	3604
Napo	447103
Pastaza	4084
Puyango-Catamayo	874
Santiago	10977
Nivel Nacional	476808

Fuente: Secretaria del Agua et al., 2017.

Tabla 15

Uso Neto de Agua (NWU). Gramática utilizada para caracterizar el patrón metabólico de las 9 demarcaciones hidrográficas del Ecuador.

Acrónimo	Variable	Explicación	Cálculo y Unidad de medida
NWU _{PW} NWU _{HH} (Nivel n-1)	Uso de agua neto PW sector de trabajo remunerado. HH sector del hogar.	Flujo de agua que llega efectivamente a los usuarios finales y les proporciona un servicio	Suma de las concesiones de SENAGUA a cada sector.
NWU _{AG} NWU _{PS} NWU _{SG} (Nivel n-2)	AG sector agropecuario. PS sector de producción. SG sector servicio y gobierno.		Litros por hora (l/hr)

Fuente: Giampietro et al., 2014.

La base de datos de la matriz multi-nivel del uso neto de agua para las 9 demarcaciones hidrográficas del Ecuador, se encuentra en el Anexo L.

Utilizando el conjunto de datos asociado con la gramática dada en las Tablas 8, 14 y 15, se calcula la variable intensiva (FLUJO/FONDO) que representan las Tasas Metabólicas del Agua (WMR) en litros por horas de actividad humana (l/hr), para cada uno de los niveles y cada uno de los sectores.

Tabla 16

Tasas metabólicas del agua (FLUJO/FONDO) calculadas para los distintos niveles.

VARIABLES INTENSIVAS (FLUJO/FONDO)	Definición	Interpretación	Cálculo y Unidades de medida
WMR _{SA} (FLUJO/FONDO) Nivel n	Tasas metabólicas del agua Promedio de la Sociedad.	Cantidad de agua utilizada por hora de actividad humana.	GWU/THA Uso Bruto de Agua / Actividad Humana Total (l/hr)

Continuación de Tabla 16.

VARIABLES INTENSIVAS (FLUJO/FONDO)	Definición	Interpretación	Cálculo y Unidades de medida
WMR_{PW} WMR_{HH} (Nivel n-1)	Tasas metabólicas del agua por sectores	Cantidad de agua utilizada por hora dedicada a cada sector.	NWU_i/HA_i
WMR_{AG} WMR_{PS} WMR_{SG} (Nivel n-2)			Uso de agua neto / total de horas trabajadas en el sector l/hr

Fuente: Giampietro et al., 2014.

La base de datos de la matriz multi-nivel de las tasas metabólicas del agua para las 9 demarcaciones hidrográficas del Ecuador, se encuentra en el Anexo M.

3.5. Técnicas Multivariantes

Una vez desarrollada la gramática MuSIASEM como herramienta de análisis de la sostenibilidad de un país y sus divisiones administrativas; se aplicarán las técnicas del Análisis Multivariante: HJ-Biplot y el Análisis de Componentes Principales Geográficamente Ponderadas.

3.5.1. HJ-Biplot

Como ya se mencionó en el Capítulo 2, el HJ-Biplot es una representación gráfica multivariante de marcadores fila y columna, elegidos de tal forma que, puedan superponerse en el mismo sistema de referencia con máxima calidad de representación; y tiene como objetivo principal la interpretación simultánea de las relaciones entre individuos (filas) y variables (columnas) de la matriz de datos X .

Una vez calculadas todas las variables del enfoque MUSIASEM, los datos utilizados en esta investigación se organizarán en una matriz de datos $I \times J$, donde las filas I corresponden a los 221 cantones ecuatorianos y las columnas J corresponden a 26 variables (o indicadores) correspondientes a las variables MuSIASEM mostradas en las Tablas 8, 9, 10, 11 y 12. La matriz de datos estará compuesta por los datos mostrados en los Anexos D, G, H, I y J. Para el análisis del HJ-Biplot se utilizará el Software estadístico R, con ayuda del Paquete BiplotbootGUI desarrollado por Nieto et al., 2014. Los pasos que se desarrollarán en esta sección de la metodología se muestran en la Figura 35.

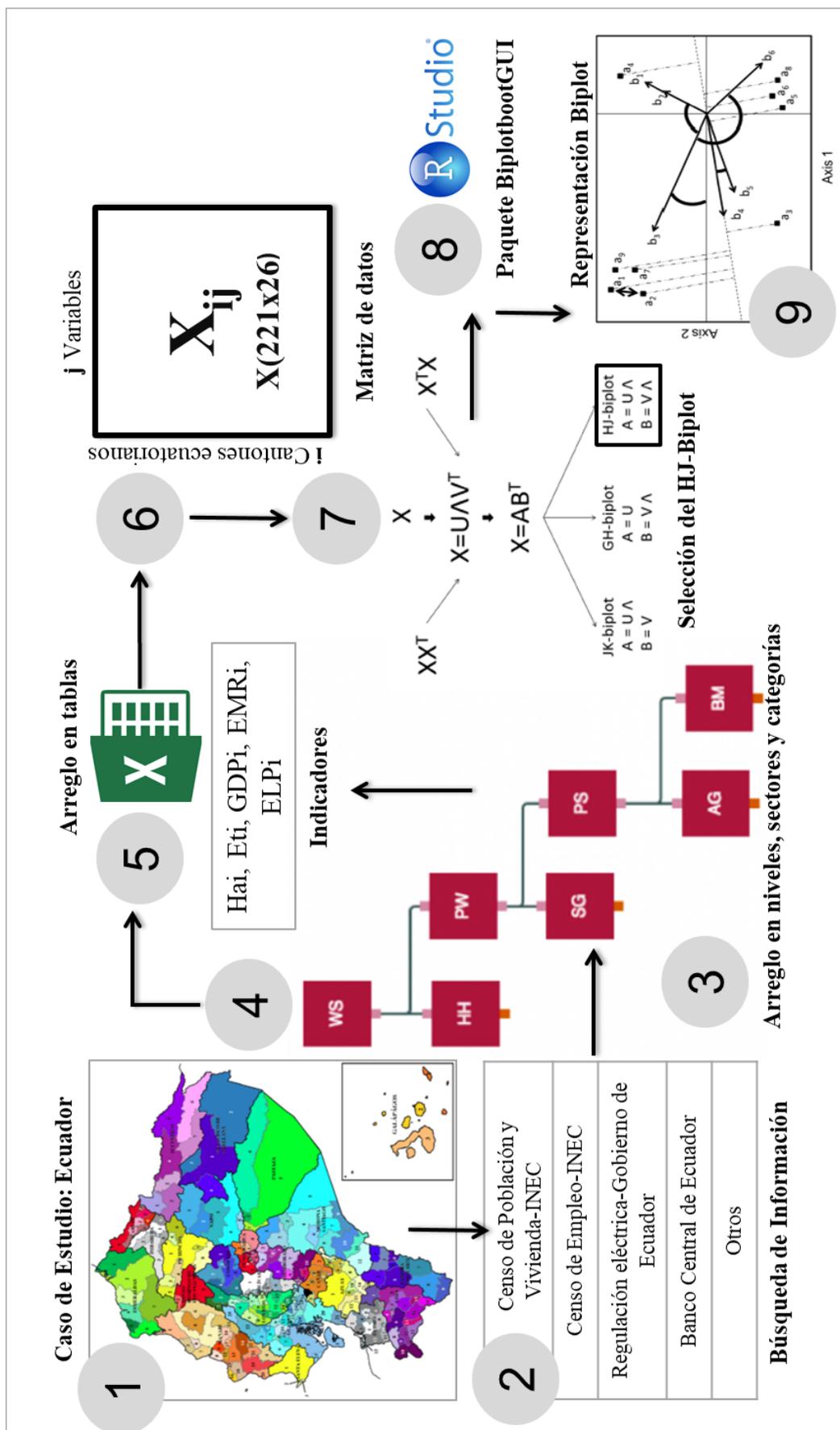


Figura 35. Pasos para realizar un HJ-Biplot utilizando los indicadores MuSIASEM (variables) calculados para los 221 cantones ecuatorianos (individuos). Fuente: Elaboración propia.

La matriz de datos se transforma a formato .txt y luego se procede a cargar la matriz en el software estadístico R, con la ayuda de Rstudio, utilizando la siguiente instrucción:

```
>library (biplotbootGUI)
>datos=read.table ("C:/Users/usuario/Desktop/Doctorado/Prometeo/Bases de
datos/Biplot/Prueba 1-R/Prueba 1.txt", header=TRUE, sep="\t", na.strings="", dec=".",
strip.white=TRUE)
>head (datos)
#Para colocar la primera columna con los nombres de los individuos.
>rownames(datos)=datos[,1]
>datos=datos [,-1]
```

Una vez cargada la matriz de datos se procederá a utilizar el Paquete BiplotbootGUI para el análisis del HJ-Biplot, con la siguiente instrucción (Figura 36):

```
>biplotboot (datos)
```

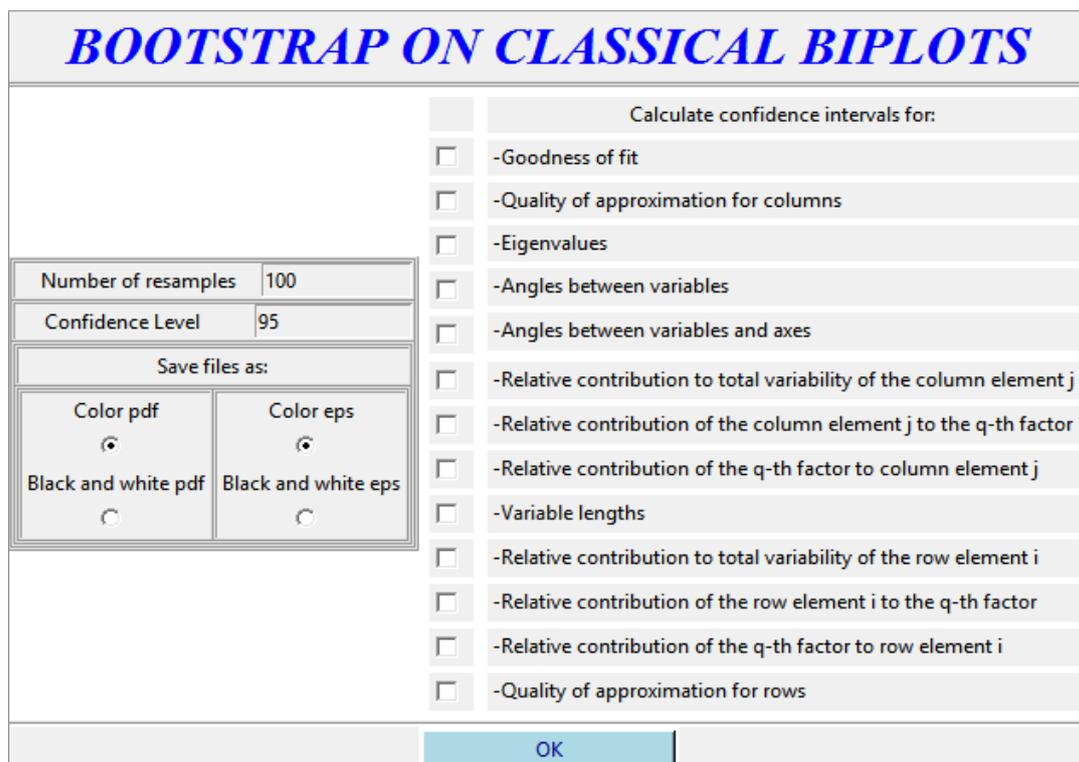


Figura 36. Vista del Paquete BiplotbootGUI. Fuente: Elaboración propia a partir de Nieto et al., 2014.

El resultado al utilizar el paquete BiplotbootGUI es un mapa euclídeo de dimensión reducida donde los individuos se representan por puntos en el diagrama y las variables dibujan como vectores.

En las representaciones Biplot, las filas de la matriz de marcadores filas y las columnas de la matriz de marcadores columna, son coordenadas de puntos en un espacio euclídeo referido a los mismos ejes ortogonales. Por lo tanto la interpretación geométrica está basada en conceptos geométricos simples, específicamente en la proyección sobre una representación plana, de las características principales de las filas y columnas de una cierta matriz \mathbf{X} ($\mathbf{I} \times \mathbf{J}$). Interpretación del Biplot:

- Distancia entre puntos: La distancia entre individuos como disimilaridades entre los mismos, esto es a una menor distancia entre marcadores fila sobre el Biplot, por lo que a existirá una menor disimilaridad entre los individuos; especialmente si los individuos están bien representados.
- Ángulo entre vectores: Indica el grado de asociación entre variables, los ángulos agudos indican que las variables están estrechamente relacionadas, es decir, cuando un individuo presenta una de las características también presenta la otra y viceversa.
- Las relaciones entre individuos y variables en términos de producto escalar, o sea a través de las proyecciones de los puntos individuos sobre los vectores que representan a las variables.
- La ordenación de los individuos respecto a una variable en particular, a través del orden encontrado en las proyecciones de los marcadores fila sobre el eje determinado por el marcador columna correspondiente a esa variable.

3.5.2. Análisis de Componentes Principales Geográficamente Ponderadas

Dentro del Análisis Multivariante también se aplicará el Análisis de Componentes Principales Geográficamente Ponderadas con la finalidad de tener en cuenta la heterogeneidad espacial de la base de datos.

Utilizando la matriz de datos $\mathbf{I} \times \mathbf{J}$ (del paso anterior), donde las filas \mathbf{I} corresponden a los 221 cantones ecuatorianos y las columnas \mathbf{J} corresponden a 26 variables (o indicadores) correspondientes a las variables MuSIASEM mostradas en las Tablas 8, 9, 10, 11 y 12. Se utilizará el Software estadístico R, con ayuda del Paquete Gwmodel desarrollado por Gollini et al., 2015. El GWmodel es un paquete en R para explorar la heterogeneidad espacial usando modelos GW. Este paquete incluye

funciones para: GW estadísticas, GWPCA, GW regresión y GW análisis discriminante. Los pasos que se desarrollarán en esta sección de la metodología se muestran en la Figura 37.

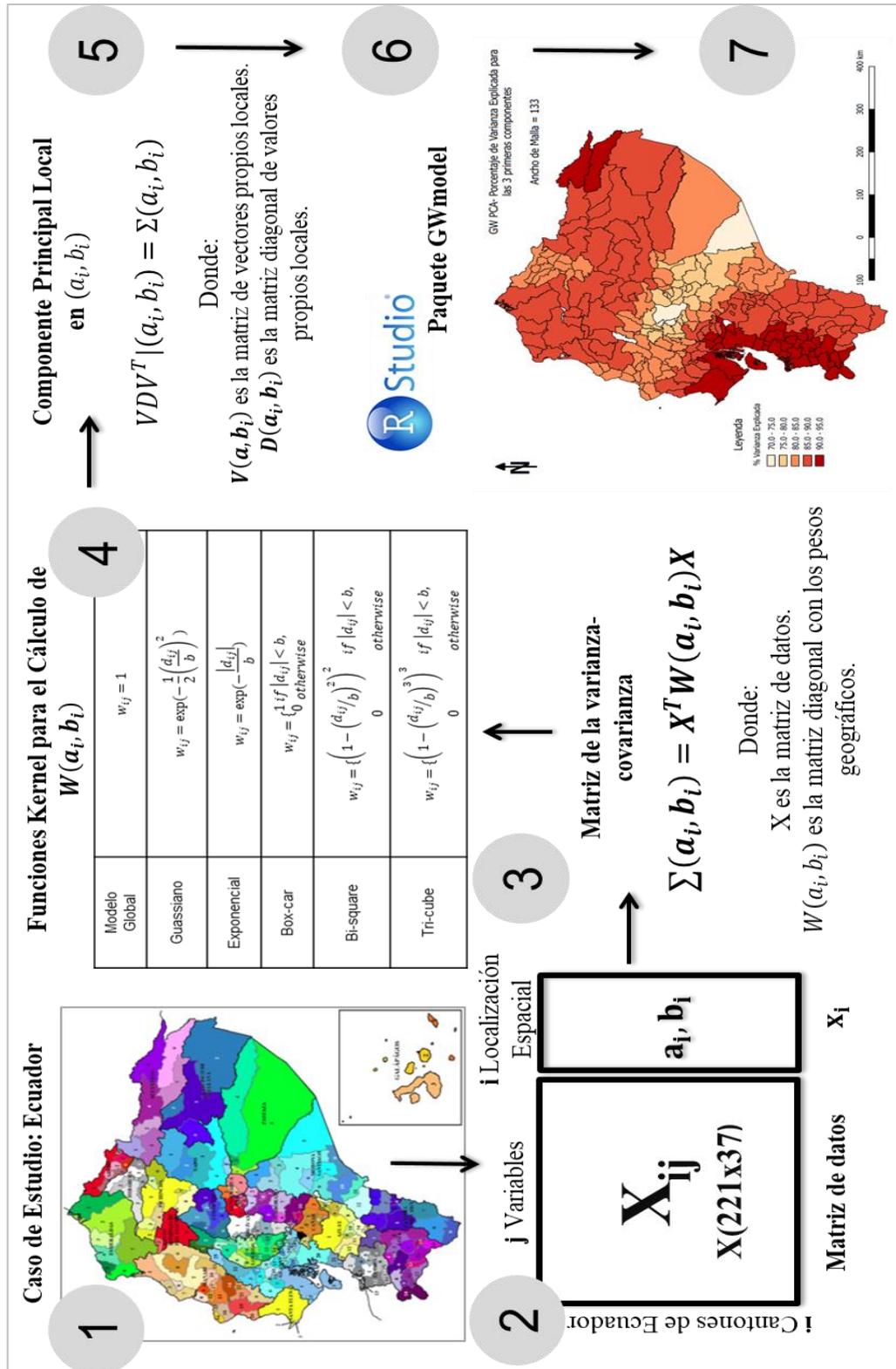


Figura 37. Pasos para realizar un GWPCA utilizando los indicadores MuSIASEM (variables) calculados para los 221 cantones ecuatorianos (individuos). Fuente: Elaboración propia.

La matriz de datos se le agrega la localización geográfica (a_i , b_i) en WGS84/UTM Zona 18N (Anexo N), se transforma a formato **.txt** y luego se procede a cargar la matriz en el software estadístico R, con la ayuda de Rstudio, utilizando la siguiente instrucción:

```
>library("GWmodel")
>data=read.table("C:/Users/usuario/Desktop/Doctorado/Prometeo/Bases de
datos/Biplot/Con agua/Prueba 1-CompletaR.txt", header=TRUE, sep="\t",
na.strings="", dec=".", strip.white=TRUE)
>head (data)

# Se convierte a Spatial points.
>data1.spdf=SpatialPointsDataFrame(data1[,1:2],data1)
>data1.spdf[1:6,]
>data1.spdf[,15]
>data1.spdf[,11]
>data1.spdf[,12]
>data1.spdf[,14]
>data1.spdf[,25]
>data1.spdf[,24]

#Matriz de distancia.
>DM=gw.dist(dp.locat = coordinates(data1.spdf))

#Estandarizar la matriz de datos.
>data.scaled=scale(as.matrix(data1.spdf@data[,3:30]))
>head (data.scaled)

#PCA
>pca.basic=princomp(data.scaled, cor=FALSE)
>pca.basic
>resultado=(pca.basic$sdev^2/sum(pca.basic$sdev^2))*100
>write.table(resultado, 'pca.txt', sep='\t', dec='.')
>resultado2=pca.basic$loadings
>write.table(resultado2, 'pcabasic.txt', sep='\t', dec='.')
correlaciones=cor(data.scaled)
```

```
write.table(correlaciones, 'correlaciones.txt', sep='\t', dec='.')
```

```
#Bandwidth
```

```
>coords=as.matrix(cbind(data1$x,data1$y))
```

```
>data.scaled.spdf=SpatialPointsDataFrame(coords,as.data.frame(data.scaled))
```

```
#Función para el bandwidth bw.gwpca con k=3. k es el número de componentes.
```

```
#Bi-square
```

```
>bw.gwpca.basic.exp=bw.gwpca(data.scaled.spdf, vars =  
colnames(data.scaled.spdf@data), k=3, robust=FALSE, kernel="bisquare",  
adaptive=TRUE)
```

```
>bw.gwpca.basic.bi
```

```
#Box-Car
```

```
>bw.gwpca.basic.box=bw.gwpca(data.scaled.spdf, vars =  
colnames(data.scaled.spdf@data), k=3, robust=FALSE, kernel="boxcar",  
adaptive=TRUE)
```

```
>bw.gwpca.basic.box
```

```
#Se utiliza el bandwidth para calibrar el GWPCA
```

```
>gwpca.basic=gwpca(data.scaled.spdf, vars=colnames(data.scaled.spdf@data),  
bw=bw.gwpca.basic, k=8, robust=FALSE, adaptive = TRUE)
```

```
>resultados3=gwpca.basic$loadings
```

```
>resultados3
```

```
#Porcentaje de varianza explicada
```

```
>prop.var=function(gwpca.obj,  
n.components){return(rowSums(gwpca.obj$var[,1:n.components])/rowSums(gwpca.obj  
$var)*100)}
```

```
>var.gwpca.basic=prop.var(gwpca.basic,3)
```

```
>var.gwpca.basic
```

```
>write.table(var.gwpca.basic, 'var.txt', sep='\t', dec='.')
```

```
>getwd ()
```

```
#Componente 1
```

```
>loadings.pc1.basic=gwpca.basic$loadings[,1]
```

```
>win.item.basic=max.col(abs(loadings.pc1.basic))
```

```
>win.item.basic
>data$win.item.basic=win.item.basic
>data
>write.table(data, 'comp1.txt', sep='\t', dec='.')

#Componente 2
>loadings.pc2.basic=gwpca.basic$loadings[,2]
>win.item.basic=max.col(abs(loadings.pc2.basic))
>win.item.basic
>data$win.item.basic=win.item.basic
>write.table(data, 'comp2.txt', sep='\t', dec='.')

#Componente 3
>loadings.pc3.basic=gwpca.basic$loadings[,3]
>win.item.basic=max.col(abs(loadings.pc3.basic))
>win.item.basic
>data$win.item.basic=win.item.basic
>write.table(data, 'comp3.txt', sep='\t', dec='.')
```

El resultado al utilizar el paquete GWmodel son mapas que explican la variación geográfica del porcentaje de varianza explicada, así como la variación geográfica en la influencia de cada variable en la primera, segunda y tercera componente. Para la visualización de los mapas se procederá a utilizar el software libre de Sistema de Información Geográfica, QGIS, el cual puede ser descargado en la siguiente dirección: <http://qgis.org/es/site/forusers/download.html#>

Los pasos que se desarrollarán en esta sección de la metodología se muestran en la Figura 38.

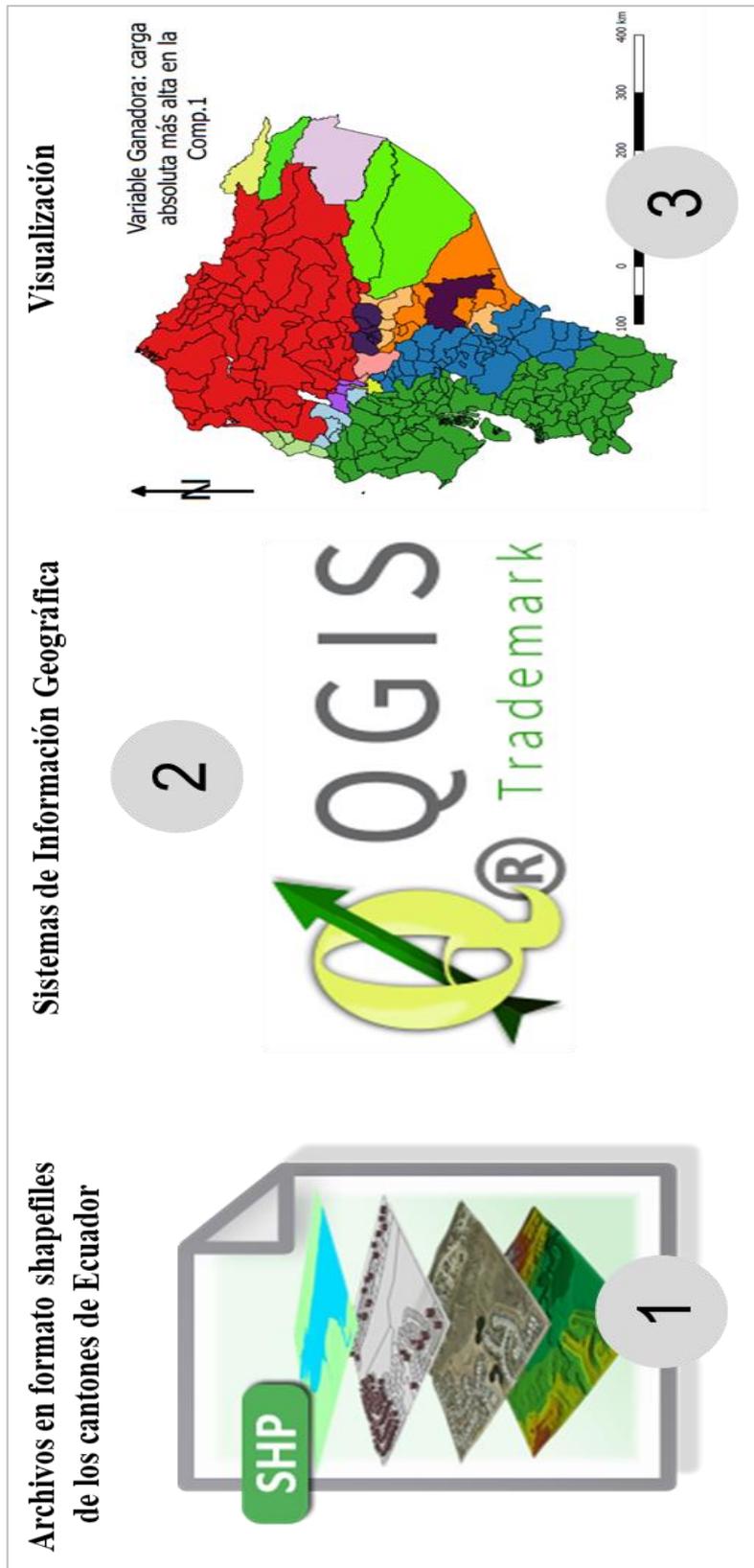


Figura 38. Sistema de Información Geográfica, QGIS. Fuente: <http://qgis.org/es/site/forusers/download.html#>

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Evaluación Rápida del Nexo Agua-Energía-Alimentos (WEF Nexus).

Para la evaluación rápida del Nexo en el país de Ecuador, se utilizó la herramienta en línea WEF Nexus disponible en la página web de la FAO (<https://bit.ly/2IkhCSc>); siguiendo los pasos descritos en el Capítulo 3, punto 3.4.1. de la metodología.

Según las tipologías propuestas por la FAO, se ha seleccionado el país Ecuador como “País emergente, experimentando un fuerte crecimiento de población” y se han evaluado los 5 aspectos del Nexo: agua, energía, alimentos, trabajo y capital/costo. Utilizando la herramienta en línea WEF Nexus se obtuvieron los siguientes resultados para Ecuador:

Tabla 17
Resultados de la herramienta en línea WEF Nexus.

Elementos del Nexo	Indicador de sostenibilidad	Valor para Ecuador	Puntuación	Puntuación para el nexo
Agua	Total de recursos internos de agua per cápita	698.2	1.09	1.44
	Cantidad de alimentos producidos por unidad de agua consumida	1.14	1.96	
Energía	Uso de energía fósil por unidad de PIB	10.8	1.9	1.41
	Población que utiliza combustibles sólidos	<5%	1.08	
Alimentos	Importación neta de productos agrícolas, alimentos y animales vivos per cápita	0.12	7	4.01
	Cambio en la superficie de bosques en los últimos 10 años / área total de bosque	1.48	-0.48	

Continuación de la Tabla 17.

Elementos del Nexo	Indicador de sostenibilidad	Valor para Ecuador	Puntuación	Puntuación para el nexo
Trabajo	Total de la población económicamente activa en la agricultura / total de la población económicamente activa	0.23	1.82	1.78
	Los salarios en las actividades no agrícolas / salarios en las actividades agrícolas	152.25	1.76	
Capital	Formación bruta de capital fijo	9.1%	1.76	1.76
	Valor agregado agrícola per cápita / valor agregado agrícola por trabajador en el sector agrícola	0.13	1.76	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18

Evaluación rápida del Nexo para Ecuador. Resumen.

Aspectos del Nexo	Puntuación Total
Agua (W)	1.44
Energía (E)	1.41
Alimento/Tierra (F)	4.01
Trabajo (L)	1.78
Capital (C)	1.76

Fuente: Elaboración propia.

En esta sección de resultados, la evaluación del Nexo se basó en los indicadores sugeridos por la herramienta en línea WEF Nexus, medida a nivel del país, comparándolos con los puntos de referencia por tipología de países (Nexus Rapid Appraisal).

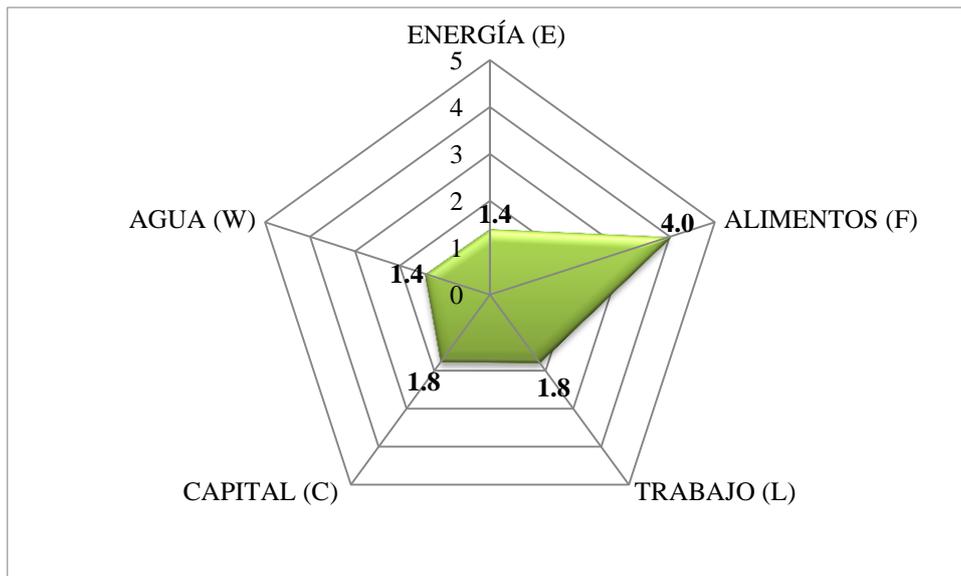


Figura 39. Gráfico de la evaluación rápida del Nexo para Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia.

El contexto (Ecuador en este caso) está funcionando bien en términos de presión sobre los recursos del Nexo. La puntuación global de la energía, el capital, el trabajo y el agua (sobre la base de los indicadores seleccionados y la tipología del país de referencia) es mejor que la media, con la única excepción de los aspectos de sostenibilidad de los alimentos; en este caso pudiera deberse a que el uso de la tierra no es eficiente.

Entre los años cincuenta y fines de los noventa, en Ecuador se produjo un cambio en la expansión de la frontera agrícola y del uso de la tierra que consistió en la especialización de la producción y la conservación de formas de producción diversificadas heredadas del pasado. Según el Censo Agrícola del año 2000, la frontera agrícola superaba los 12 millones de hectáreas; en la actualidad, los especialistas afirman que ya no es posible incorporar nuevas tierras a la agricultura o a la ganadería (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015).

En el libro “La concentración de la tierra en el caso ecuatoriano: impactos en el territorio” publicado por (Berry, Kay, Martínez, & North, 2014), argumentan que si se considera la distribución de la tierra por estratos se puede ver nítidamente el déficit de tierras que tienen las propiedades pequeñas y menores de cinco hectáreas (5 has). A partir de las propiedades de más de cincuenta hectáreas (50 has), la disponibilidad de tierra es mayor. En todas las regiones, las propiedades de 500 hectáreas no representan ni el 1% de las propiedades y sin embargo concentran porcentajes que van desde el 18%

en la Sierra y en la Costa y un 12% en el Oriente, es decir, es un grado de concentración bastante alto. Ver Figura 40.

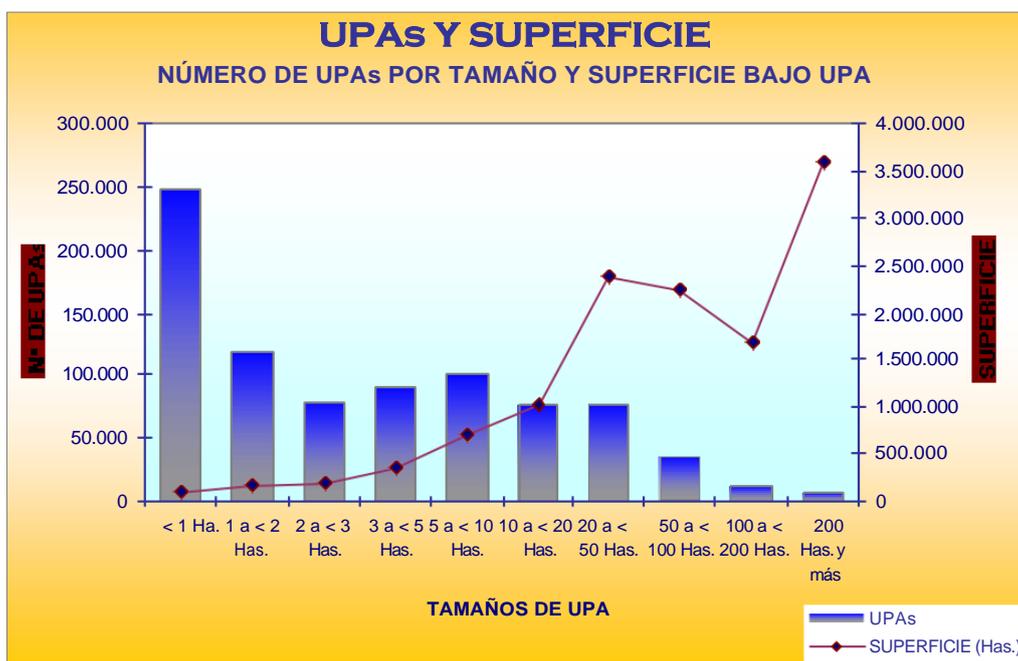


Figura 40. Gráfico de distribución de tierras. Unidad de Producción Agropecuaria (UPA).
Fuente: III Censo Nacional Agropecuario (INEC, MAGAP, & Proyecto SICA, 2002).

Según estos mismos autores, la concentración de la tierra está produciendo algunos impactos negativos en los territorios donde se da este fenómeno. Uno de los más importantes es el proceso de desterritorialización en la Costa y la amenaza para la conservación de los recursos naturales en la Amazonía. El primer fenómeno se produce cuando las empresas ejercen presión sobre las economías campesinas. Esto es lo que sucede en los territorios donde predominan las plantaciones de banano, palma, caña y forestación a gran escala (Berry et al., 2014).

4.2. MuSIASEM: Análisis Descriptivo.

Cómo se mencionó en el punto 3.4.2. de la metodología, para la aplicación de la metodología MuSIASEM, se desarrolló en los factores que determinan la intensidad energética de la economía Ecuatoriana y en una comparación global de los cambios que tienen lugar en los 221 cantones que componen el país. Para efectos prácticos en los gráficos se presentan los resultados que corresponden a las 24 provincias que componen Ecuador. La comparación de los cambios en la intensidad energética se realizó simultáneamente a través de niveles jerárquicos (el conjunto n, las partes en el nivel n-1 y las partes del trabajo remunerado en el nivel n-2).

Utilizando las variables presentadas en las Tablas 8, 9, 10, 11 y 12 se comparó el desempeño del sistema socioeconómico en términos energéticos y económicos.

- **Nivel n: Sociedad**

Estadísticas descriptivas para las variables Actividad Humana Total y Producto Interno Bruto a nivel de sociedad en las 24 provincias de Ecuador.

Tabla 19

Estadísticas descriptivas para las variables Actividad Humana Total (hr/año) y Producto Interno Bruto (USD).

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
THA	5.275e+09	3.356e+09	7.364e+9	2.201e+08	3.193e+10	1.405e+09	4.824e+09
GDP	2770811	1206997	4470556	175563	17222083	597692	2632008

Fuente: Elaboración propia.

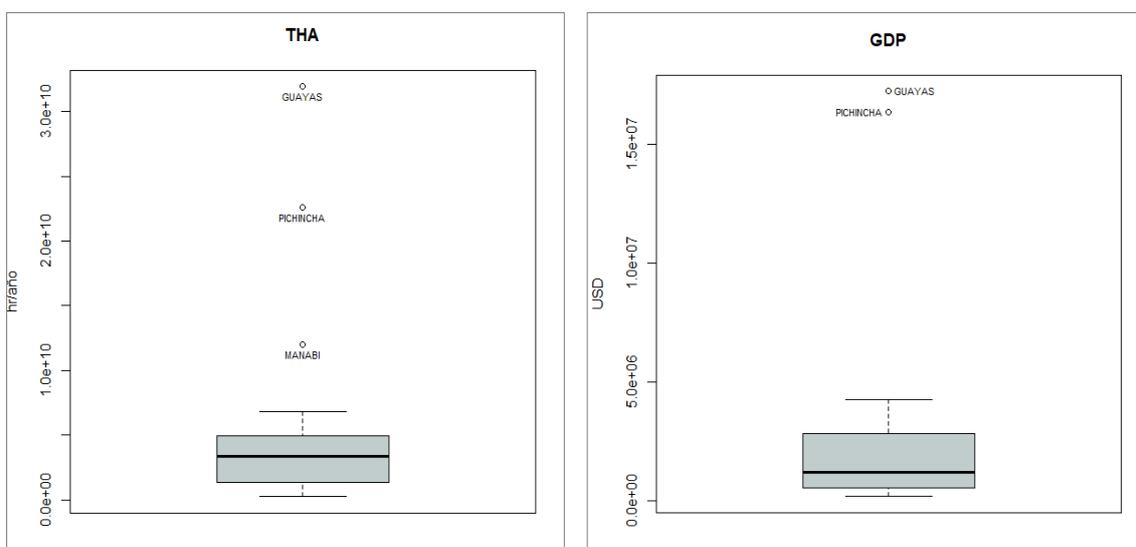


Figura 41. Gráfico de caja para las variables Actividad Humana Total (THA) y Producto Interno Bruto (GDP). **Fuente:** Elaboración propia.

La Actividad Humana Total (THA) representa el tiempo humano total disponible para realizar diferentes actividades económicas. La variable THA en Ecuador tiene valores elevados en las provincias más pobladas y con el mayor número de establecimientos industriales, que además corresponden con los valores del Producto Interno Bruto (GDP) más altos, en estos dos aspectos destacan las provincias de Guayas (THA= 3.193×10^{10} hr/año) y Pichincha (THA= 2.257×10^{10} hr/año) (Instituto Nacional

de Estadística y Censos, 2010). Es importante señalar que, según el Banco Central del Ecuador, las provincias con mayor aporte a la actividad productiva fueron Guayas (24.0%) y Pichincha (23.9%), que aportaron con el 47.9% del Producto Interno Bruto (PIB) del país. (Banco Central del Ecuador, 2011). Ver Figura 42.

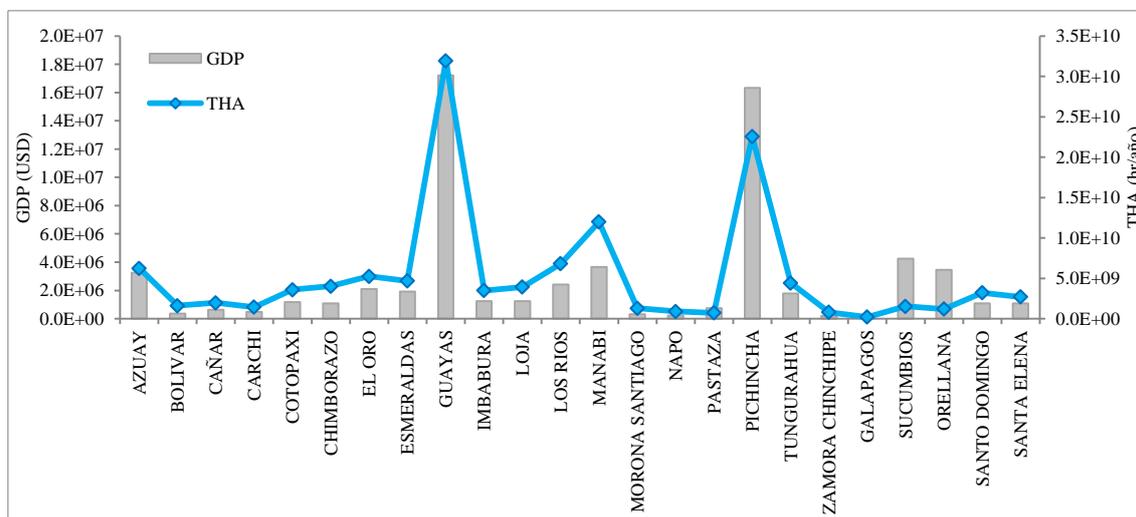


Figura 42. Producto interno bruto (GDP) per cápita y Actividad Humana Total (THA) de las 24 provincias de Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia.

Estadísticas descriptivas para la variable Total del rendimiento de energía eléctrica (TET) a nivel de sociedad en las 24 provincias de Ecuador.

Tabla 20

Estadísticas descriptivas para la variable Total del rendimiento de energía eléctrica (MJ).

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
TET	3.541e+09	1.198e+09	6.674 e+09	1.763e+08	2.739e+10	3.278e+08	2.047e+09

Fuente: Elaboración propia.

El TET de las provincias de Ecuador es relativamente constante en 21 provincias (por debajo de 5×10^9 MJ), con la excepción de Guayas (2.74×10^{10} MJ), Pichincha (1.75×10^{10} MJ) y Manabí (1.49×10^{10} MJ), que corresponden a los lugares más poblados de Ecuador según el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010a). Según, Censo Económico del año 2010, Guayas y Pichincha participan con el 23,4% y 22,2% del total de establecimientos económicos a nivel nacional, en donde se incluyen tanto compañías como los locales comerciales de personas naturales. Ver la Figura 44.

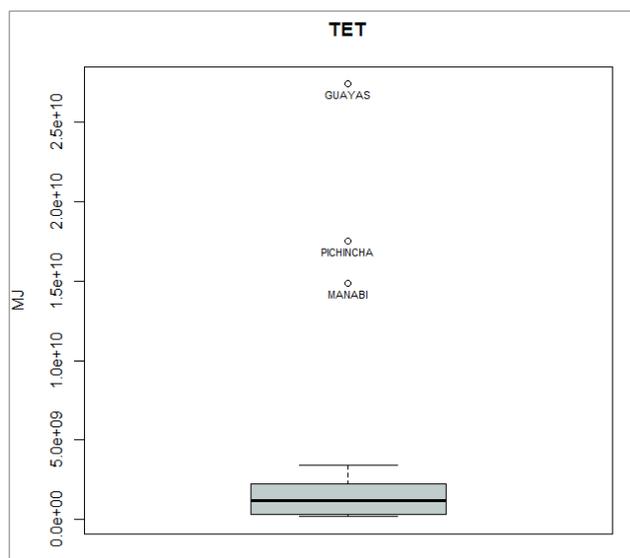


Figura 43. Gráfico de caja para la variable Total del rendimiento de energía eléctrica. **Fuente:** Elaboración propia.

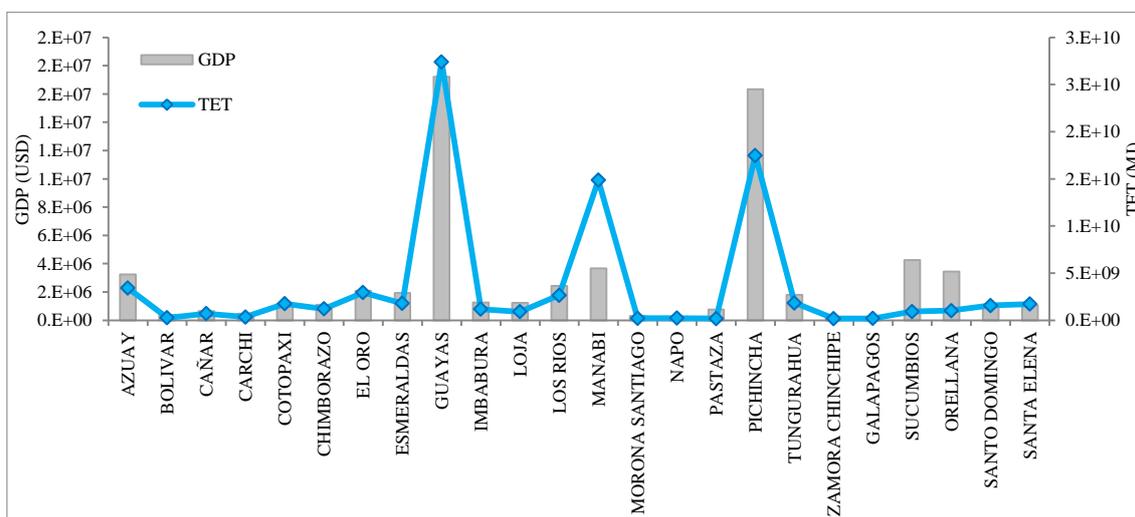


Figura 44. Producto Interno Bruto (GDP) y Total del rendimiento de energía eléctrica (TET) de las 24 provincias de Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia.

Estadísticas descriptivas para la variable Tasa de Energía Exosomática Promedio de la Sociedad (EMR_{SA}) a nivel de sociedad en las 24 provincias de Ecuador.

Tabla 21

Estadísticas descriptivas para la variable Tasa de Energía Exosomática Promedio de la Sociedad (MJ/hr).

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
EMR_{SA}	0.4840	0.4032	0.2792	0.1635	1.2379	0.2493	0.6056

Fuente: Elaboración propia.

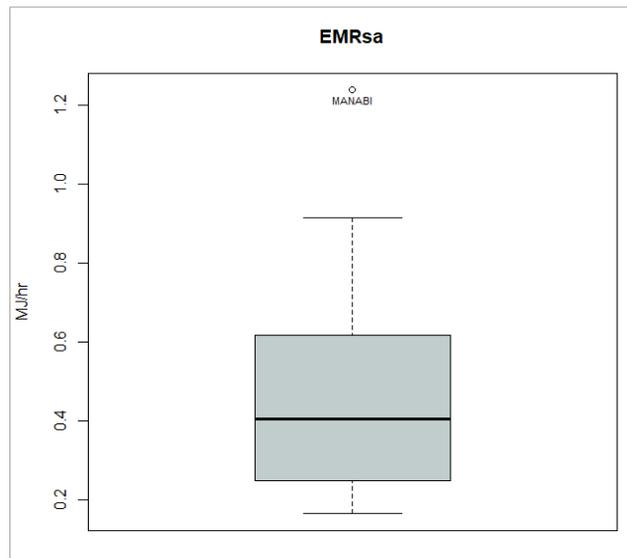


Figura 45. Gráfico de caja para la variable Tasa de Energía Exosomática Promedio de la Sociedad. **Fuente:** Elaboración propia.

Al observar el desempeño energético de las provincias de Ecuador se observa que el valor más elevado se encuentra en la provincia de Manabí (1.238 MJ/hr), esto se debe a que el consumo de energía en la provincia de Manabí creció más rápido que su población, según el INEC, Manabí tiene un crecimiento poblacional de 1.60%, mientras que Guayas y Pichincha, que son los lugares más poblados de Ecuador, tienen un crecimiento demográfico de 1.08% y 0.84%, respectivamente (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010a). Ver la Figura 46.

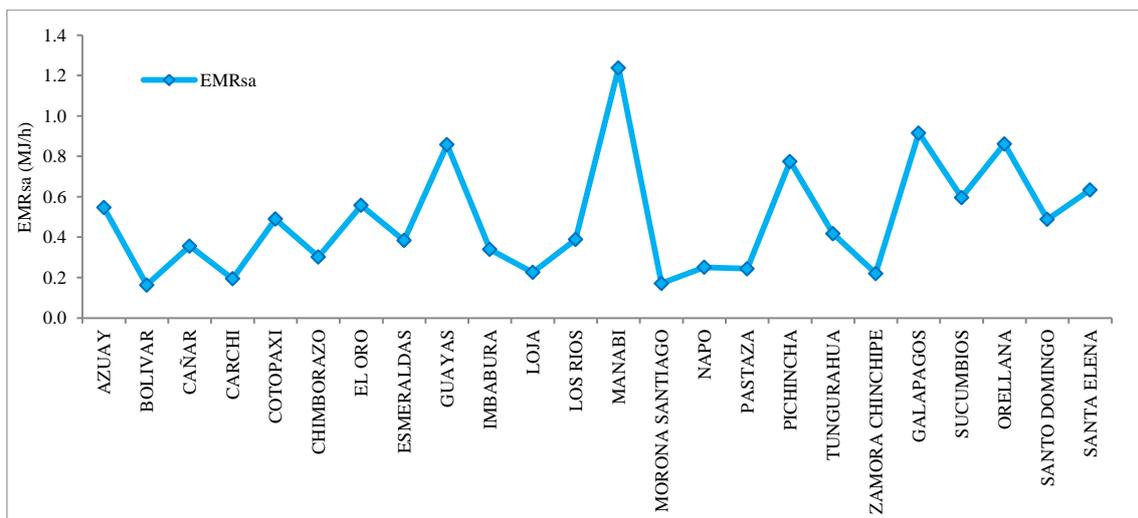


Figura 46. Tasa de Energía Exosomática Promedio de la Sociedad (EMR_{SA}) de las 24 provincias del Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia.

- **Nivel n-1: Trabajo Remunerado (PW) y hogares (HH)**

En el nivel n-1, las dos categorías consideradas son el trabajo remunerado (PW) y hogares (HH). En el protocolo de contabilidad MuSIASEM el PBI se atribuye enteramente al sector PW. En la Tabla 22 se presentan las estadísticas descriptivas para las variables Actividad Humana a nivel de trabajo remunerado y hogares en las 24 provincias de Ecuador.

Tabla 22

Estadísticas descriptivas para la variable Actividad Humana a nivel de trabajo remunerado y hogares (hr/año).

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
HA _{PW}	4.399e+08	2.794e+08	4.545 e+07	2.227e+07	2.606e+09	1.099e+08	4.436e+08
HA _{HH}	4.853e+09	3.077e+09	6.726 e+09	1.978e+08	2.933e+10	1.370e+09	4.480e+09

Fuente: Elaboración propia.

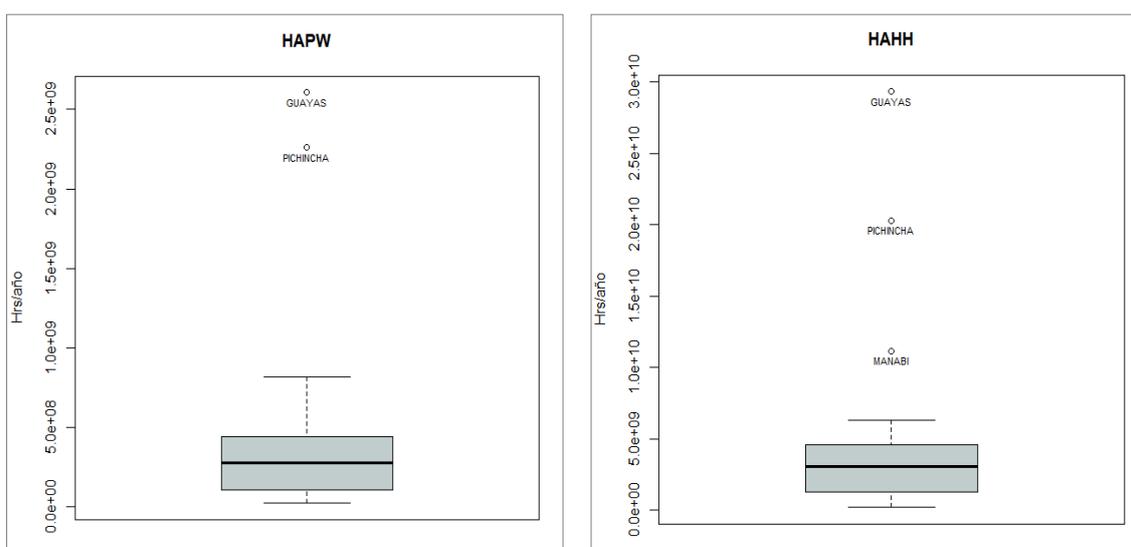


Figura 47. Gráfico de caja para la variable Actividad Humana a nivel de trabajo remunerado (PW) y hogares (HH). **Fuente:** Elaboración propia

Siguiendo el sistema de contabilidad, la actividad del PW representa un promedio del 8% del THA en las 24 provincias y la actividad del HH representa el 92% restante del THA.

Al analizar el desempeño del sector de los hogares, se debe dedicar atención particular a la estructura demográfica de la sociedad (Andreoni, 2017). Conforme a los datos presentados en el Anexo G, la mayoría de las provincias del Ecuador, excepción

de Guayas, Manabí y Pichincha, mantiene valores relativamente constantes en la variable HA_{HH} . Ver Figura 48. De resultados anteriores se conoce que las provincias más pobladas de Ecuador son Guayas y Pichincha.

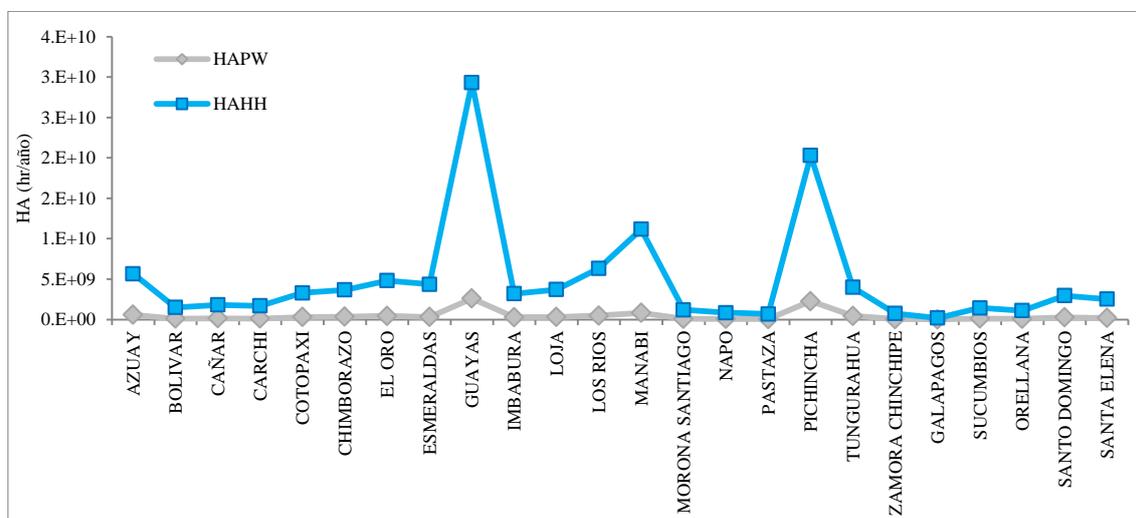


Figura 48. Actividad Humana a nivel de trabajo remunerado (PW) y hogares (HH) de las 24 provincias de Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia.

En el caso de la Provincia de Guayas, según el INEC, la población de la provincia se concentra entre las edades de 10 a 14 años (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010b), ésta población se encuentra en edad de no trabajar, por lo cual la actividad humana en el sector hogares (2.933×10^{10} hr/año) de esta provincia es mayor que en el resto. Ver Figura 49.

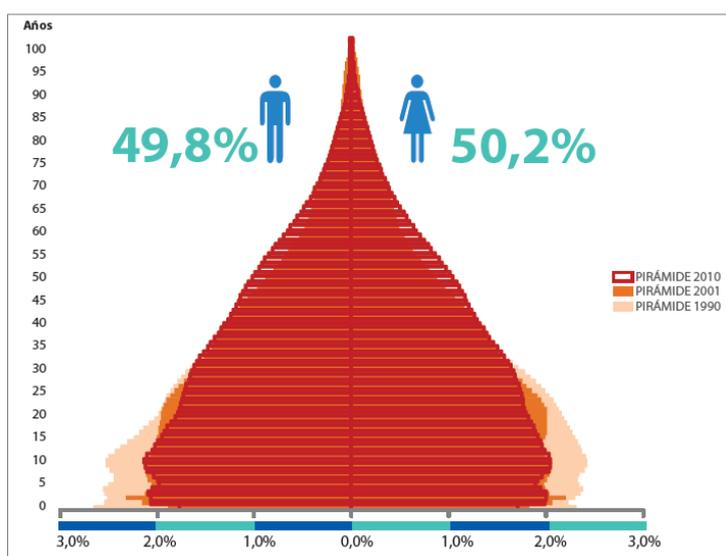


Figura 49. Pirámide Poblacional de la Provincia de Guayas. **Fuente:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010b.

En el caso de la Provincia de Pichincha, con el segundo valor más alto en la actividad humana en el sector hogares (2.031×10^{10} hr/año), la población de la provincia

se encuentra distribuida principalmente en edades jóvenes hasta los 29 años. Esa población comprendida entre las edades de 0 años hasta 29 años, representa el 56.3% del total de la población en Pichincha, de ese 56.3%, el 28.1% se encuentra en edad de no trabajar (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010c). Ver Figura 50.

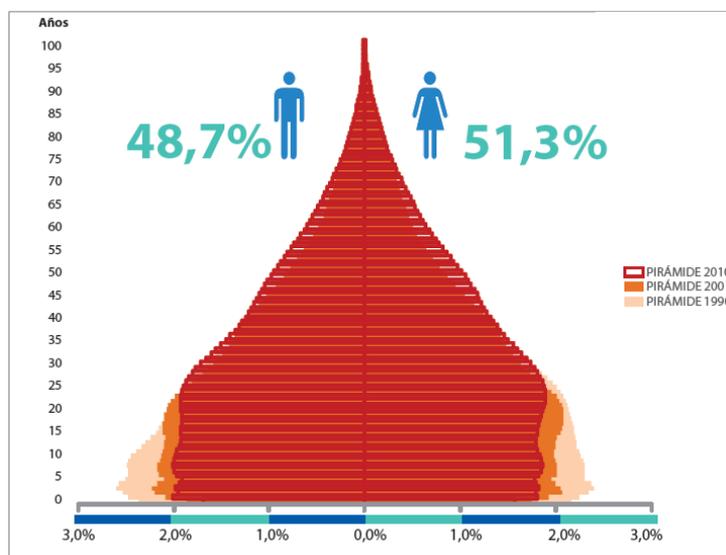


Figura 50. Pirámide Poblacional de la Provincia de Pichincha. **Fuente:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010c.

La EMR_{PW} se puede utilizar como un proxy para el nivel de capitalización de la economía. Por otro lado, EMR_{HH} se puede utilizar como un proxy para el nivel de vida material de los hogares (Velasco-Fernández, Ramos-Martín, & Giampietro, 2015). En la Tabla 23 se presenta las estadísticas descriptivas para la variable Tasa de Energía Exosomática a nivel de trabajo remunerado y hogares (EMR_{PW} y EMR_{HH}) en las 24 provincias de Ecuador.

Tabla 23

Estadísticas descriptivas para la variable Tasa de Energía Exosomática a nivel de trabajo remunerado y hogares (MJ/hr).

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
EMR_{PW}	30.025	13.178	36.043	3.919	163.442	9.076	41.448
EMR_{HH}	2.5850	0.9759	7.0020	0.1834	35.1762	0.7117	1.3254

Fuente: Elaboración propia.

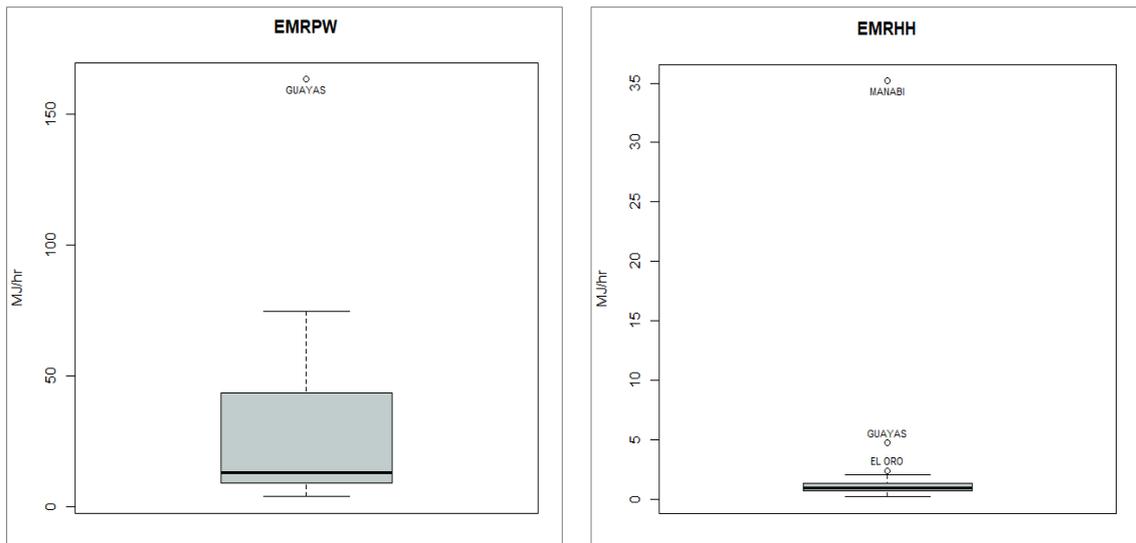


Figura 51. Gráfico de caja para la variable Tasa de Energía Exosomática a nivel de trabajo remunerado y hogares (EMR_{PW} y EMR_{HH}). **Fuente:** Elaboración propia

Al observar los datos de Ecuador, el EMR_{PW} más alto corresponde a la provincia de Guayas con 163.442 MJ/hr, la estructura económica de Guayas se basa en los sectores agrícola, pesquero, manufacturero, comercial y de construcción. El sector económico más importante en Guayas es el sector manufacturero; este sector introdujo la maquinaria y la tecnología y, por lo tanto, impulsó la productividad y aumento del consumo de energía.

El EMR_{HH} más alto en Ecuador se encuentra en la provincia de Manabí con 35.176 MJ/hr, lo que muestra que el mayor aumento en el consumo de energía se dirigió a aumentar el material de la vida estándar. La población de la provincia de Manabí, según el Censo del 2010, se concentra en edades jóvenes; del total de la población, el 79% de ella se encuentra en edad de trabajar, de la población en edad de trabajar el 46% pertenece a la Población Económicamente Activa y el 54% pertenece a la Población Económicamente Inactiva (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010d). El segundo valor más elevado en la variable EMR_{HH} se encuentra en Guayas, del total de la población en la provincia de Guayas, el 80% se encuentra en edad de trabajar, de la población en edad de trabajar el 52% pertenece a la Población Económicamente Activa y el 48% a la Población Económicamente Inactiva (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010b). Ver Figura 52.

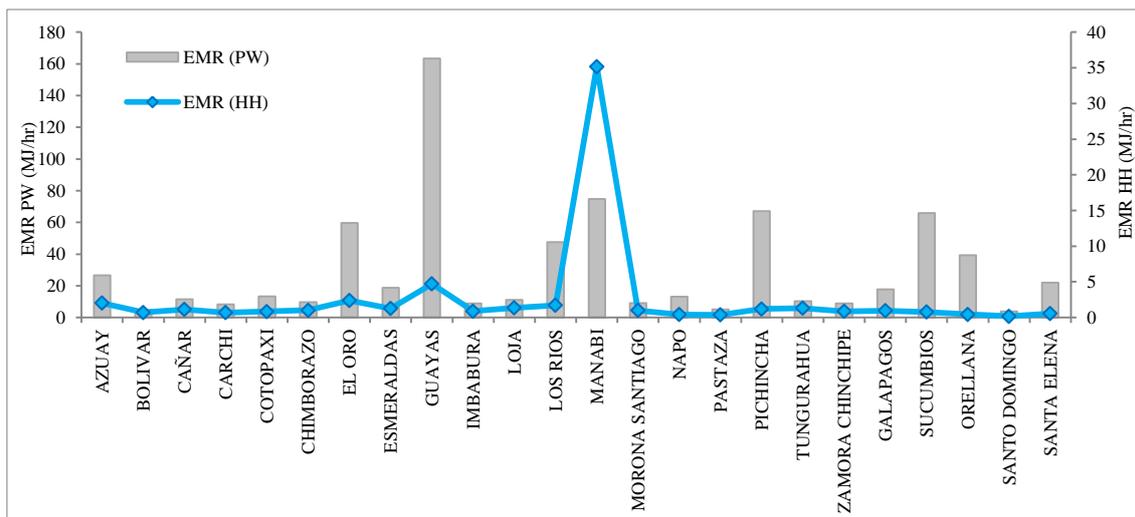


Figura 52. Tasa de Energía Exosomática a nivel de trabajo remunerado (EMR_{PW}) y hogares (EMR_{HH}) de las 24 provincias de Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia.

Productividad Económica del Trabajo (ELP_{PW}) es la cantidad de valor añadido producido (USD) por hora de actividad humana.

Tabla 24. Estadísticas descriptivas para la variable Productividad Económica del Trabajo (USD/hr).

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
ELP_{PW}	9.378	5.353	14.473	3.243	68.327	3.940	6.466

Fuente: Elaboración propia.

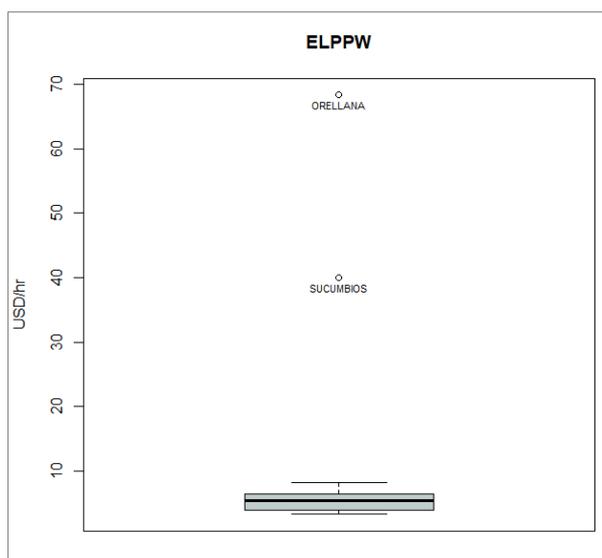


Figura 53. Gráfico de caja para la variable Productividad Económica del Trabajo (ELP_{PW}). **Fuente:** Elaboración propia.

La Figura 54 muestra la variable ELP_{PW} , donde Sucumbíos y Orellana tienen el valor más alto con 39.922 (USD/hr) y 68.329 (USD/hr) respectivamente. Las provincias de Orellana y Sucumbíos tienen también una participación notable en la economía nacional, y el valor agregado que generan está directamente vinculado a la actividad petrolera. Esto se debe a que los cantones de Putumayo y Cuyabeno (Sucumbíos) y el cantón de la Joya de los Sachas (Orellana) pertenecen a las regiones petroleras de Ecuador. Al considerar una economía petrolera, las provincias de Orellana y Sucumbíos presentan valores de PIB per cápita muy altos, sin embargo no emplean más del 2% de personal nacional, lo que corrobora la baja capacidad del sector petrolero de generar empleo (Mendieta-Muñoz, 2015).

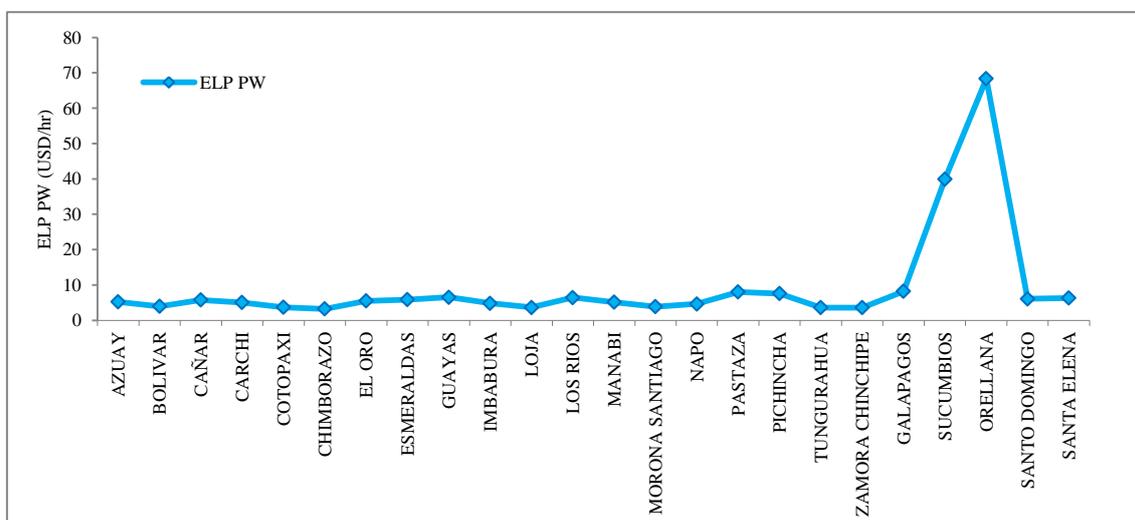


Figura 54. Productividad Económica del Trabajo (ELP_{PW}) de las 24 provincias de Ecuador.
Fuente: Elaboración propia.

- **Nivel n-2: Principales Sectores Productivos**

En el nivel n-2, PW es subdividido en tres sectores: Agricultura y pesca (AG), Industria (PS) y Servicios y Gobierno (SG). En la Tabla 25 se presentan las estadísticas descriptivas para la variable Actividad Humana por sector económico en las 24 provincias de Ecuador.

Tabla 25

Estadísticas descriptivas para la variable Actividad Humana por sector económico (hr/año).

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
HA_{AG}	9.263e+07	6.040e+07	8.196e+07	2.063 e+06	3.498e+08	3.801e+07	1.148e+08

Continuación de Tabla 25.

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
HA _{PS}	1.007e+08	5.384e+07	1.603e+08	3.900e+06	6.112e+08	1.562e+071	8.972e+07
HA _{SG}	2.465e+08	1.317e+08	4.228e+08	1.631e+07	1.645e+09	4.106e+07	2.061e+08

Fuente: Elaboración propia.

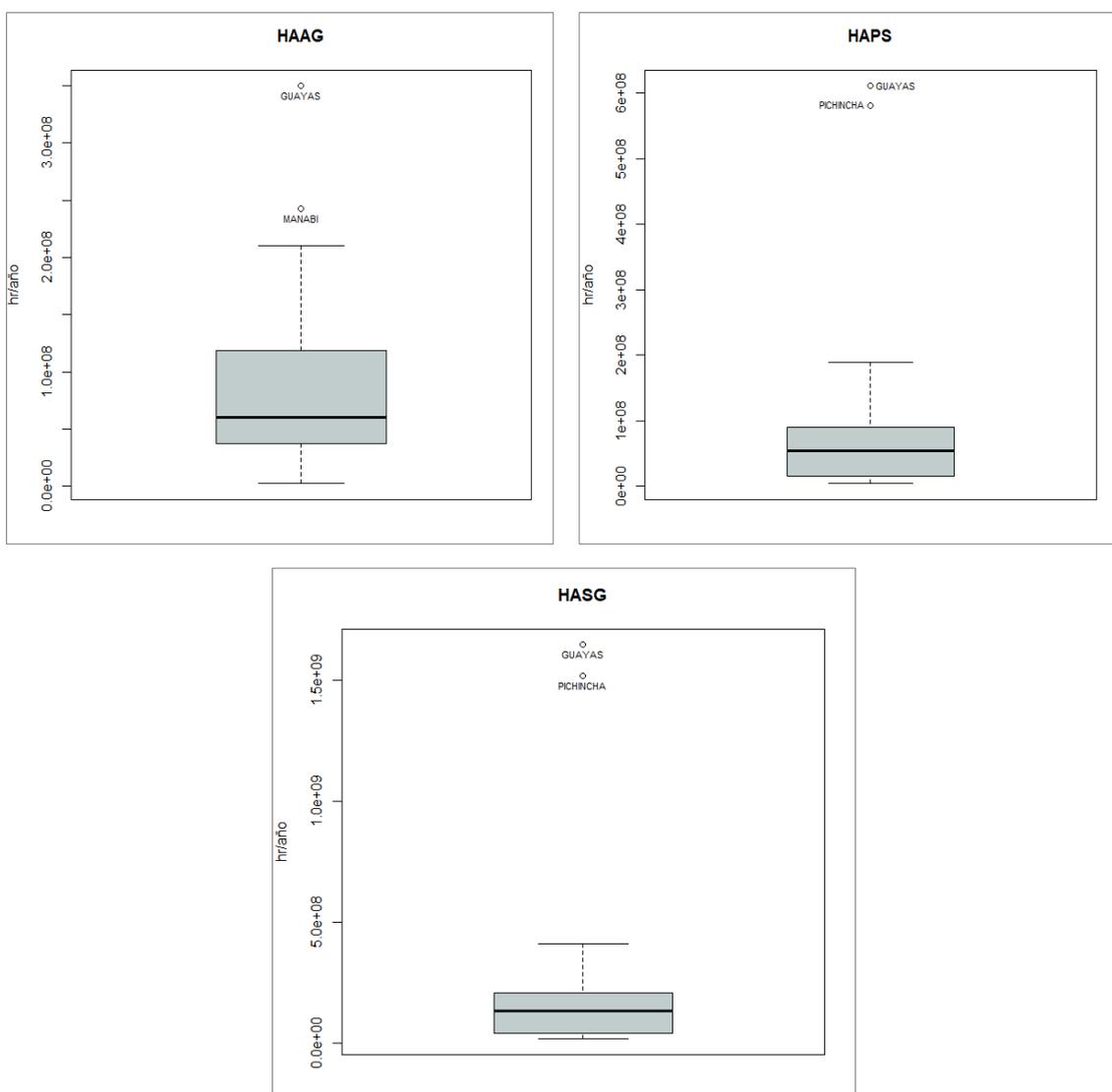


Figura 55. Gráfico de caja para la variable Actividad Humana por sector económico (HA_{AG}, HA_{PS} y HA_{SG}). **Fuente:** Elaboración propia.

Según Giampietro et al., los sectores económicos que absorben la mayor parte de la actividad humana indicarán el nivel de desarrollo de la economía. Por ejemplo, estos autores afirman que, en las sociedades más desarrolladas, una gran proporción de la

actividad humana se asigna generalmente a los sectores SG y PS, mientras que el sector AG recibe solo una parte menor.

Los valores más elevados de la Actividad Humana por sector económico (HA_i) en Ecuador se ubican en el sector Servicio y Gobierno (SG). En la Figura 56 se observa que los tres sectores económicos presentan valores altos en la provincia de Guayas. La economía de la Provincia de Guayas está compuesta de actividades económicas relaciones a la construcción, el comercio al por mayor y menor, actividades inmobiliarias, el procesamiento y conservación de camarón y la agricultura.

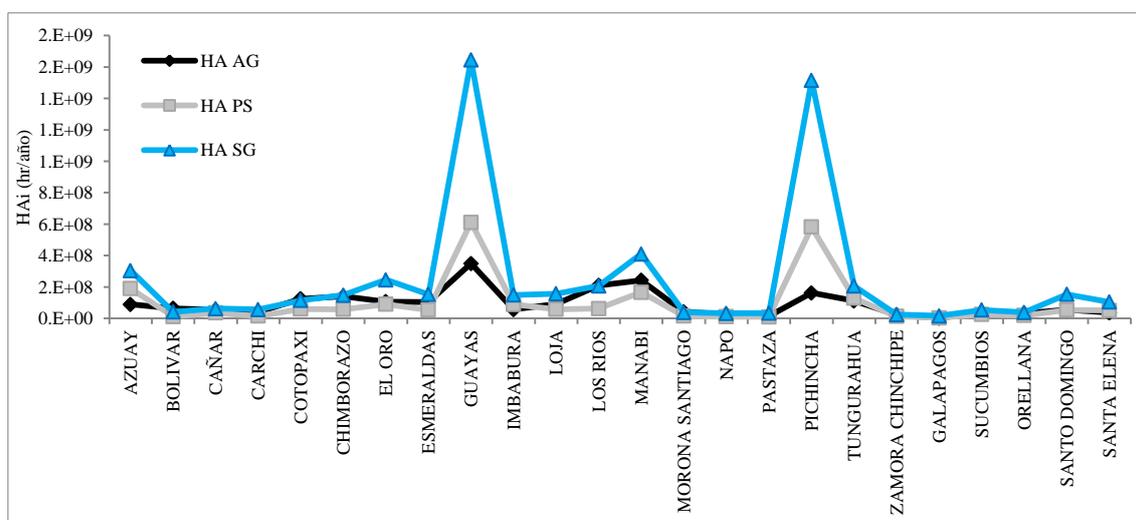


Figura 56. Actividad Humana por sector económico (HA_{AG} , HA_{PS} y HA_{SG}) de las 24 provincias de Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia.

Las estadísticas descriptivas para la variable Tasa de Energía Exosomática por sector económico (EMR_{AG} , EMR_{PS} y EMR_{SG}) en las 24 provincias de Ecuador se presentan en la Tabla 26.

Tabla 26
Estadísticas descriptivas para la variable Tasa de Energía Exosomática por sector económico (MJ/hr).

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
EMR_{AG}	17.244	8.469	19.611	2.706	70.937	5.809	17.818
EMR_{PS}	41.893	12.637	67.030	0.599	307.612	7.054	47.318

Continuación de Tabla 26.

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
EMR _{SG}	40.478	15.816	55.764	3.829	222.805	10.616	35.089

Fuente: Elaboración propia.

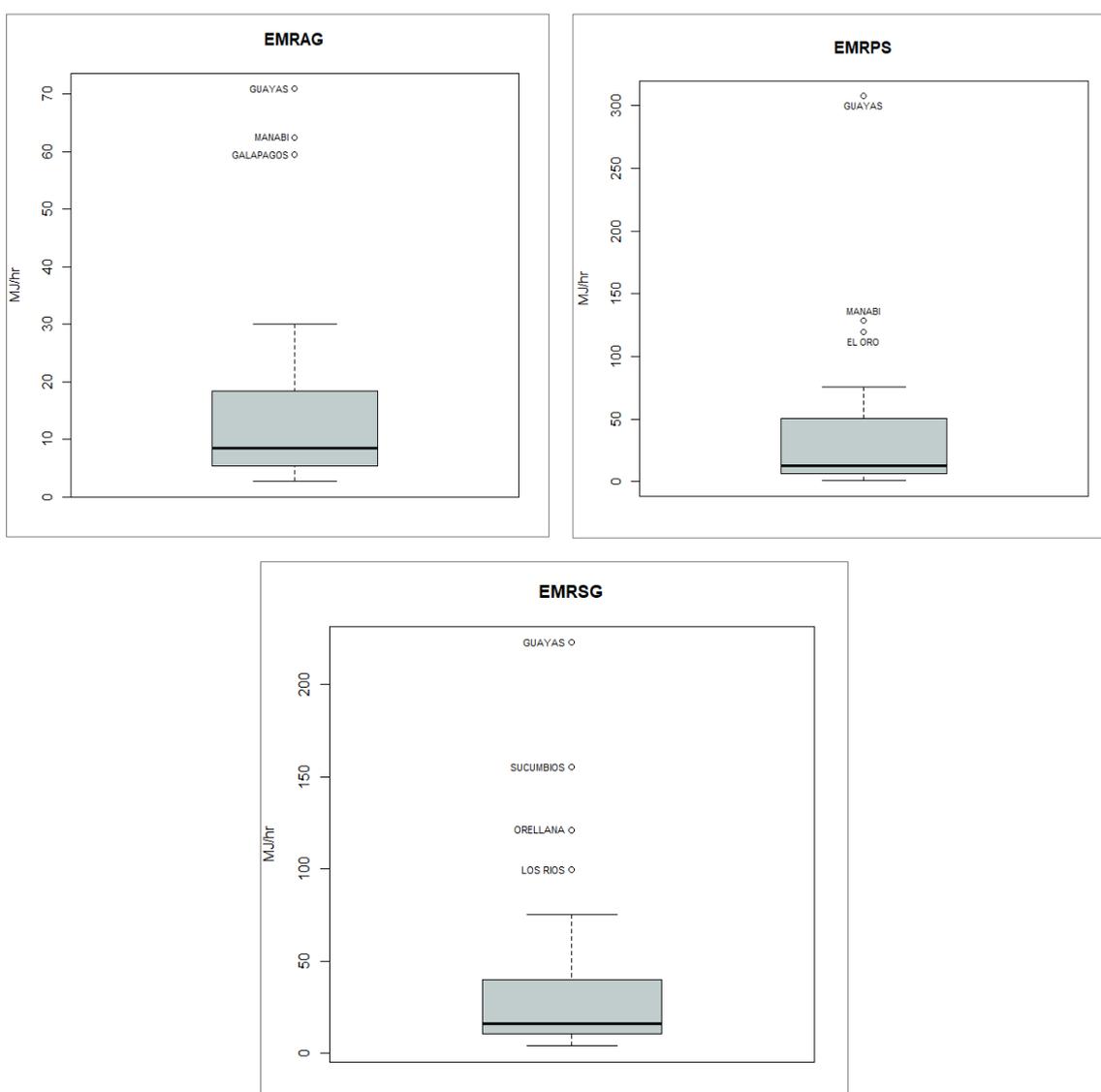


Figura 57. Gráfico de caja para la variable Tasa de Energía Exosomática por sector económico (EMR_{AG}, EMR_{PS} y EMR_{SG}). **Fuente:** Elaboración propia.

Los valores más altos de la Tasa Metabólica Exosomática por sector económico (EMR_i) en Ecuador se ubican en el sector Productivo (PS) a excepción de Los Ríos, Sucumbíos y Orellana, estos tres lugares tienen altos valores de EMR en el sector Servicios y Gobierno (SG) En la Figura 58 podemos ver que los tres sectores económicos tienen valores altos en la provincia de Guayas; en este lugar, el sector PS

(EMR_{PS}) compuesto de actividades industriales con un alto requerimiento de material y demanda de energía tiene el nivel más alto de EMR por hora (307.612 MJ/hr); esto se debe a que el sector económico más importante en Guayas es el sector manufacturero. Además, el sector Servicios y Gobierno (SG) tiene un EMR por hora de 222.805 MJ/hr y el sector Agrícola (AG) tiene un EMR por hora de 70.937 MJ/hr.

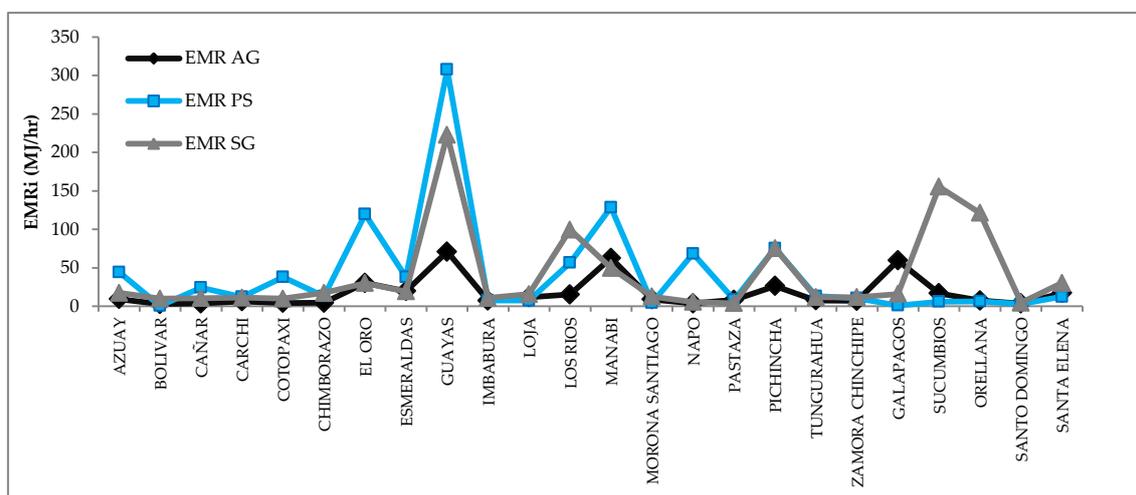


Figura 58. Tasa de Energía Exosomática por sector económico (EMR_{AG}, EMR_{PS} y EMR_{SG}) de las 24 provincias de Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente, en la Tabla 27 se presentan las estadísticas descriptivas para las variables Productividad Económica Laboral por sector económico en las 24 provincias de Ecuador.

Tabla 27

Estadísticas descriptivas para la variable Productividad Económica Laboral por sector económico (USD/hr).

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
ELP _{AG}	3.251	2.438	2.055	0.734	7.756	1.928	4.091
ELP _{PS}	24.802	5.441	67.896	2.921	311.498	4.383	7.569
ELP _{SG}	7.088	6.845	1.232	5.067	10.540	6.437	7.583

Fuente: Elaboración propia.

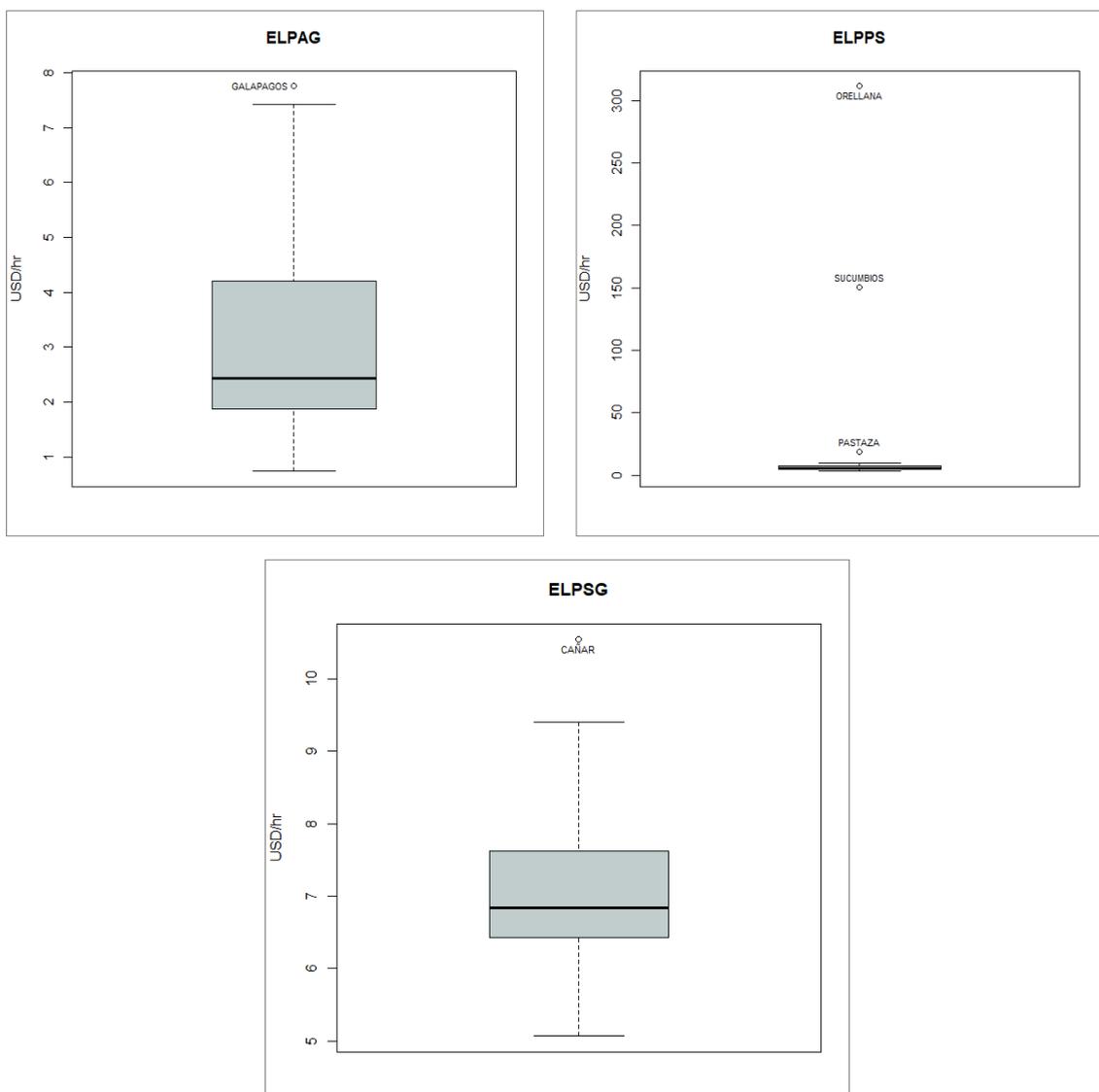


Figura 59. Gráfico de caja para la variable Productividad Económica Laboral por sector económico (ELP_{AG}, ELP_{PS} y ELP_{SG}). **Fuente:** Elaboración propia

La Productividad Económica Laboral está representada en la Figura 60. Los valores más altos de productividad laboral en el sector SG están en las provincia de: Bolívar (6.988 USD/hr), Cañar (10.540 USD/hr), Cotopaxi (6.448 USD/hr), Chimborazo (6.500 USD/hr), El Oro (7.013 USD/hr), Imbabura (6.888 USD/hr), Loja (6.821 USD/hr), Los Ríos (7.544 USD/hr), Manabí (6.54 USD/hr), Morona Santiago (7.761 USD/hr), Napo (7.134 USD/hr), Tungurahua (6.315 USD/hr), Zamora Chichimpe (7.496 USD/hr); en el caso de las provincias de Pichincha (ELP_{SG}= 7.700 USD/hr y ELP_{AG}= 7.430 USD/hr) y Galápagos (ELP_{SG}=8.973 USD/hr y ELP_{AG}= 7.756 USD/hr), tienen valores similares en los sectores SG y AG; y los valores más altos de productividad laboral en el sector PS se encuentran en las provincias de: Azuay (7.766 USD/hr), Carchi (6.205 USD/hr), Esmeraldas (5.792 USD/hr), Guayas (7.692 USD/hr),

Pastaza (18.930 USD/hr), Sucumbíos (150.744 USD/hr), Orellana (311.498 USD/hr), Santo Domingo (7.529 USD/hr) y Santa Elena (9.639 USD/hr). El sector PS tiene valores máximos en las provincias de Orellana y Sucumbíos, como se mencionó anteriormente ambos lugares pertenecen a la región petrolera de Ecuador y presentan valores de PIB per cápita muy altos, sin embargo no emplean más del 2% de personal nacional.

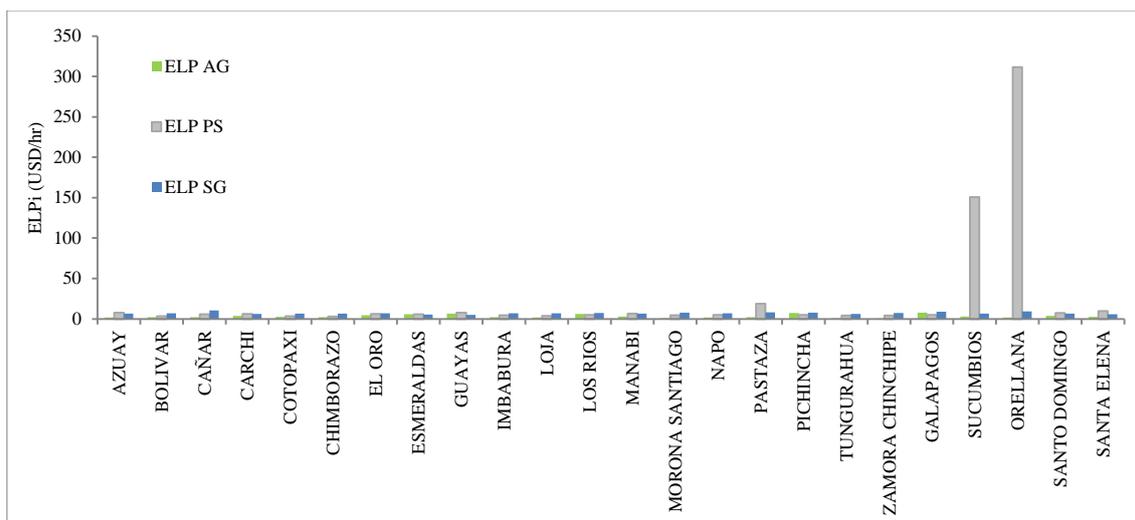


Figura 60. Productividad Económica Laboral por sector económico (ELP_{AG} , ELP_{PS} y ELP_{SG}) de las 24 provincias de Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia.

En el análisis descriptivo se presentaron los resultados obtenidos para las 24 provincias de Ecuador, como se mencionó al principio de esta sección de resultados, colocar los valores de los 221 cantones es poco práctico para su visualización. Una manera de visualizar dichos resultados es con la ayuda de los Sistemas de Información Geográficos (SIG); a continuación se presentan los resultados para las variables de THA, TET y ELP_{PW} para los 221 cantones ecuatorianos, utilizando mapas para mostrar los valores de cada variable.

En la Figura 61 se muestran los valores de THA para los 221 cantones ecuatorianos. Se puede observar que los valores más altos para esta variable corresponde al verde más intenso en el mapa; en este color se encuentran los cantones de Guayaquil (Provincia de Guayas) y Quito (Provincia de Pichincha). Según el INEC, Guayaquil el cantón más poblado del país, con una población de 2 350 915 habitantes, seguido por el cantón de Quito, con una población de 1 150 380 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010).

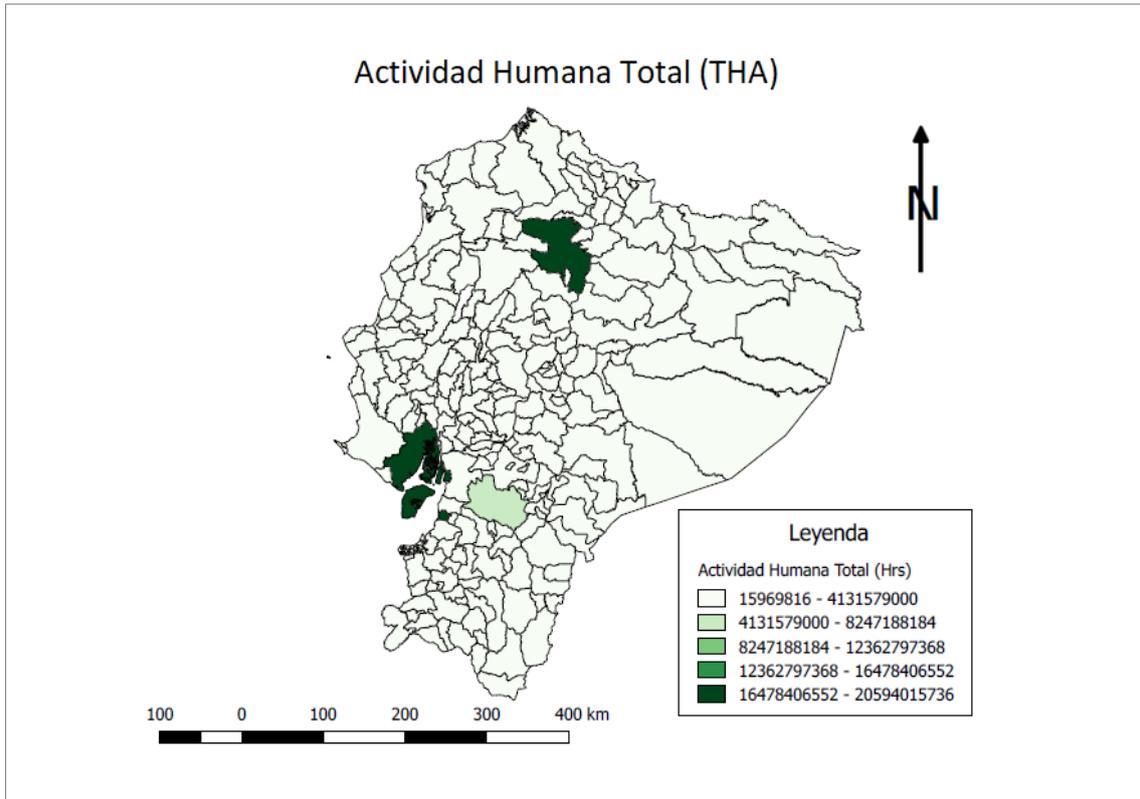


Figura 61. Mapa de la Actividad Humana Total de los 221 cantones ecuatorianos. **Fuente:** Elaboración propia.

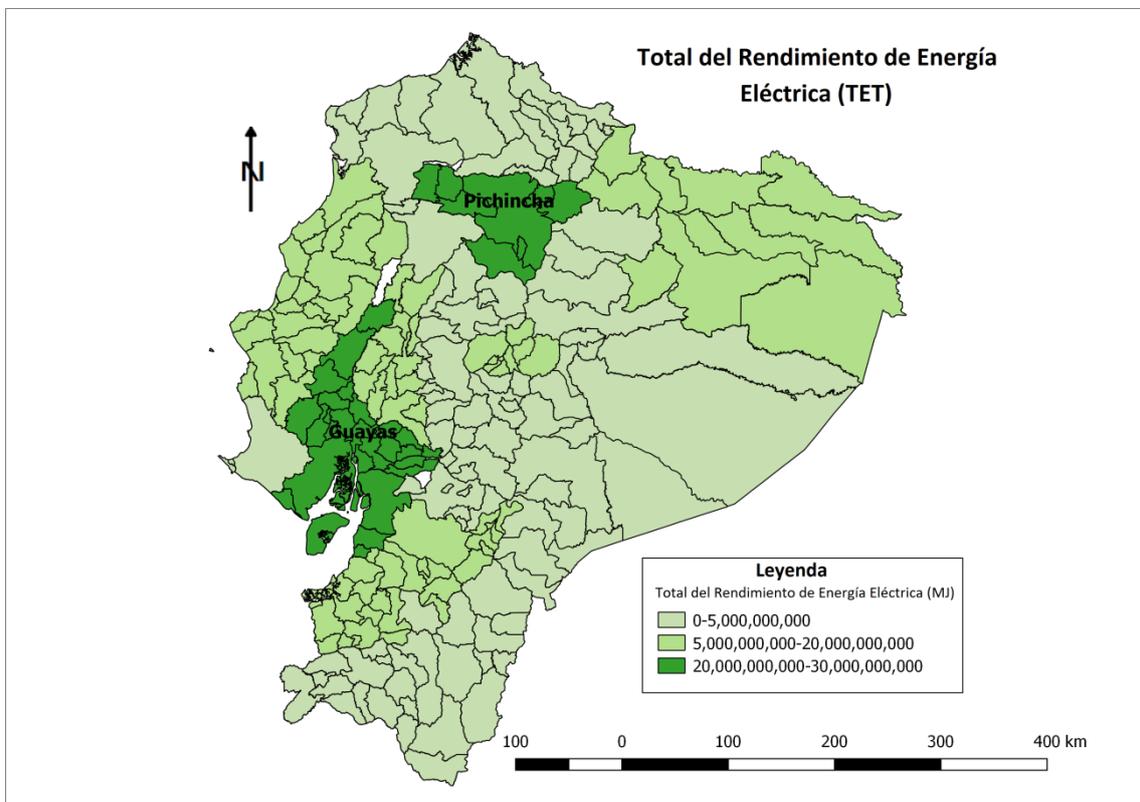


Figura 62. Mapa del Total del Rendimiento de Energía Eléctrica de los 221 cantones ecuatorianos. **Fuente:** Elaboración propia.

En la Figura 62 se muestran los valores de TET para los 221 cantones ecuatorianos. Se puede observar que los valores más altos para esta variable corresponde al verde más intenso en el mapa; en este color se encuentran todos los cantones de la provincia de Guayas (Alfredo Baquerizo Moreno, Balao, Balzar, Colimes, Coronel Marcelino Maridueña, Daule, El Empalme, El Triunfo, Eloy Alfaro, General Antonio Elizalde, Guayaquil, Isidro Ayora, Lomas de Sargentillo, Milagro, Naranjal, Naranjito, Nobol, Palestina, Pedro Carbo, Playas, Samborondón, Santa Lucía, Simón Bolívar, Salitre e Yaguachi) y todos los cantones de la provincia de Pichincha (Cayambe, Mejía, Pedro Moncayo, Pedro Vicente Maldonado, Puerto Quito, Quito, Rumiñahui y San Miguel de los Bancos).

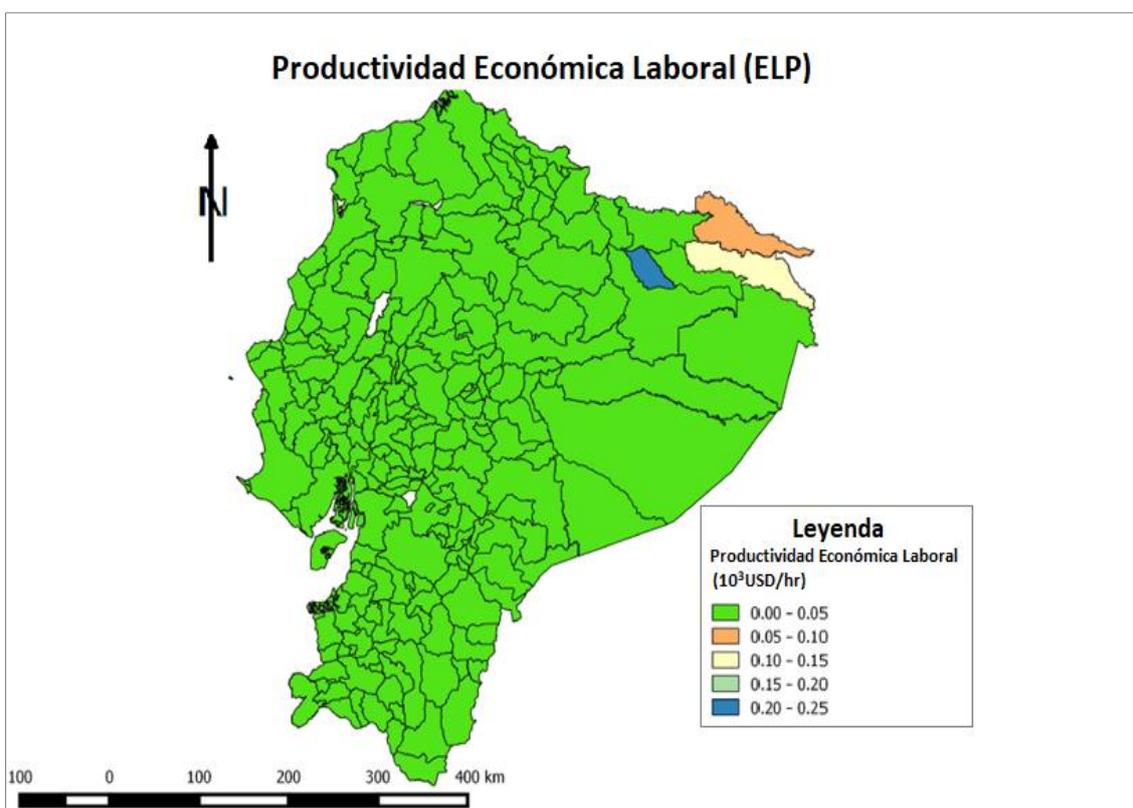


Figura 63. Mapa de la Productividad Económica Laboral de los 221 cantones ecuatorianos.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 63 se muestran los valores de ELP_{PW} para los 221 cantones ecuatorianos. Se puede observar que los valores más altos para esta variable corresponde al color azul en el mapa; en este color se encuentran el cantón La Joya de los Sachas (Provincia de Orellana). Según el INEC, es el segundo cantón más poblado de la provincia de Orellana, con una población de 17 675 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010). Es una zona petrolera, agrícola y ganadera, con problemas de contaminación ambiental por la explotación del petróleo y el paso del

oleoducto por la ciudad. Los cantones Putumayo y Cuyabeno (Provincia de Sucumbíos), que aparecen en color naranja y crema respectivamente, como ya se mencionó en el análisis por provincias también pertenecen a las regiones petroleras del país.

Como se mencionó en el punto 3.4.2. de la metodología, para la aplicación de la gramática MuSIASEM en el estudio del metabolismo social del agua en el Ecuador, se utilizaron las variables GWU, NWU y WMR, en los diferentes niveles jerárquicos (el conjunto n, las partes en el nivel n-1 y las partes del trabajo remunerado en el nivel n-2), en las 9 demarcaciones hidrográficas que componen el país.

Utilizando las variables presentadas en las Tablas 8, 15 y 16 se comparó el desempeño del sistema socioeconómico en términos relacionados al metabolismo del agua.

- **Nivel n: Sociedad**

Estadísticas descriptivas para las variables Actividad Humana Total y Producto Interno Bruto a nivel de sociedad en las 24 provincias de Ecuador.

Tabla 28

Estadísticas descriptivas para la variable Uso Bruto de Agua (l/hr).

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
GWU	1.907e+08	1.298e+07	5.322e+08	1.303e+06	1.610e+09	4.824e+06	2.028e+07

Fuente: Elaboración propia.

El Uso Bruto de Agua (GWU) representa el volumen total de agua apropiada por la sociedad, por lo que incluye al agua no contabilizada y a las pérdidas. El GWU para cada demarcación hidrográfica, es el resultado de la suma de las concesiones para todos los usos dadas por la Secretaría Nacional del Agua. La variable GWU en Ecuador tiene el valor más elevado en la demarcación hidrográfica de Napo. Según el SENAGUA demarcaciones como Napo, son las que concentran mayores cantidades de caudal autorizado, sobre todo para generación de energía y riego (Secretaria del Agua et al., 2017). Ver Figura 64.

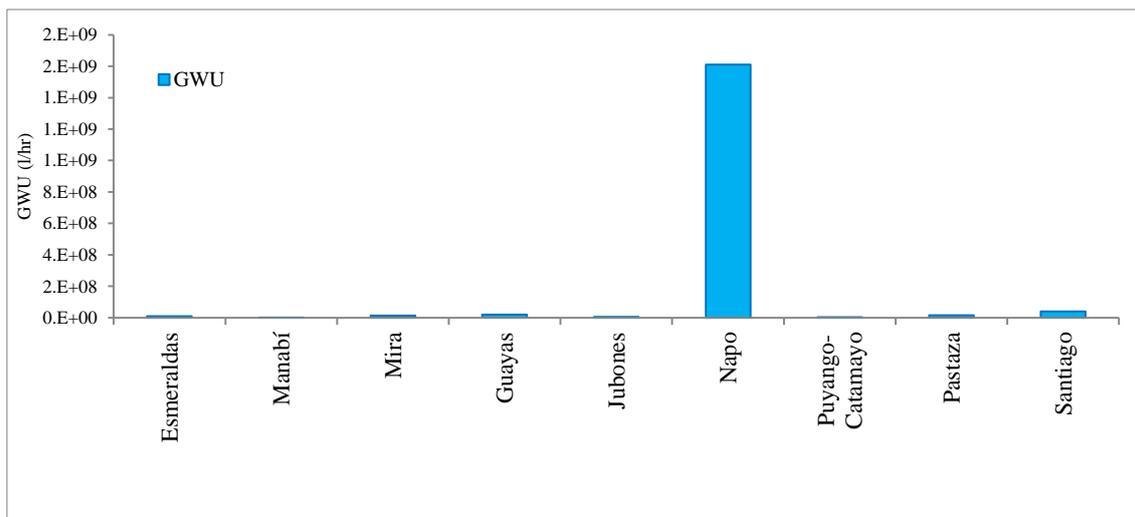


Figura 64. Uso Bruto de Agua (GWU) de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.

Fuente: Elaboración propia.

Estadísticas descriptivas para la variable Tasas Metabólicas del Agua Promedio de la Sociedad (WMR_{SA}) a nivel de sociedad en las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.

Tabla 29

Estadísticas descriptivas para la variable Tasas Metabólicas del Agua Promedio de la Sociedad (l/hr).

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
WMR_{SA}	0.0490	0.0012	0.1431	0.0001	0.4307	0.0004	0.0024

Fuente: Elaboración propia.

Al observar el desempeño en cantidad de agua utilizada por hora de actividad humana presentada en la Figura 65, al igual que en el gráfico anterior de uso bruto de agua, Ecuador tiene el valor más elevado de WMR_{SA} en la DH Napo, como ya se ha comentado anteriormente, esto se debe que ésta demarcación concentran mayores cantidades de caudal autorizado, sobre todo para generación de energía y riego.

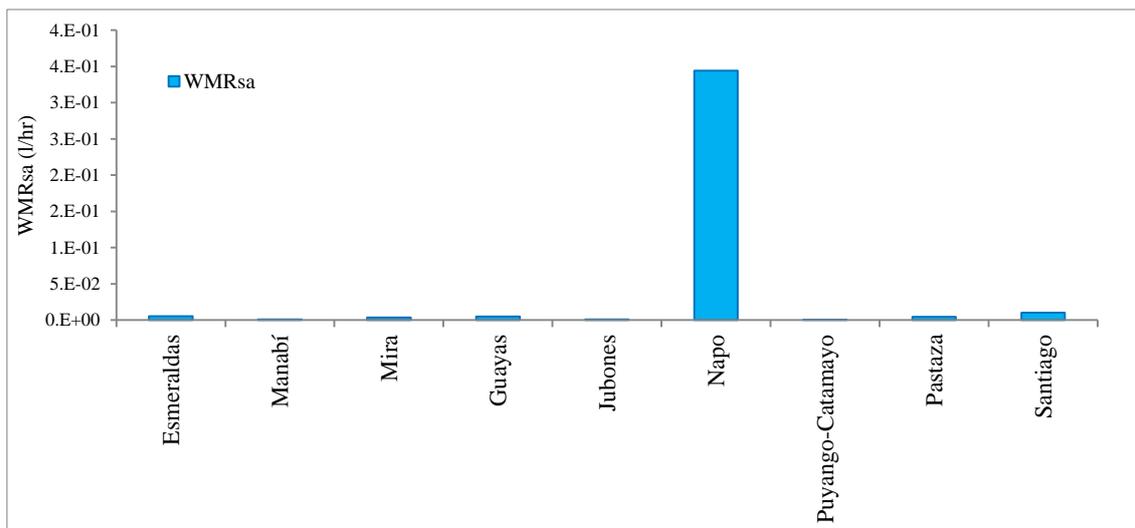


Figura 65. Tasa de Energía Exosomática Promedio de la Sociedad (EMR_{SA}) de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia.

- **Nivel n-1: Trabajo Remunerado (PW) y hogares (HH)**

En el nivel n-1, la variable considerada es el Uso Neto del Agua (NWU), que está relacionada al flujo de agua que llega efectivamente a los usuarios finales y les proporciona un servicio. En la Tabla 30 se presentan las estadísticas descriptivas para la variable Uso Neto del Agua, a nivel de trabajo remunerado y hogares en las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.

Tabla 30

Estadísticas descriptivas para la variable Uso Neto del Agua a nivel de trabajo remunerado y hogares (l/hr).

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
NWU _{HH}	284000	187200	343108.7	7200	1105200	68400	360000
NWU _{PW}	1.904e+08	1.287e+07	5.323E+8	1.980e+05	1.610e+09	4.756e+06	2.026e+07

Fuente: Elaboración propia.

Conforme a los datos presentados en la Figura 66, la demarcación hidrográfica con más consumo de agua en los hogares es la DH Manabí, el 85% del caudal autorizado se utiliza para el consumo humano (

Figura 67) y la demarcación hidrográfica con más consumo en el trabajo remunerado es la DH Napo, solo el 0.0004% del caudal autorizado se utiliza para el

consumo humano en esta demarcación, siendo el 99.9996% del caudal autorizado utilizado en el sector remunerado, especialmente en la generación de energía (99.9546%).

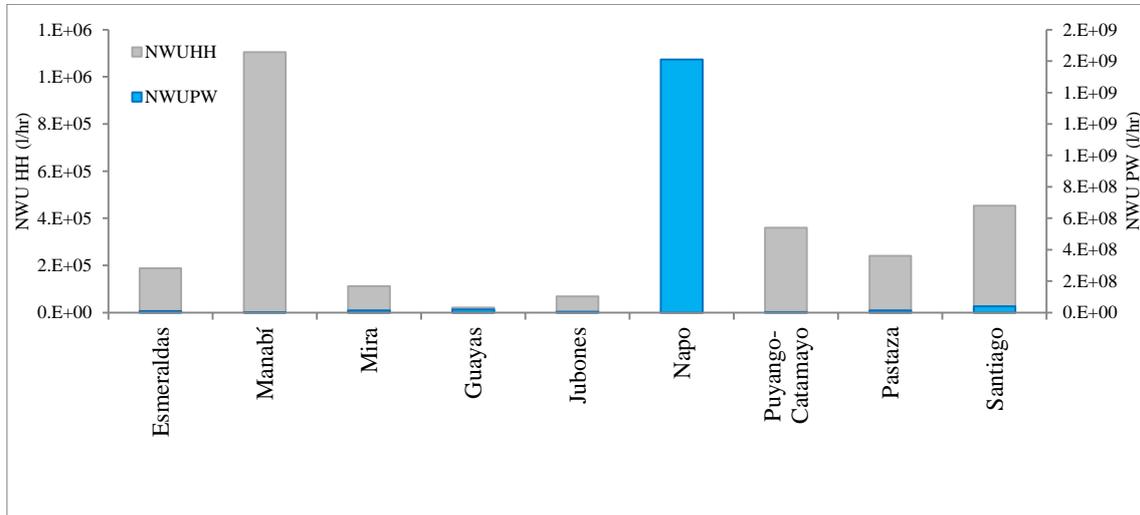


Figura 66. Uso Neto del Agua a nivel de trabajo remunerado (PW) y hogares (HH) de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia.

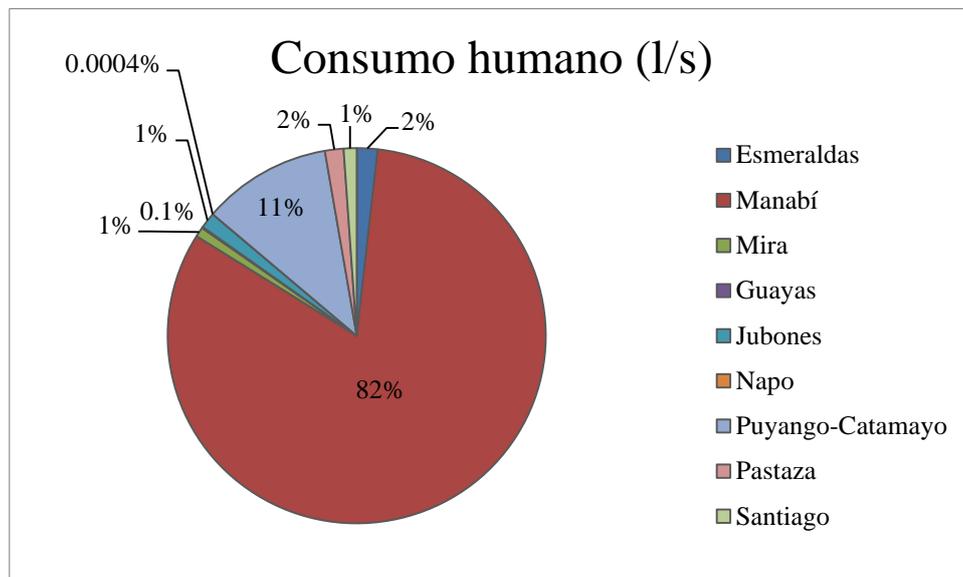


Figura 67. Participación porcentual de caudal autorizado por demarcación según el consumo humano. **Fuente:** Elaboración propia a partir de Secretaria del Agua et al., 2017.

En la Tabla 31 se presenta las estadísticas descriptivas para la variable Tasas Metabólicas del Agua a nivel de trabajo remunerado y hogares (EMR_{PW} y EMR_{HH}) en las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.

Tabla 31

Estadísticas descriptivas para la variable Tasas Metabólicas del Agua a nivel trabajo remunerado y hogares (l/hr).

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
WMR _{PW}	0.64066	0.0136	1.8759	0.0002	5.6428	0.0057	0.0313
WMR _{HH}	4.14e-05	2.29e-05	5.24e-05	5.22e-07	1.50e-04	6.60e-06	5.02e-05

Fuente: Elaboración propia.

Al observar los datos de Ecuador, el WMR_{PW} más alto corresponde a DH Napo con 3219.18 l/hr y el WMR_{HH} más alto se encuentra en la DH Manabí con 2.83 l/hr. Al comparar estos resultados con las tasas metabólicas de las otras demarcaciones hidrográficas, se ve claramente que los consumos del trabajo remunerado en DH Napo son excesivamente altos. Con respecto a los hogares, a pesar de ser los valores más bajos, las tasas metabólicas de los hogares en Manabí, también son muy altas (Malo Larrea, 2014). Ver Figura 68.

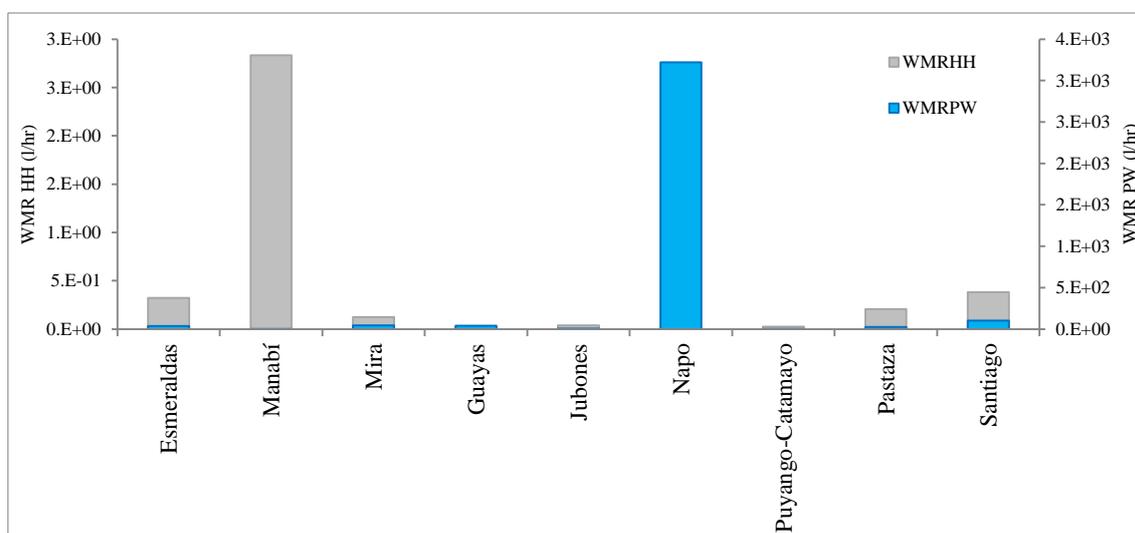


Figura 68. Tasas Metabólicas del Agua a nivel de trabajo remunerado (WMR_{PW}) y hogares (WMR_{HH}) de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia.

- **Nivel n-2: Principales Sectores Productivos**

En el nivel n-2, PW es subdividido en tres sectores: Agricultura y pesca (AG), Industria (PS) y Servicios y Gobierno (SG). En la Tabla 32 se presentan las estadísticas descriptivas para la variable Uso Neto del Agua por sector económico en las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.

Tabla 32

Estadísticas descriptivas para la variable Uso Neto del Agua por sector económico (l/hr).

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
NWU _{AG}	6223600	4392000	6505809	0	18543600	1314000	9795600
NWU _{PS}	1.842e+08	1.717e+06	5.346e+08	0	1.610e+09	3.636e+05	4.766e+06
NWU _{SG}	2400	0	4024.922	0	10800	0	3600

Fuente: Elaboración propia.

Los valores más elevados del Uso Neto del Agua por sector económico (HA_i) en Ecuador se ubican en el sector Industrial (PS). Según la base de datos de concesiones de SENAGUA, en cuanto a la variación en la participación por uso respecto de su caudal autorizado se observa que el uso de mayor caudal autorizado al 2006 fue generación de energía con un 52% de participación, incrementándose esta cifra en los últimos diez años hasta llegar a un 73% de participación respecto del caudal total autorizado para todos los usos en el 2016. Mientras que en usos como riego ha tenido una importante reducción en la participación pasando de 41% en 2006 a 15% en 2016.

En la Figura 69 se observa que el valor NWU_{PS} es elevado en la DH Napo, mientras que los valores de NWU_{AG} son elevados en la DH Guayas, DH Pastaza y DH Mira.

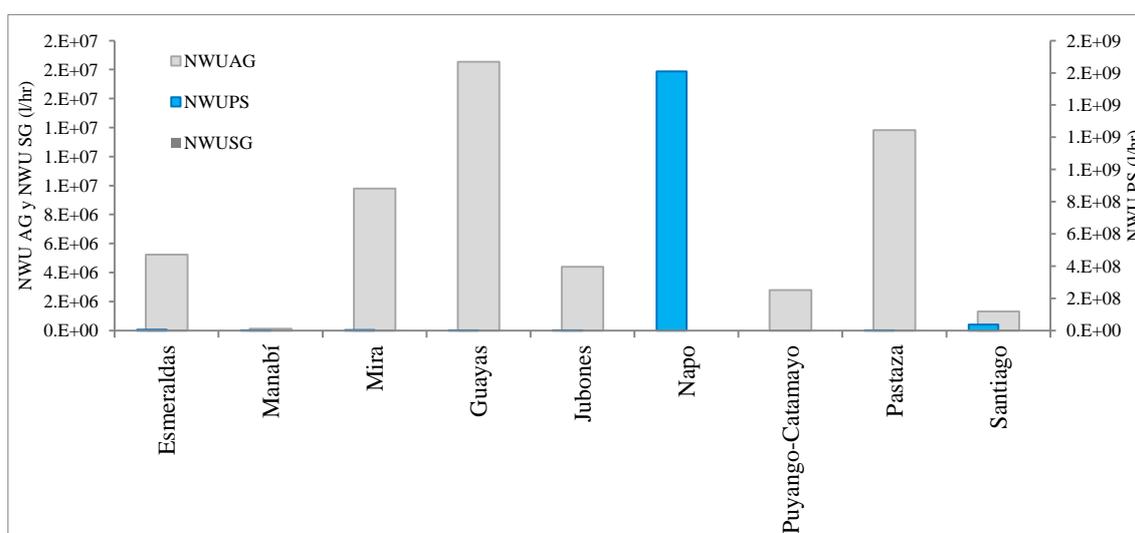


Figura 69. Uso Neto del Agua por sector económico (NWU_{AG} , NWU_{PS} y NWU_{SG}) de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia.

Al no considerar el uso del agua para la generación de energía eléctrica, el caudal utilizado predominante en el país es el agrícola (AG), seguido por el uso industrial y el sector servicios. Ver Figura 70.

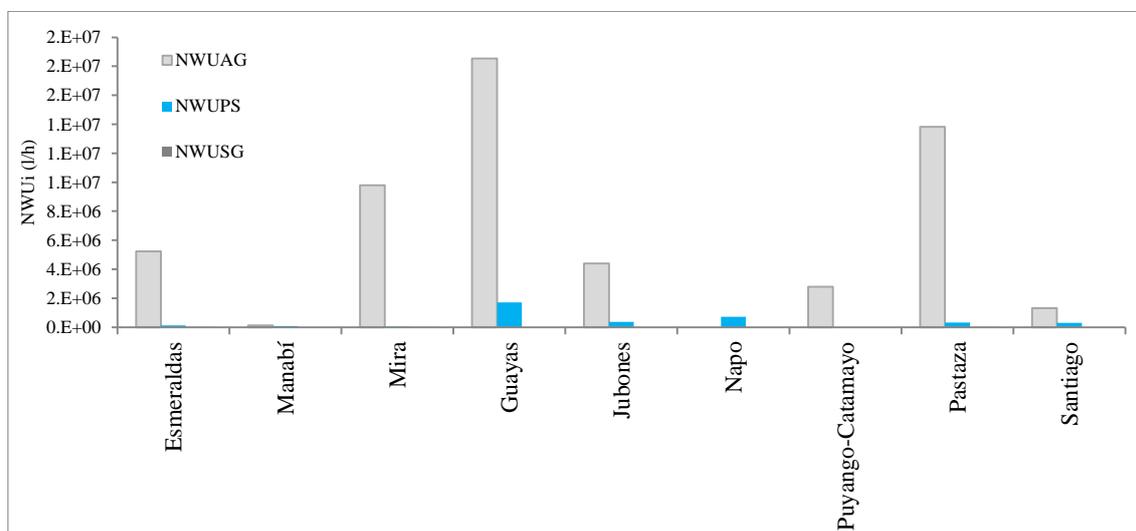


Figura 70. Uso Neto del Agua por sector económico (NWU_{AG}, NWU_{PS} y NWU_{SG}), sin considerar el uso de agua para la generación de energía, de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente, las estadísticas descriptivas para la variable Tasas Metabólicas del Agua por sector económico (WMR_{AG}, WMR_{PS} y WMR_{SG}) en las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador se presentan en la Tabla 33.

Tabla 33

Estadísticas descriptivas para la variable Tasa Metabólicas del Agua por sector económico (l/hr).

Variable	Media	Mediana	Desv. Tip.	Mínimo	Máximo	1st Qu.	3rd Qu.
WMR _{AG}	0.0282	0.0256	0.0304	0	0.0990	0.0086	0.0372
WMR _{PS}	0.0037	3.2141	9.5693	0	28.7319	0.0022	0.0291
WMR _{SG}	6.594e-06	0	1.291e-05	0	3.480e-05	0	1.950e-06

Fuente: Elaboración propia.

Los valores más altos de la Tasas Metabólicas del Agua Exosomática por sector económico (WMR) en Ecuador se ubican en el sector Productivo (PS), seguido por el sector Agrícola (AG). En la Figura 71, se observa que los valores más elevados en

WMR_{AG} se encuentran en DH Guayas (16.95 l/hr), DH Pastaza (11.06 l/hr) y DH Mira (8.34 l/hr).

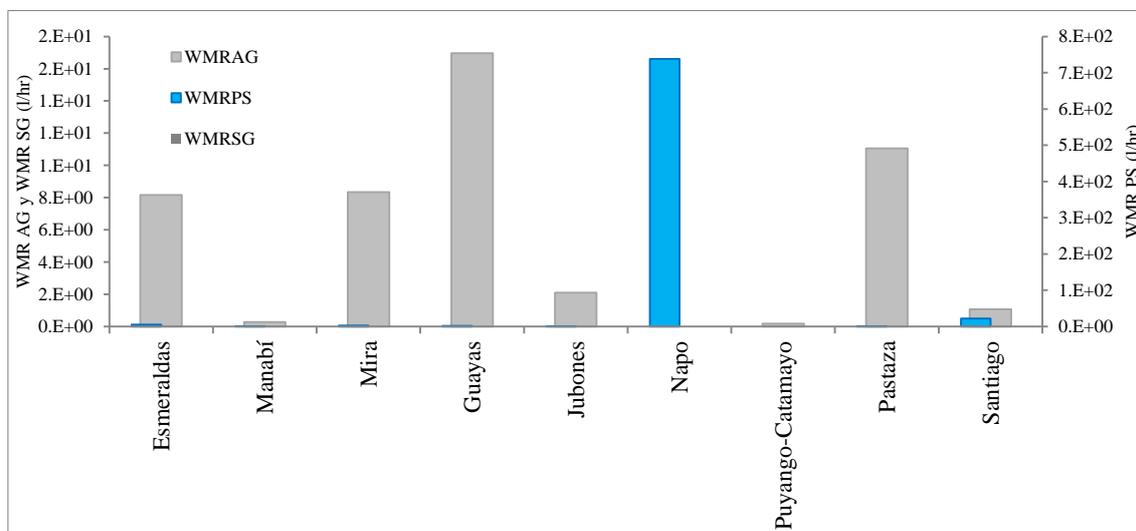


Figura 71. Tasa Metabólicas del Agua por sector económico (WMR_{AG}, WMR_{PS} y WMR_{SG}) de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador. **Fuente:** Elaboración propia.

4.3. Aplicación del HJ-Biplot

Con el objetivo de enriquecer el enfoque de MuSIASEM con información de métodos multivariantes, se aplicó el HJ Biplot a la matriz de datos $I \times J$ (I filas corresponden a los 221 cantones ecuatorianos y las columnas J corresponden a 26 variables MuSIASEM, utilizando el paquete R BiplotbootGUI).

El primer plano principal (soluciones 2D) representa el 51.56% de la variabilidad (Tabla 34) y la bondad de ajuste general (promedio de la bondad de ajuste para cada variable) como un porcentaje de la clasificación correcta en el Biplot es 64.46%, por lo que una solución bidimensional es suficiente para explorar las principales características de los datos.

Tabla 34
Ejes retenidos y Varianza explicada.

Ejes	Valores propios	% Explicado	% Acumulado
1	46.45	37.72	37.72
2	28,14	13.84	51.56
3	27.16	12.89	64.45

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 35 se muestran las contribuciones relativas del elemento columna j al factor q -th para las variables MuSIASEM, las variables (nombre de la variable según sus siglas en inglés) que caracterizan el eje 1 (variables que reciben una fuerte contribución del eje 1 y baja en el eje 2) son: Total Human Activity (THA), Human Activity in Paid Work (HA_{PW}), Human Activity in Household (HA_{HH}), Human Activity per economic sector (HA_{AG}, HA_{PS} y HA_{SG}), Energy Throughput in Paid Work (ET_{PW}), Energy Throughput per economic sector (ET_{SG}, ET_{AG} y ET_{PS}), Exosomatic Metabolic Rate in Agriculture sector (EMR_{AG}), Gross Domestic Product (GDP), Gross Domestic Product in Service and Government sector (GDP_{SG}) y Gross Domestic Product in Agriculture sector (GDP_{AG}).

Las variables (nombre de la variable según sus siglas en inglés) que caracterizan el eje 2 son: Exosomatic Metabolic Rate in Service and Government sector (EMR_{SG}), Exosomatic Metabolic Rate in Productive sector (EMR_{PS}), Gross Domestic Product in Productive sector (GDP_{PS}), Economic Labor Productivity in Paid Work (ELP_{PW}), Economic Labor Productivity in Productive sector (ELP_{PS}) y Economic Labor Productivity in Agriculture sector (ELP_{AG}). Finalmente, las variables (nombre de la variable según sus siglas en inglés) que caracterizan el eje 3 son: Total Energy Throughput (TET), Energy Throughput in Household (ET_{HH}), Exosomatic Metabolic Rate average of the society (EMR_{SA}) y Exosomatic Metabolic Rate in Household (EMR_{HH}).

Tabla 35

Contribuciones relativas del elemento columna j al factor q -th para las variables MuSIASEM.

Variables MuSIASEM	Eje 1	Eje 2	Eje 3
THA	89.73	22.09	0.18
HA _{AG}	50.31	28	0.41
HA _{PS}	84.61	14.61	0.39
HA _{SG}	89.79	17.73	0.29
HA _{PW}	90.8	21.25	0.38
HA _{HH}	89.4	22.12	0.17
TET	42.9	32.45	120.2
ET _{HH}	8.64	27.58	187.2
ET _{PW}	62.07	9	0.44
ET _{SG}	39.16	16.94	0.49
ET _{AG}	72.61	15.34	0.42
ELP _{SG}	1.49	5.6	0.42
ELP _{PS}	2	140.2	87.45
ELP _{AG}	6.92	9.3	0.07
ET _{PS}	37.82	0.98	0.32

Continuación de Tabla 35.

VARIABLES MuSIASEM	EJE 1	EJE 2	EJE 3
EMR _{SA}	4.44	83.72	179.1
EMR _{HH}	0.97	40.89	200.6
EMR _{SG}	3.13	82.02	4.27
EMR _{AG}	16.33	0.91	0.01
EMR _{PS}	3.05	19.18	0.58
EMR _{PW}	11.78	97.96	0.42
GDP	53.99	34.54	53.95
GDP _{SG}	86.06	12.98	0.25
GDP _{PS}	15.09	89.23	78.7
GDP _{AG}	33.47	5.27	0.4
ELP _{PW}	3.44	150.1	83
ELP _{AG}	1.49	5.6	0.42
ELP _{PS}	2	140.2	87.45
ELP _{SG}	6.92	9.3	0.07

Fuente: Elaboración propia.

Usando la contribución relativa del factor q-ésimo al elemento fila i, los lugares (cantones ecuatorianos) que caracterizan el eje 1 se muestran en la Figura 72a, los lugares que caracterizan el eje 2 se muestran en la Figura 72b y los lugares que caracterizan el eje 3 se muestran en la Figura 72c. Los valores se presentan en el Anexo O.

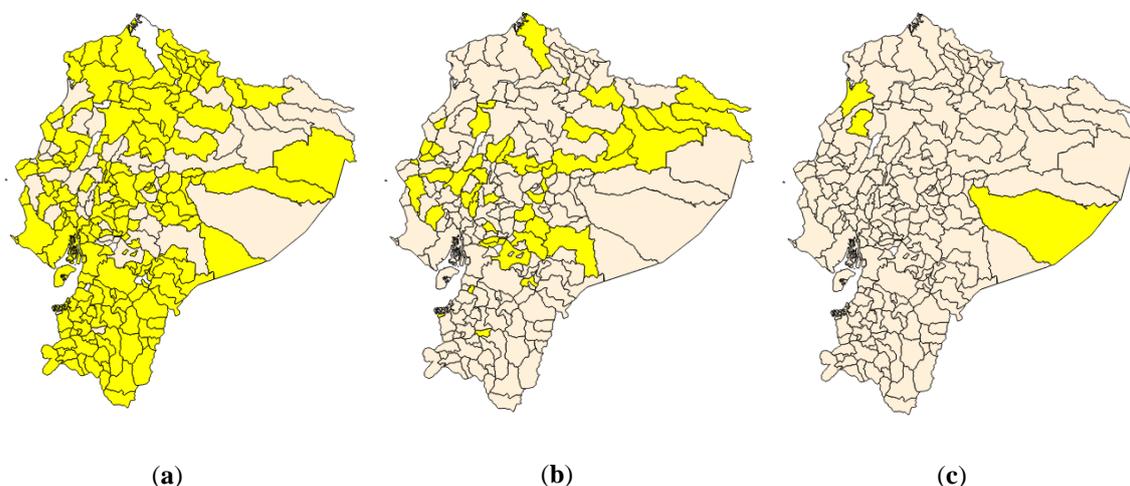


Figura 72. Contribución relativa del factor q-ésimo al elemento fila i: (a) cantones ecuatorianos que caracterizan el eje 1, (b) cantones ecuatorianos que caracterizan el eje 2 y (c) cantones ecuatorianos que caracterizan el eje 3. **Fuente:** Elaboración propia.

En la representación Biplot, las variables MuSIASEM se muestran como flechas (vectores) y los cantones como puntos. En cuanto a la interpretación del gradiente de sostenibilidad, los cosenos de los ángulos son útiles para interpretar cómo se relacionan las variables con cada gradiente. Tabla 36.

Tabla 36*Ángulos entre las variables y los ejes factoriales.*

Variables MuSIASEM	Eje 1	Eje 2	Variables MuSIASEM	Eje 1	Eje 2
THA	16.73	73.27	EMR _{HH}	75.71	14.29
HA _{AG}	24.32	65.68	EMR _{SG}	72.12	17.88
HA _{PS}	14.13	75.87	EMR _{AG}	8.13	81.87
HA _{SG}	15.06	74.94	EMR _{PS}	56.63	33.37
HA _{PW}	16.33	73.67	EMR _{PW}	60.21	29.79
HA _{HH}	16.77	73.23	GDP	25.85	64.15
TET	27.78	62.22	GDP _{SG}	13.24	76.76
ET _{HH}	47.27	42.73	GDP _{PS}	55.82	34.18
ET _{PW}	12.99	77.01	GDP _{AG}	13.51	76.49
ET _{SG}	21.72	68.28	ELP _{PW}	75.97	14.03
ET _{AG}	15.56	74.44	ELP _{SG}	49.62	40.38
ET _{PS}	5.56	84.44	ELP _{PS}	78.84	11.16
EMR _{SA}	69.18	20.82	ELP _{AG}	35.07	54.93

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, hemos encontrado dos gradientes principales. El primero está relacionado con: ET_{PS}, EMR_{AG}, ET_{PW}, GDP_{SG}, GDP_{AG}, HA_{PS}, HA_{SG}, ET_{AG}, HA_{PW}, THA y HA_{HH}. Por lo tanto, el primer gradiente podría definirse a través de ellos. Este primer gradiente está asociado con: el rendimiento energético por sector económico, actividad humana total, actividad humana en el sector productivo y sector de servicios y gobierno, actividad humana en el sector de los hogares y el producto interno bruto en el sector agrícola y en el de servicios y gobierno. Los lugares ubicados en el lado derecho del eje factorial 1 informan más indicadores MuSIASEM relacionados con el primer gradiente que aquellos ubicados en el lado izquierdo. El segundo gradiente de sostenibilidad comprende las variables MuSIASEM: ELP_{PS} y ELP_{PW} en el eje 2; EMR_{HH}, y EMR_{SG} en el eje 3 (esta dos variables están mejor representadas en este eje). Este gradiente está asociado con la productividad laboral económica y la tasa metabólica exosomática. Los cantones ubicados sobre el eje factorial 1-2 tienen mayores valores para estos indicadores MuSIASEM asociados con la productividad laboral económica y en el eje factorial 1-3, los ubicados en la parte inferior tienen valores altos para los indicadores MuSIASEM asociados con la tasa metabólica exosomática. Ver Figuras 73 y 74.

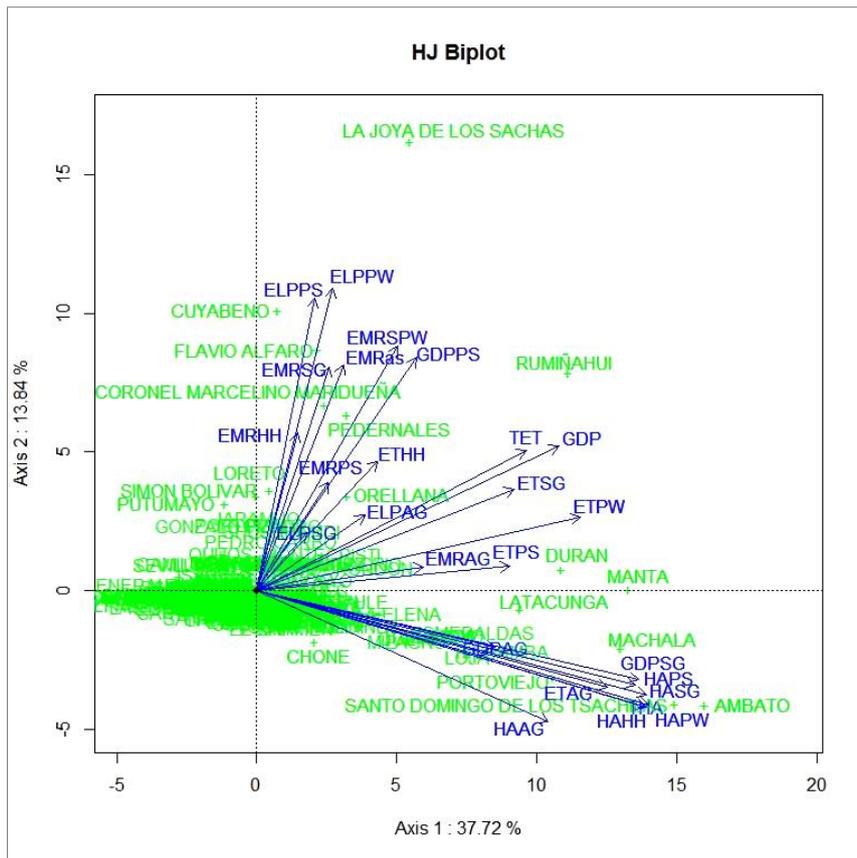


Figura 73. Representación HJ-Biplot de la matriz de datos, plano 1-2. Fuente: Elaboración propia.

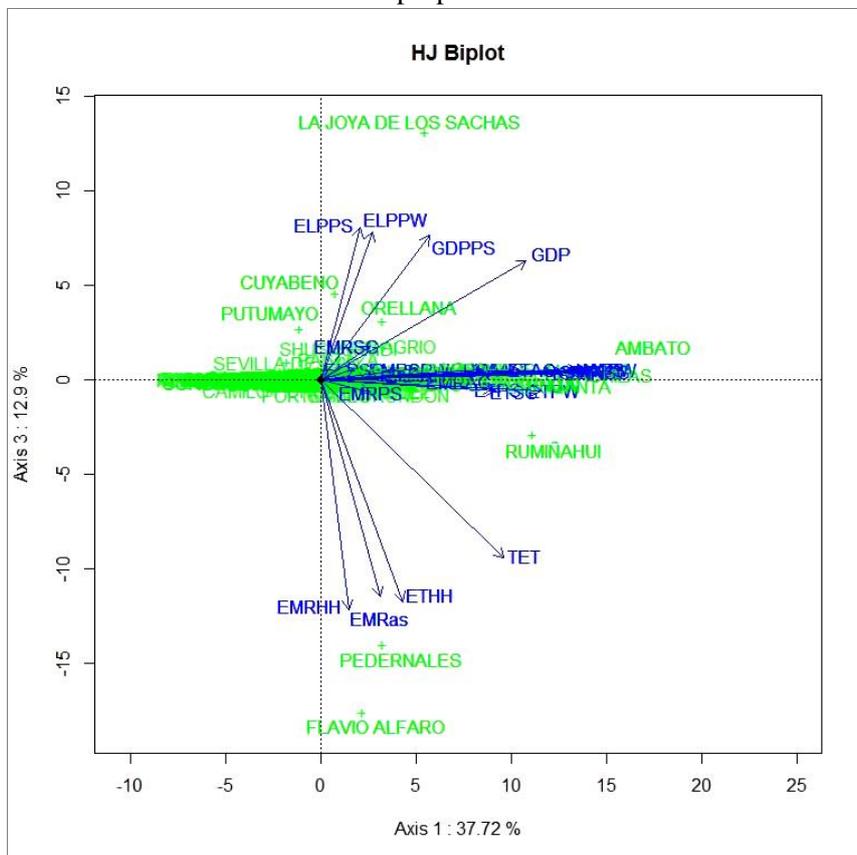


Figura 74. Representación HJ-Biplot de la matriz de datos, plano 1-3. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la interpretación de la correlación entre variables, los cosenos de los ángulos son útiles para interpretar cómo se relacionan las variables entre ellas. Para evaluar esta parte, se tomaron las variables por grupos.

- Actividad Humana:

Tabla 37

Ángulos entre variables relacionadas a la actividad humana.

	THA	HA _{AG}	HA _{PS}	HA _{SG}	HA _{PW}	HA _{HH}
THA	0	7.59	2.6	1.67	0.4	0.04
HA _{AG}	7.59	0	10.19	9.26	7.99	7.55
HA _{PS}	2.6	10.19	0	0.94	2.2	2.64
HA _{SG}	1.67	9.26	0.94	0	1.27	1.7
HA _{PW}	0.4	7.99	2.2	1.27	0	0.44
HA _{HH}	0.04	7.55	2.64	1.7	0.44	0

Fuente: Elaboración propia.

Existe una fuerte relación entre las variables de THA, HA_{PW}, HA_{HH}, HA_{PS} y HA_{SG}. La rama de actividad de Agricultura, ganadería, caza y silvicultura y pesca es la que concentra mayor participación en el empleo, mientras que la rama de actividad de comercio es la que genera la mayor participación de empleados adecuados/plenos (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2014). Ver Figura 75.

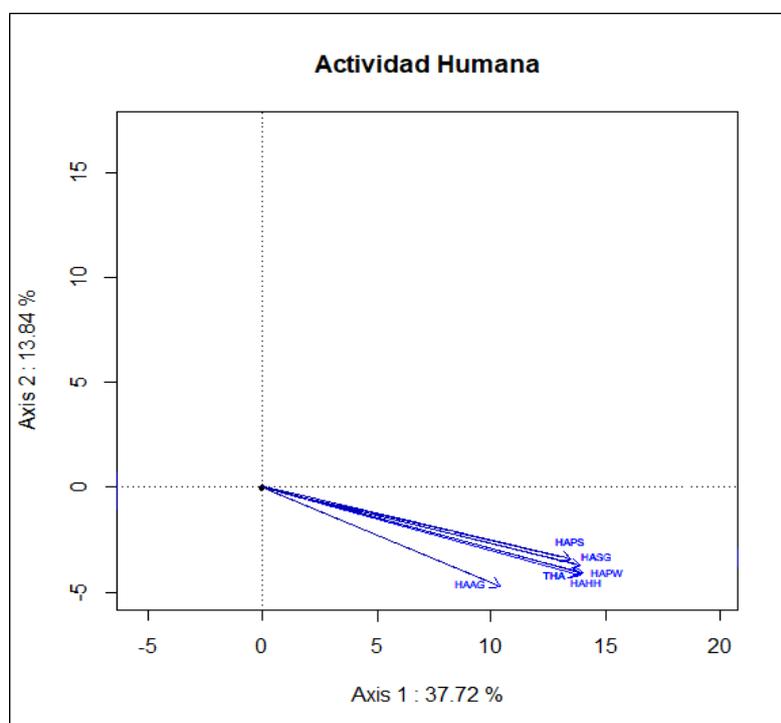


Figura 75. Representación de las variables relacionadas a la actividad humana, plano 1-2.

Fuente: Elaboración propia.

- Rendimiento de Energía Eléctrica:

Tabla 38

Ángulos entre variables relacionadas al rendimiento de energía eléctrica.

	TET	ET _{HH}	ET _{PW}	ET _{SG}	ET _{AG}	ET _{PS}
TET	0	19.49	14.79	6.06	43.34	22.22
ET _{HH}	19.49	0	34.28	25.55	62.83	41.71
ET _{PW}	14.79	34.28	0	8.74	28.54	7.42
ET _{SG}	6.06	25.55	8.74	0	37.28	16.16
ET _{AG}	43.34	62.83	28.54	37.28	0	21.12
ET _{PS}	22.22	41.71	7.42	16.16	21.12	0

Fuente: Elaboración propia.

Existe relación entre las variables de ET_{SG} con ET_{PW} y ET_{PW} con ET_{PS}. Las variables TET y ET_{HH}, se encuentran mejor representadas en el plano 1-3. Ver Figuras 76 y 77.

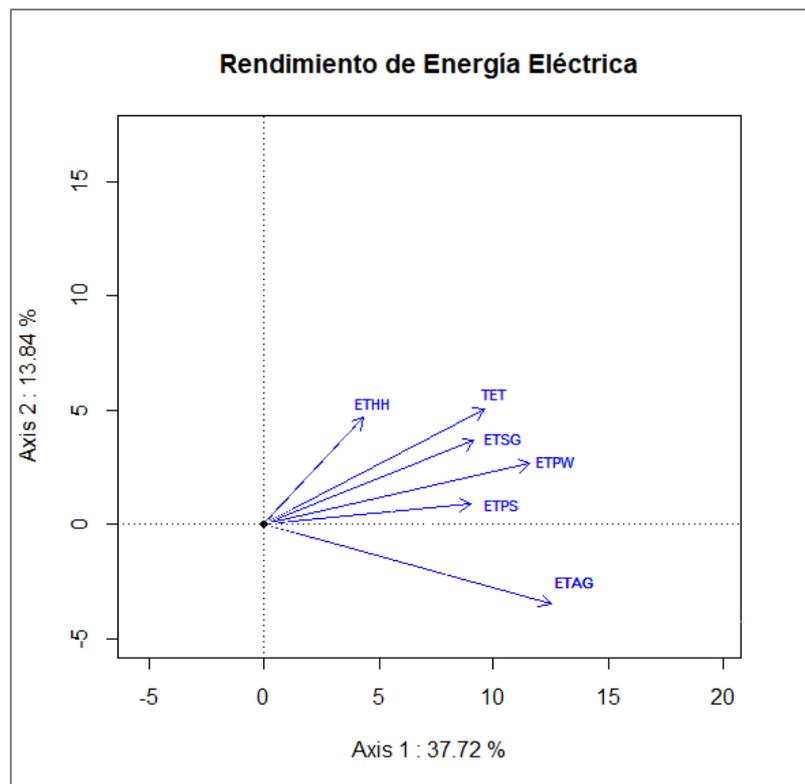


Figura 76. Representación de las variables relacionadas al rendimiento de energía eléctrica, plano 1-2. **Fuente:** Elaboración propia.

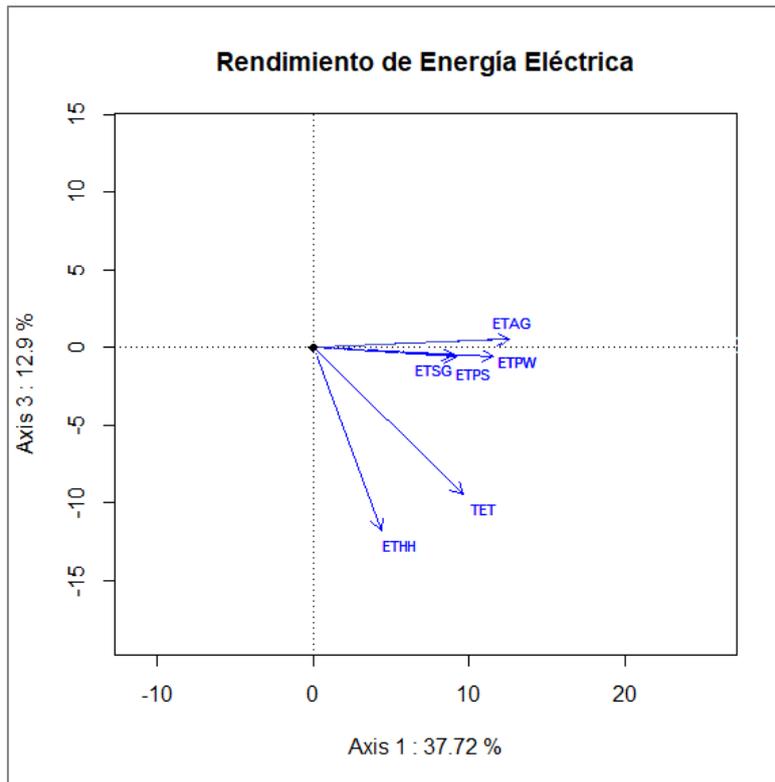


Figura 77. Representación de las variables relacionadas al rendimiento de energía eléctrica, plano 1-3. **Fuente:** Elaboración propia.

- Tasa de Energía Exosomática:

Tabla 39

Ángulos entre variables relacionadas a la tasa de energía exosomática.

	EMR_{SA}	EMR_{HH}	EMR_{SG}	EMR_{AG}	EMR_{PS}	EMR_{PW}
EMR_{SA}	0	6.53	2.94	61.05	12.56	8.98
EMR_{HH}	6.53	0	3.59	67.58	19.09	15.51
EMR_{SG}	2.94	3.59	0	63.99	15.49	11.91
EMR_{AG}	61.05	67.58	63.99	0	48.49	52.07
EMR_{PS}	12.56	19.09	15.49	48.49	0	3.58
EMR_{PW}	8.98	15.51	11.91	52.07	3.58	0

Fuente: Elaboración propia.

Existe relación entre las variables de EMR_{SG} con EMR_{PW} y EMR_{PW} con EMR_{PS} . Las variables EMR_{SA} y EMR_{HH} , se encuentran mejor representadas en el plano 1-3. Ver Figuras 78 y 79.

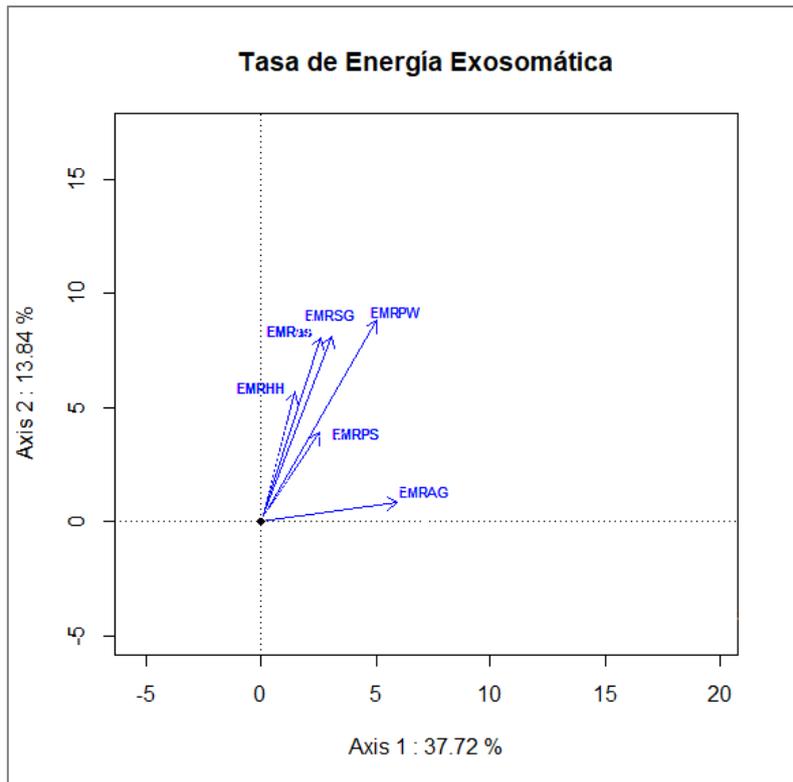


Figura 78. Representación de las variables relacionadas a la tasa de energía exosomática, plano 1-2. *Fuente:* Elaboración propia.

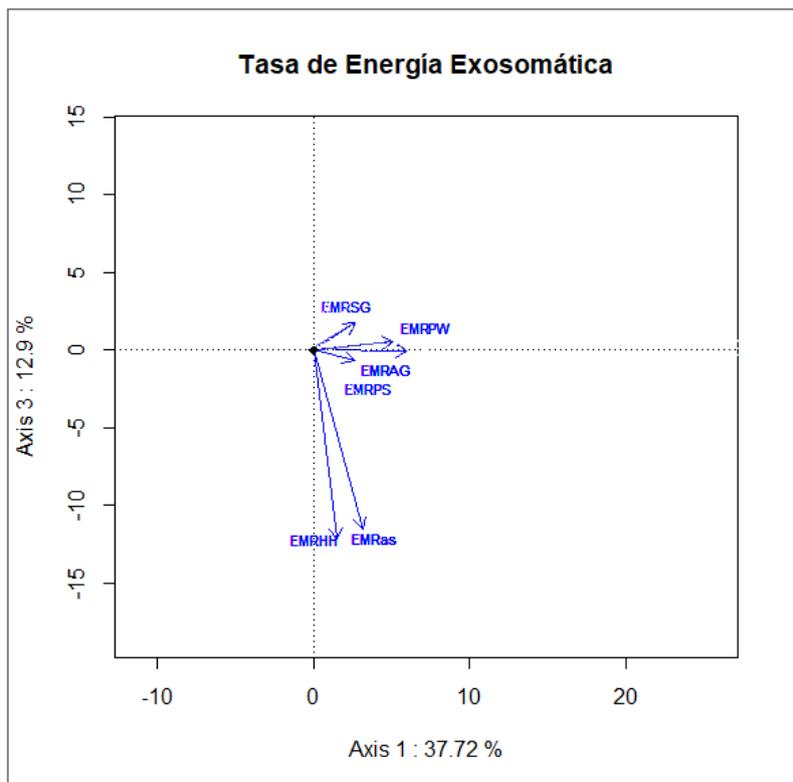


Figura 79. Representación de las variables relacionadas a la tasa de energía exosomática, plano 1-3. *Fuente:* Elaboración propia.

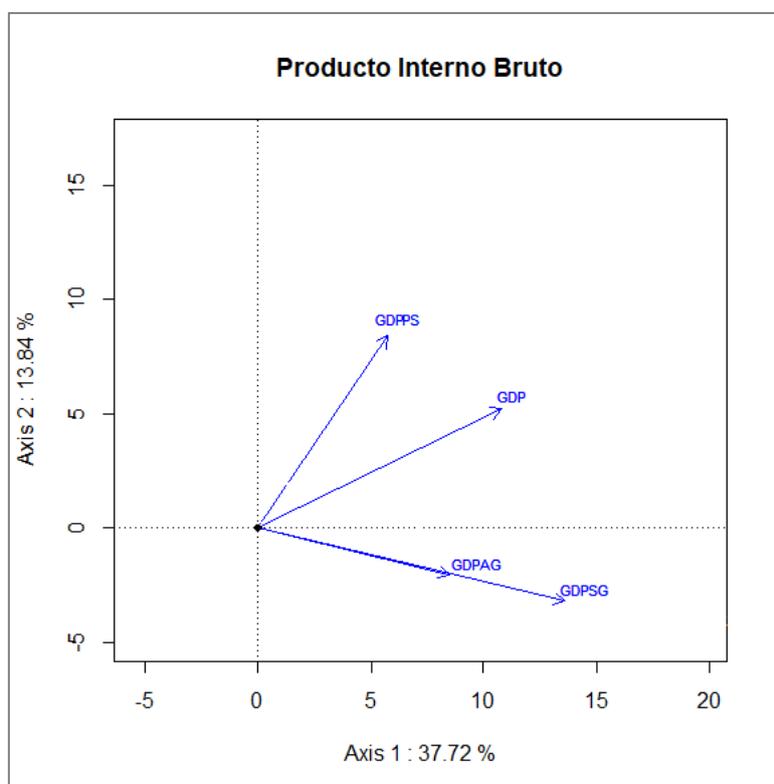
- Producto Interno Bruto:

Tabla 40*Ángulos entre variables relacionadas al producto interno bruto.*

	GDP	GDP _{SG}	GDP _{PS}	GDP _{AG}
GDP	0	39.09	29.98	39.36
GDP _{SG}	39.09	0	69.06	0.28
GDP _{PS}	29.98	69.06	0	69.34
GDP _{AG}	39.36	0.28	69.34	0

Fuente: Elaboración propia.

En estas variables relacionadas al producto interno bruto solo se observa que existe relación entre GDP_{SG} y GDP_{AG}. Ver Figura 80.

**Figura 80.** Representación de las variables relacionadas al producto interno bruto, plano 1-2.**Fuente:** Elaboración propia.

- Productividad Económica Laboral:

Tabla 41*Ángulos entre variables relacionadas a la productividad económica laboral.*

	ELP _{PW}	ELP _{SG}	ELP _{PS}	ELP _{AG}
ELP _{PW}	0	26.35	2.88	40.9
ELP _{SG}	26.35	0	29.22	14.55
ELP _{PS}	2.88	29.22	0	43.77
ELP _{AG}	40.9	14.55	43.77	0

Fuente: Elaboración propia.

Existe relación entre las variables de ELP_{PS} con ELP_{PW} y ELP_{SG} con ELP_{AG} . Ver Figura 81.

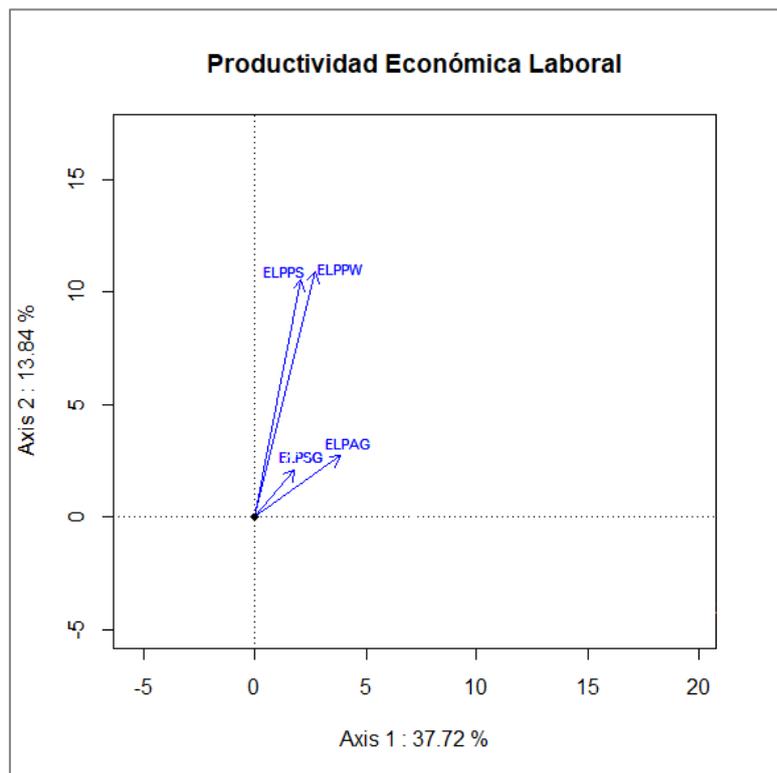


Figura 81. Representación de las variables relacionadas a la tasa de energía exosomática, plano 1-2. **Fuente:** Elaboración propia.

Para observar de manera más completa cómo se relacionan las variables entre ellas. Se dividió el plano 1-2 y plano 1-3 en dos cuadrantes (ver Figuras 82 y 83). La matriz de los ángulos entre todas las variables se presenta en el Anexo P.

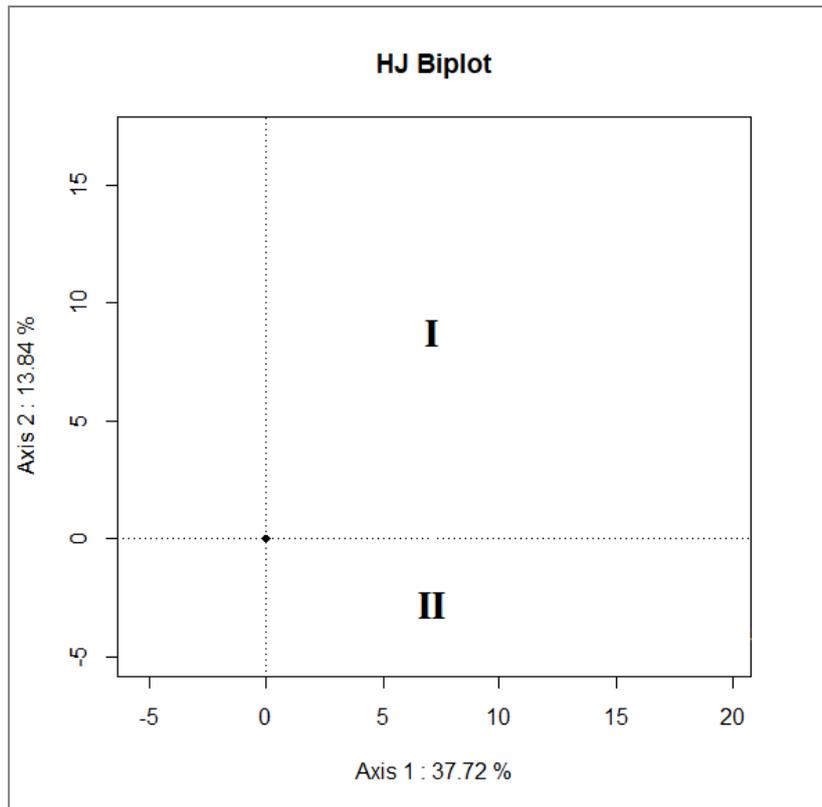


Figura 82. Representación del plano 1-2, posición según las manecillas del reloj. **Fuente:** Elaboración propia.

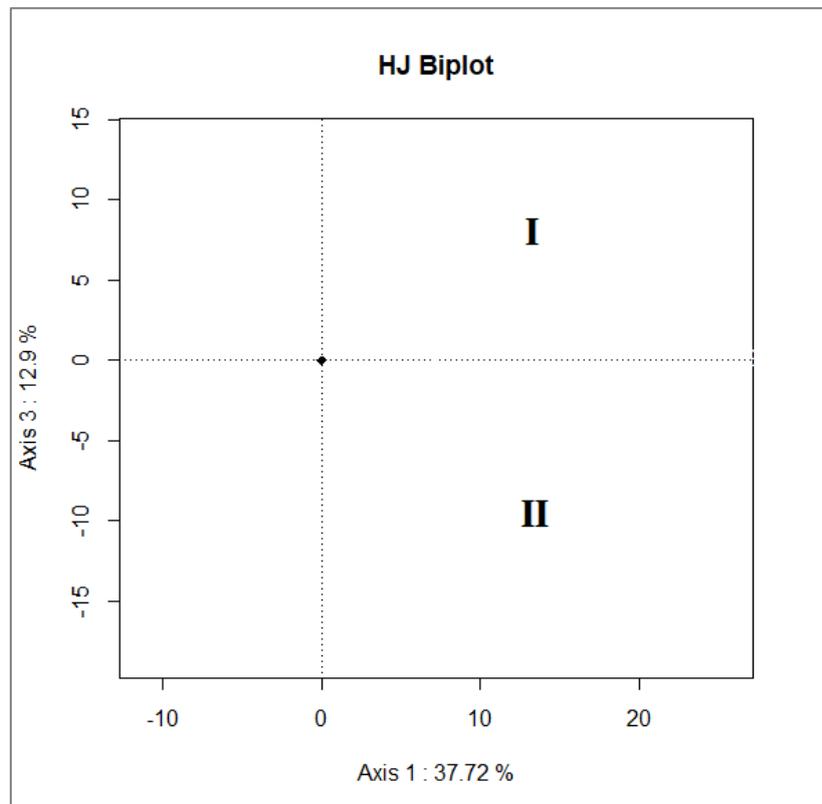


Figura 83. Representación del plano 1-3, posición según las manecillas del reloj. **Fuente:** Elaboración propia.

Plano 1-2.

- Cuadrante I:

Existe una fuerte relación entre las variables de ELP_{PS} , ELP_{PW} , EMR_{SG} , EMR_{PW} , GDP_{PS} , EMR_{PS} y ELP_{SG} (variables de eje 2). También existe una fuerte relación entre las variables GDP y ET_{SG} (variables de plano) y en relación con el eje 1, las variables ET_{PW} , EMR_{AG} y ET_{PS} , mantienen una fuerte relación entre ellas. Ver Figura 84.

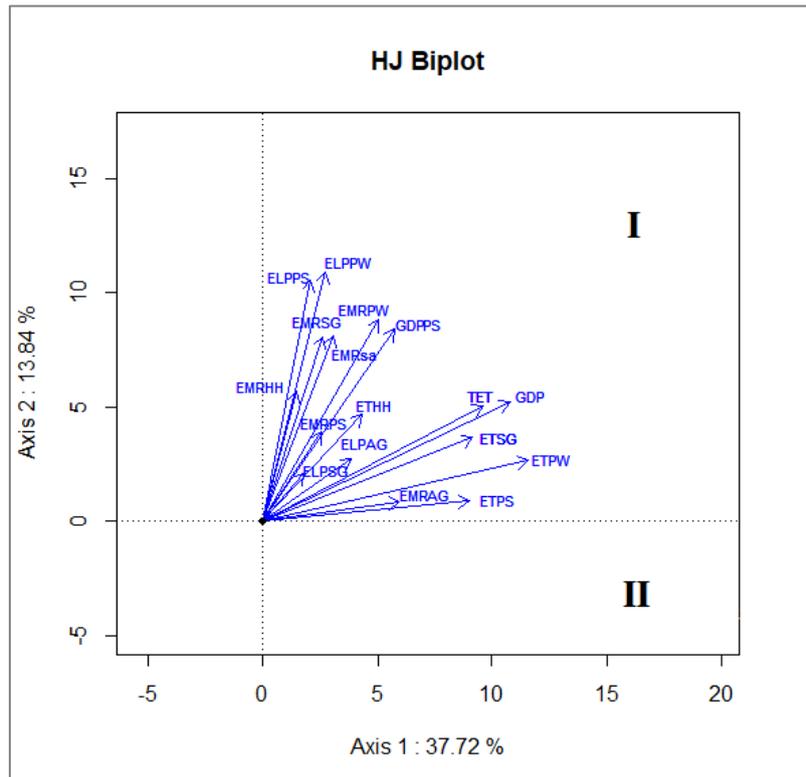


Figura 84. Representación de las variables que se encuentran en el cuadrante I, plano 1-2.

Fuente: Elaboración propia.

- Cuadrante II:

Existe una fuerte relación entre las variables de GDP_{AG} , GDP_{SG} , HA_{PS} , HA_{SG} , HA_{PW} , THA y HA_{HH} (variable de eje 2). Ver Figura 85.

Plano 1-3.

- Cuadrante II:

Existe una fuerte relación entre las variables de ET_{HH} , EMR_{SA} y EMR_{HH} (variables de eje 3) y TET es una variable de plano. Ver Figura 86.

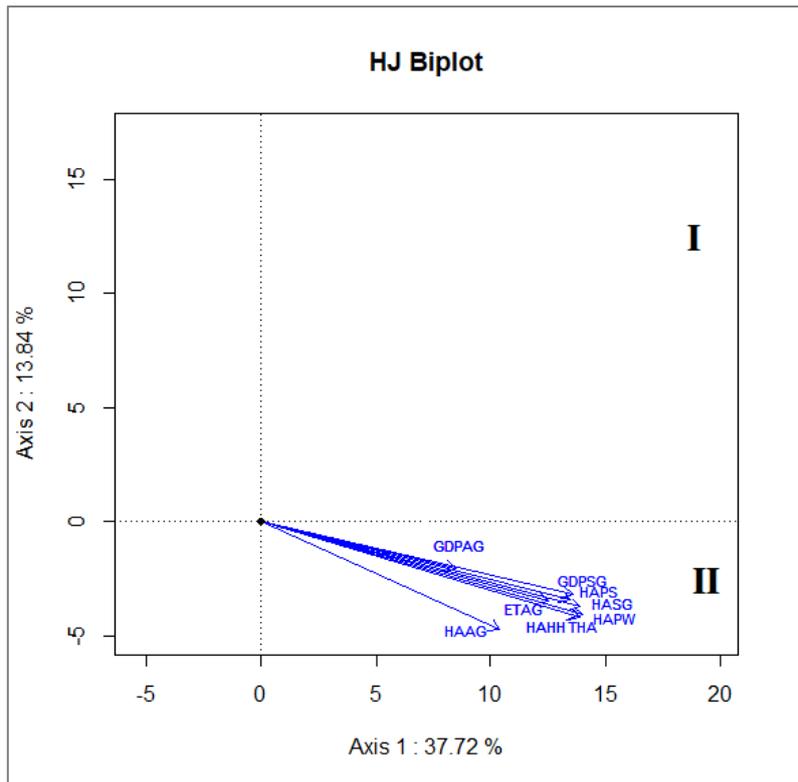


Figura 85. Representación de las variables que se encuentran en el cuadrante II, plano 1-2.
Fuente: Elaboración propia.

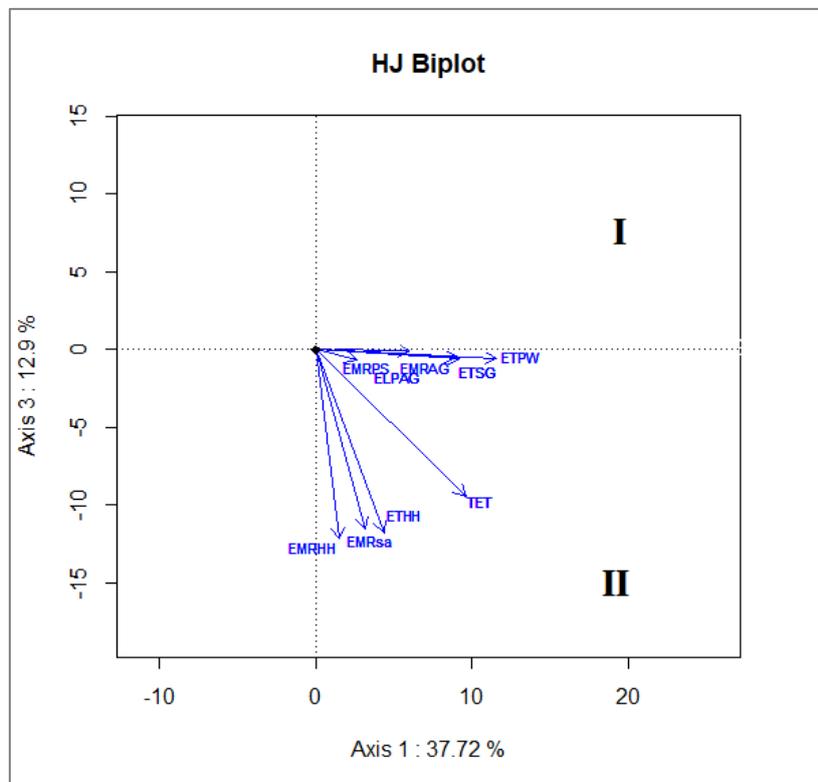


Figura 86. Representación de las variables que se encuentran en el cuadrante II, plano 1-3.
Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de los 221 cantones que componen Ecuador, se realizó un análisis de clúster por el método de Ward. Ver Figura 87.

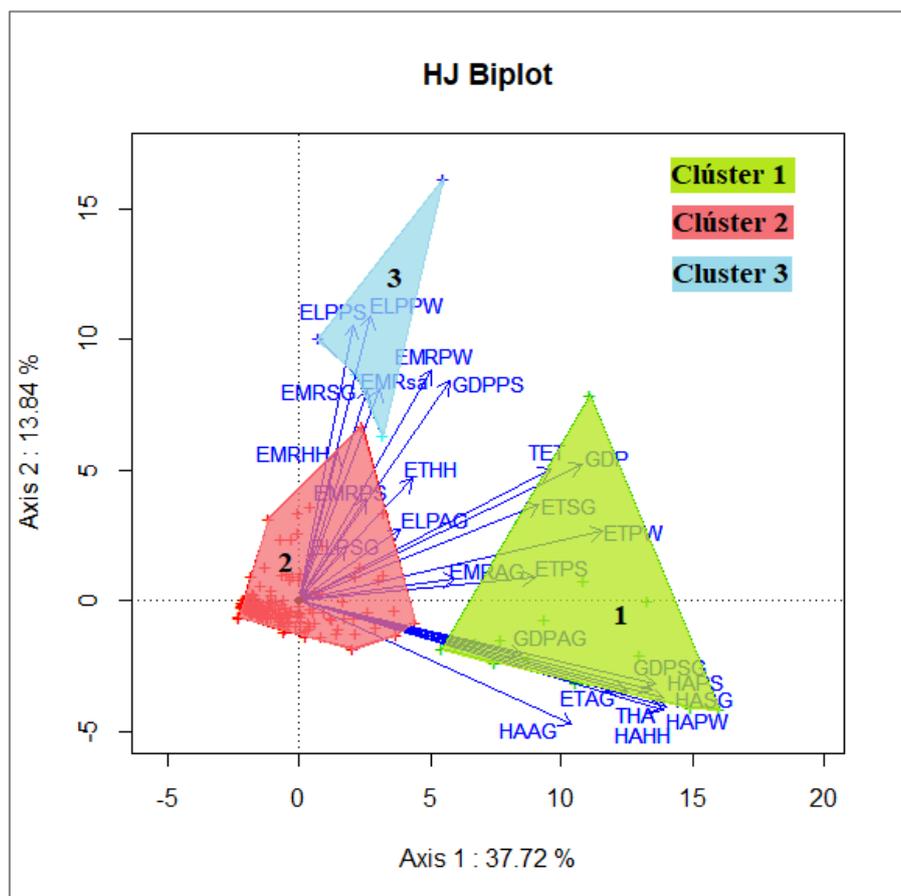


Figura 87. Clúster, plano 1-2. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42
Características de los clústeres.

Clúster 1	N = 221 Cantones Clúster 2	Clúster 3
n = 15 cantones	n = 203 cantones	n = 4 cantones
6.787%	91.855%	1.810%
Sierra: 53.333%	Sierra: 40.976%	Sierra: 0%
Costa: 46.667%	Costa: 37.073%	Costa: 50%
Amazonía: 0%	Amazonía: 19.024%	Amazonía: 50%
Insular: 0%	Insular: 1.463%	Insular: 0%
Zona no delimitada: 0%	Zona no delimitada: 1.463 %	Zona no delimitada: 0%

Fuente: Elaboración propia.

En Ecuador, los cantones situados en el lado derecho de la Figura 87 resultaron ser la agrupación de cantones (clúster 1) que presentan valores altos relacionados con: el rendimiento energético por sector económico, actividad humana total, actividad humana en el sector productivo y sector de servicios y gobierno, actividad humana en el sector de los hogares y el producto interno bruto en el sector agrícola y en el de servicios y gobierno. El clúster 1 está formado por 15 cantones (6.79%) que corresponden a las zonas de Sierra (53.33%) y Costa (46.67%). Los cantones que componen el clúster 1 se presentan en el Anexo Q.

Una característica principal de este conjunto de cantones, es que en su mayoría pertenecen a los cantones más poblados de Ecuador. De las 10 cabeceras cantonales más pobladas, 8 son a su vez capitales de provincia. Ver Tabla 43.

Tabla 43
Los diez cantones más poblados de Ecuador.

Posición	Cantón	Habitantes	Provincia	Región
1	Guayaquil	2 350 915	Guayas	Costa
2	Quito	2 239 191	Pichincha	Sierra
3	Cuenca	505 585	Azuay	Sierra
4	Santo Domingo de los Tsachilas	368 013	Santo Domingo	Sierra
5	Ambato	329 856	Tungurahua	Sierra
6	Portoviejo	280 029	Manabí	Costa
7	Machala	245 972	El Oro	Costa
8	Durán	235 769	Guayas	Costa
9	Manta	226 477	Manabí	Costa
10	Riobamba	225 741	Chimborazo	Sierra

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010.

Otra característica importante de los cantones ubicados en el clúster 1 es que presentan valores altos en el Índice de Potencial de Desarrollo Cantonal (IPDC), así como lo demuestra el estudio realizado por (Aguilar Apolo & Correa-Quezada, 2016).

En este sentido destacan los cantones de Quito y Guayaquil catalogándose como los “ganadores” debido a que concentran indicadores económicos y sociales favorables, lo que les facilita una mayor interacción con el resto de centros económicos a nivel nacional, siendo además evidente que el potencial humano conjugado con la vocación del territorio promueve la consolidación de economías diversificadas. Ver Figura 88.

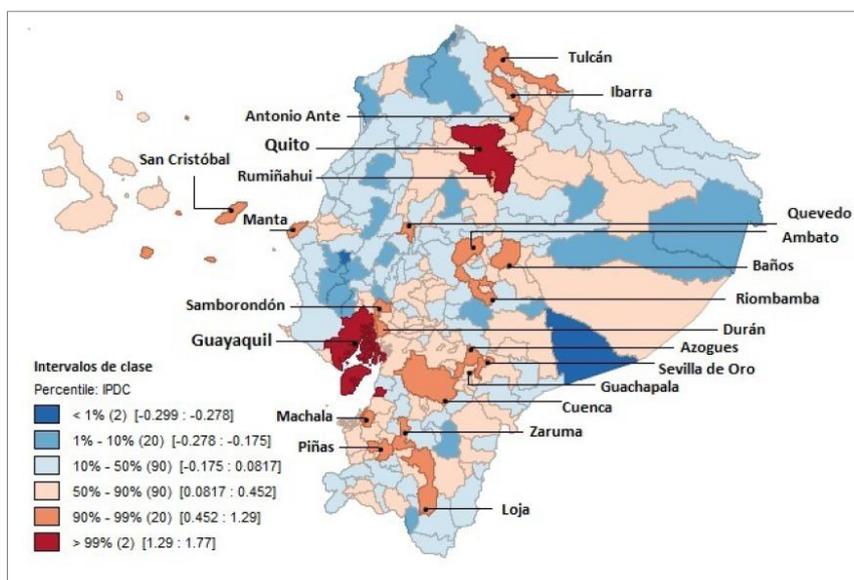


Figura 88. Mapa de percentiles del IPDC. **Fuente:** Aguilar Apolo & Correa-Quezada, 2016.

Con la ayuda de la herramienta “Plot tool for MuSIASEM Analysis” se puede observar en la Figura 89, que la fracción de la actividad humana relacionada al trabajo remunerado sobre la cantidad total de horas de actividad humana en el Cantón de Quito es de 10.2%, lo que implica que una fracción cada vez mayor de THA en Quito es asignada a HA_{pw} . Es decir, Quito necesita suministrar más bienes, servicios e infraestructuras a la población en crecimiento. Lo mismo sucede para el cantón de Guayaquil. Ver Figura 90.

El clúster 2, que en el plano 1-2 se ubica en el centro del mismo, está formado por 203 cantones (91.86%) que corresponden a las zonas de Sierra (41%), Costa (37,07%), Amazonía (19,02%), Insular (1.46%) y Zonas no delimitadas (1.46%). Por encontrarse en el centro del plano 1-2 se observa poca actividad en los gradientes de sostenibilidad que se han definido. Los cantones que componen el clúster 2 se presentan en el Anexo R.

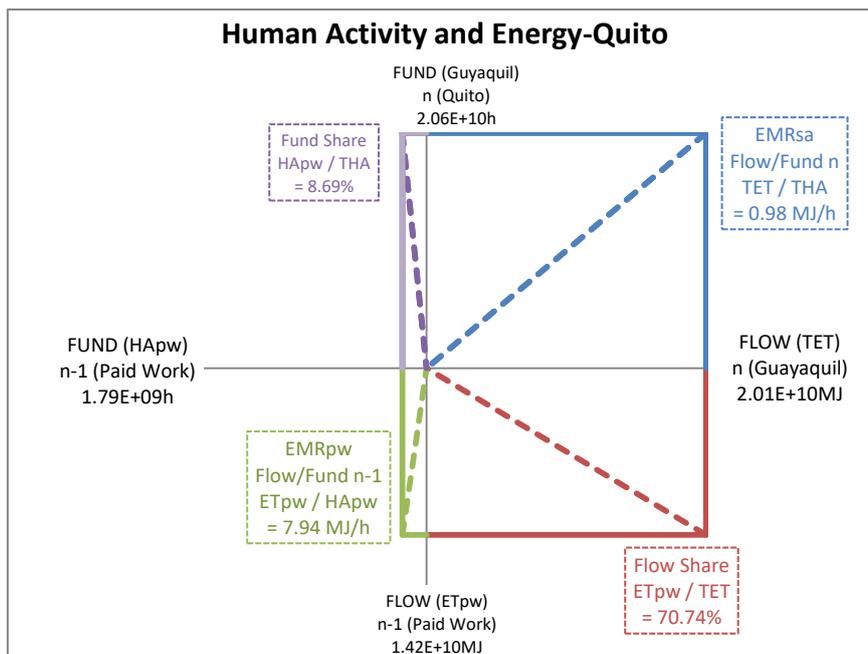


Figura 89. Representación de Fondos/Flujo en tres niveles, cantón de Quito. **Fuente:** Elaboración propia utilizando la herramienta “Plot tool for MuSIASEM Analysis”.

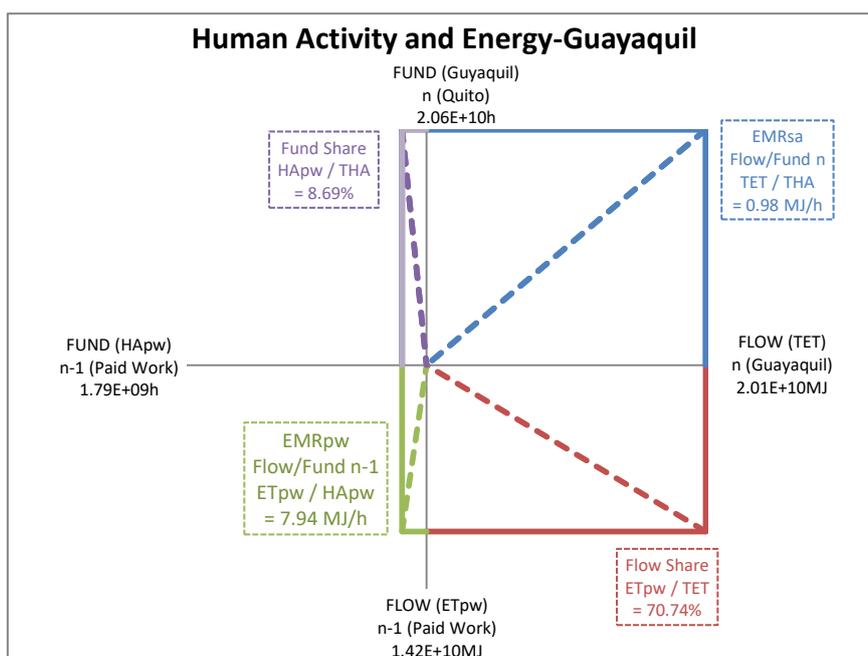


Figura 90. Representación de Fondos/Flujo en tres niveles, cantón de Guayaquil. **Fuente:** Elaboración propia utilizando la herramienta “Plot tool for MuSIASEM Analysis”.

En el clúster 3, ubicado sobre el eje factorial 1-2, está asociado con la productividad laboral económica, está formado por solo 4 cantones (1.81%) que corresponde a las zonas de Costa (50%) y Amazonía (50%). Los cantones que componen el clúster 3 se presentan en el Anexo S. Los cantones Cuyabeno, provincia de Sucumbíos y La Joya de los Sachas, provincia de Orellana (ambos cantones de la zona

de la Amazonía) presentan valores muy altos de productividad laboral económica con respecto al resto de cantones.

Mendieta-Muñoz, en el 2015, afirma que considerando una economía petrolera, las provincias de Orellana y Sucumbíos presentan valores de PIB per cápita muy altos, sin embargo no emplean más del 2% de personal nacional, lo que corrobora la baja capacidad del sector petrolero de generar empleo. Al igual que Apolo y Correa-Quezada, en su publicación “Dimensión territorial del potencial de desarrollo de los cantones del Ecuador” confirman que los cantones que destacan en la producción y extracción petrolera otorgan importancia a nivel nacional, sin embargo le restan participación, su déficit en el efecto multiplicador que genera en la economía, su bajo nivel de accesibilidad e interacción con el resto de economías del país y su alto déficit social cantonal. En este sentido la mayor parte de la región Amazónica está aislada del proceso de crecimiento y desarrollo económico y, por lo tanto, sus cantones merecen especial atención para lograr un mejor escenario económico y de bienestar social.

4.4.GWPCA

Con la finalidad de tener en cuenta la heterogeneidad espacial de la base de datos **IxJ** (I filas corresponden a los 221 cantones ecuatorianos y las columnas **J** corresponden a 26 variables MuSIASEM, agregando la localización geográfica), se aplicó el GWPCA utilizando el paquete R GWmodel.

Primeramente se estandarizó la matriz de datos y se realizó un PCA global, los resultados obtenidos del porcentaje de varianza explicada se presentan en la Tabla 44, las cargas se presentan en el Anexo T y la matriz de correlación global en el Anexo U.

El PCA global reveló que las 3 primeras componentes explican el 73.66% de la variabilidad. Sin embargo, estos resultados pueden no representar de manera confiable la estructura social local, y una aplicación de GWPCA puede ser útil (Lu, Harris, Charlton, & Brunson, 2014).

Tabla 44*Porcentaje del total de la varianza explicada.*

Componente	% de Varianza explicada
Comp.1	54.932
Comp.2	10.410
Comp.3	8.319
Comp.4	7.159
Comp.5	4.335
Comp.6	3.551
Comp.7	3.143
Comp.8	2.732
Comp.9	1.705
Comp.10	1.206
Comp.11	0.818
Comp.12	0.447
Comp.13	0.411
Comp.14	0.256
Comp.15	0.192
Comp.16	0.150
Comp.17	0.111
Comp.18	0.074
Comp.19	0.018
Comp.20	0.015
Comp.21	0.012
Comp.22	0.002
Comp.23	0.001
Comp.24	0.000
Comp.25	0.000
Comp.26	0.000

Fuente: Elaboración propia.**Tabla 45***Resultados del PCA Global. Las cargas con el valor absoluto más alto se marcan en negrita.*

Variable	Comp.1	Comp.2	Comp.3
THA	-0.252	-0.059	0.020
HA _{AG}	-0.192	-0.061	0.023
HA _{PS}	-0.249	-0.062	0.025
HA _{SG}	-0.250	-0.062	0.023
HA _{PW}	-0.250	-0.063	0.024
HA _{HH}	-0.252	-0.058	0.020
TET	-0.244	0.030	-0.139
ET _{HH}	-0.199	0.043	-0.360
ET _{PW}	-0.245	0.018	0.012
ET _{SG}	-0.235	0.055	0.016

Continuación de Tabla 45.

Variable	Comp.1	Comp.2	Comp.3
ET _{AG}	-0.238	-0.032	0.012
ET _{PS}	-0.238	-0.005	0.008
EMR _{SA}	-0.027	0.275	-0.559
EMR _{HH}	-0.014	0.139	-0.598
EMR _{SG}	-0.012	0.376	0.093
EMR _{AG}	-0.196	0.066	0.012
EMR _{PS}	-0.024	0.294	-0.029
EMR _{PW}	-0.038	0.474	0.042
GDP	-0.247	0.001	0.068
GDP _{SG}	-0.245	-0.065	0.024
GDP _{PS}	-0.224	0.100	0.136
GDP _{AG}	-0.168	0.067	0.016
ELP _{PW}	-0.021	0.412	0.262
ELP _{SG}	-0.049	0.046	0.033
ELP _{PS}	-0.012	0.370	0.264
ELP _{AG}	-0.036	0.278	0.007

Fuente: Elaboración propia.

Como se explicó en el punto 2.6.3. del Marco Teórico, un desafío importante en el GWPCA, es la estimación del ancho de banda óptimo (Harris et al., 2011). La especificación del ancho de banda es un problema que aún no se ha resuelto, no sólo en el GWPCA, sino también en otros métodos matemáticos relacionados con estimaciones locales, como GWR (Fotheringham et al., 2002). En Harris et al. (2011), para obtener el ancho de banda, se utiliza la selección automática de validación cruzada (cross-validation) basado en las aproximaciones obtenidas con las primeras q componentes principales.

Para la aplicación de la selección automática de validación cruzada se utilizaron las funciones de Kernel Bi-square y Box-car, donde el primero se relaciona con una ventana móvil no ponderada, mientras que el último se relaciona con una ventana ponderada (Gollini et al., 2015). Estas dos funciones también fueron utilizadas en otros estudios (Harris et al., 2011), (Wei, Cabrera-Barona, & Blaschke, 2016), (Roca-Pardiñas et al., 2017).

Se calculó una puntuación de validación cruzada (CV) para las funciones de Kernel Bi-square y Box-car. El ancho de banda óptimo se relaciona con el puntaje de CV más pequeño encontrado. Los cálculos del ancho de banda se presentan en el Anexo

V. Este procedimiento se puede utilizar como un selector exploratorio, o un punto de partida razonable para ayudarnos a seleccionar el ancho de banda. Todavía se necesitan más investigaciones para establecer la selección adecuada del parámetro de ancho de banda (Roca-Pardiñas et al., 2017).

Tabla 46
GWPCA-Ancho de Banda Óptimo (Bandwidth).

Función Kernel	Adaptive bandwidth(number of nearest neighbours)	CV Score
Box-car	52	3781.495
Bi-square	133	3641.534

Fuente: Elaboración propia.

El ancho de banda óptimo para el GWPCA es de 133, utilizando la función de Kernel Bi-square. Otro estudio realizado en Ecuador (Wei et al., 2016) que utilizó el GWPCA para estudiar la “Variación Geográfica Local de la Desigualdad de los Servicios Públicos”, coincide que con la función de Kernel Bi-square se puede encontrar el ancho de banda óptimo para estudiar Ecuador. Lu et al., 2014, afirman que la función de Kernel Bi-square es muy útil, ya que puede proporcionar una ponderación intermedia entre las funciones Gaussiana y Box-car.

Para el GWPCA, las interpretaciones tienen lugar localmente; es decir, hay **m** componentes, **m** valores propios, **m** conjuntos de cargas de componentes y **m** conjuntos de componentes para cada una de las ubicaciones de los individuos dentro del área de estudio. Es decir que al utilizar el paquete GWmodel se obtienen mapas que explican la variación geográfica del porcentaje de varianza explicada, así como la variación geográfica en la influencia de cada variable en la primera, segunda y tercera componente.

La Figura 91 muestra la distribución espacial del porcentaje de varianza explicado para las primeras tres componentes principales. El hecho de que la varianza cambie a lo largo del área de estudio también sugiere la ventaja de utilizar GWPCA frente a la PCA global (Roca-Pardiñas et al., 2017). Se observa que el porcentaje de varianza explicada para las primeras tres componentes locales excede el porcentaje de

varianza explicada para las primeras tres componentes en el PCA global (PTV=73.6%), en algunos cantones. Un mayor porcentaje de la varianza total generalmente se explica en la primera componente en el caso GWPCA, que en el caso del PCA global (Harris et al., 2011).

En la Figura 91, también se puede observar que los porcentajes más altos del porcentaje de varianza explicado para las primeras tres componentes principales, están situados en los cantones del sur-oeste de Ecuador (región de la Costa) y en una pequeña parte en los cantones del noreste de Ecuador (región de la Amazonía).

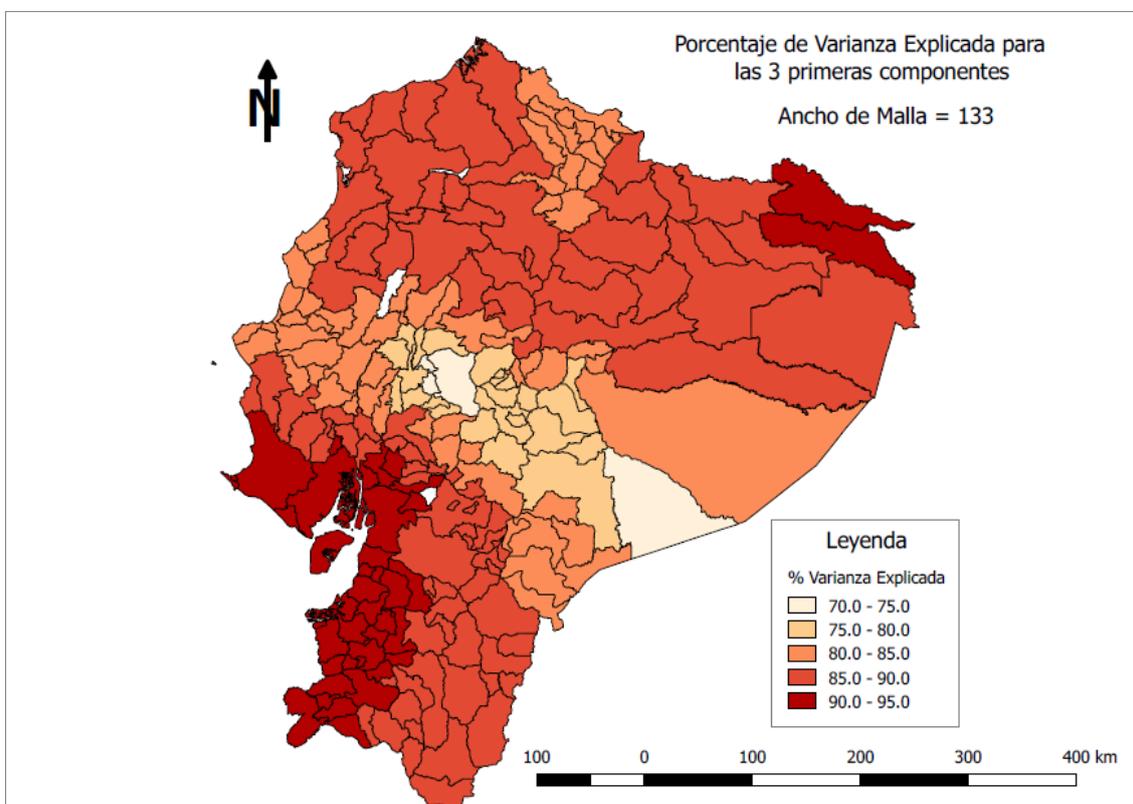


Figura 91. Porcentaje de varianza explicada para las 3 primeras componentes. A nivel global con el PCA, este porcentaje es del 73.6%. **Fuente:** Elaboración propia.

Una de las principales diferencias observadas entre el GWPCA y el PCA tradicional es que ofrece la posibilidad de realizar no solo una interpretación conjunta para todos los datos, sino también tantos análisis como datos, según su ubicación (Roca-Pardiñas et al., 2017). Las Figuras 92, 95 y 96 se muestran la distribución espacial de las variables ganadoras para las primeras tres componentes geográficamente ponderadas, esta visualización es sugerida por Fotheringham et al. en el 2002. Las variables ganadoras son aquellas con la carga local absoluta más alta en la componente correspondiente (Harris et al., 2011).

- Componente 1:

Con el GWPCA se puede observar una clara variación geográfica en la influencia de cada variable en la primera componente. En la Figura 92 se observa que el rendimiento de energía eléctrica que se utiliza en el trabajo remunerado (ET_{PW}) domina en el sur-oeste (región de la Costa), mientras que la variable de cantidad de energía eléctrica utilizada por hora dedicada a cada sector de trabajo (EMR_{PW}) domina en la parte norte de Ecuador. Lo cual coincide con los mapas de zonas de concentración de clientes (comerciales e industriales) publicados por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad de Ecuador (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2016a). Ver Figuras 93 y 94.

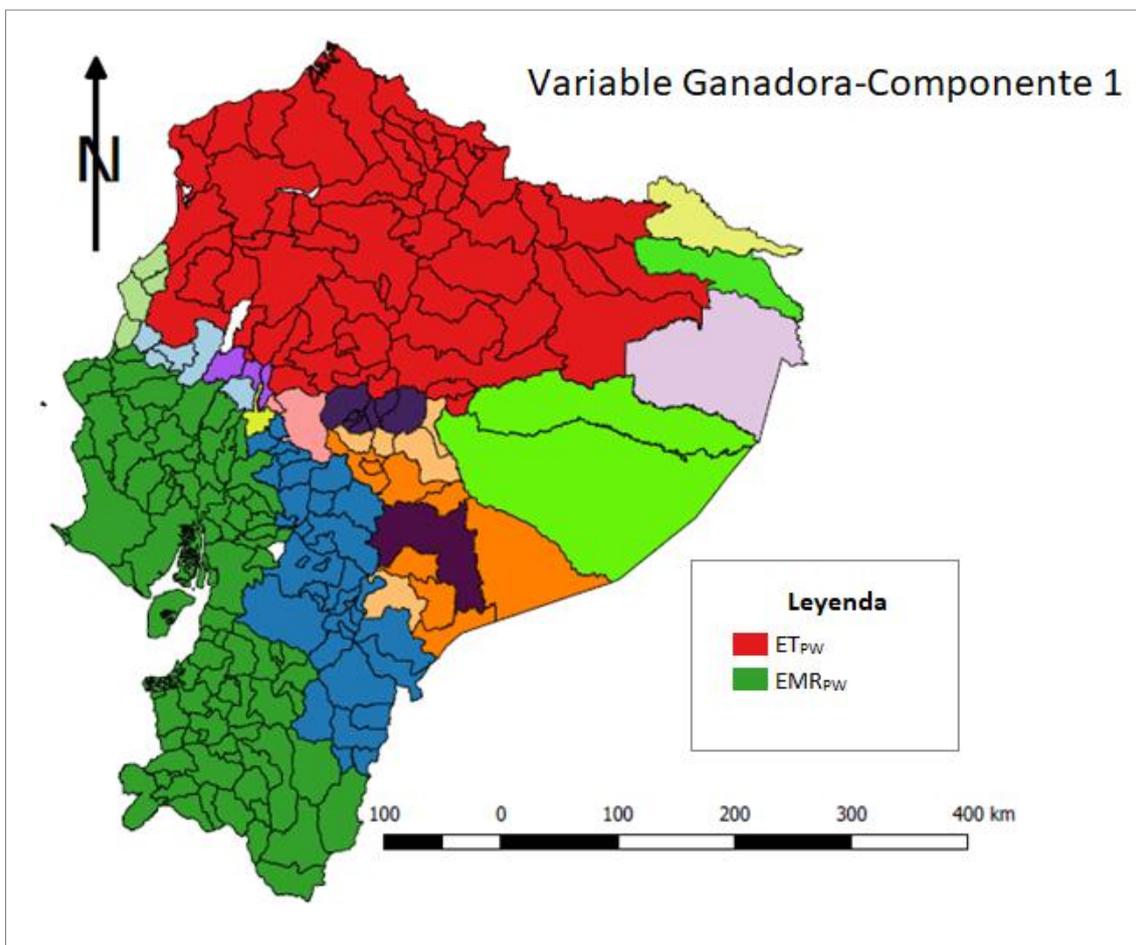


Figura 92. Variable ganadora: carga absoluta más alta en la componente 1. **Fuente:** Elaboración propia.

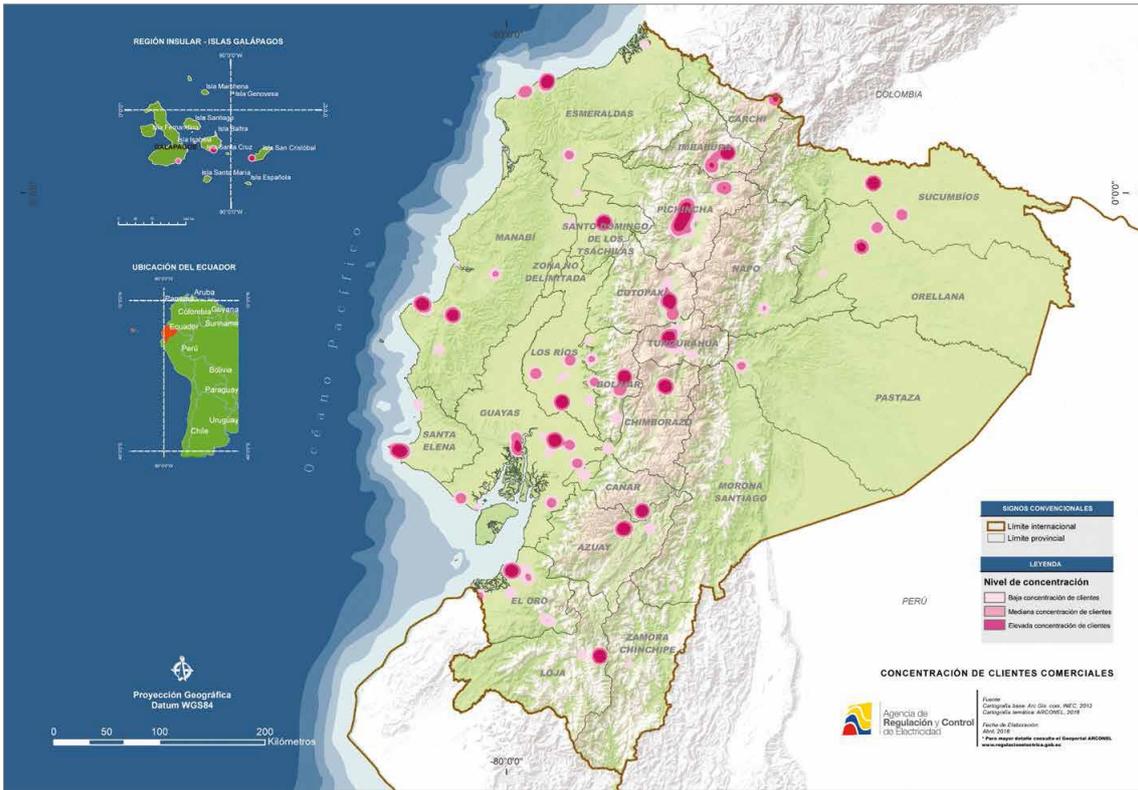


Figura 93. Concentración de clientes comerciales. **Fuente:** Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2016a.

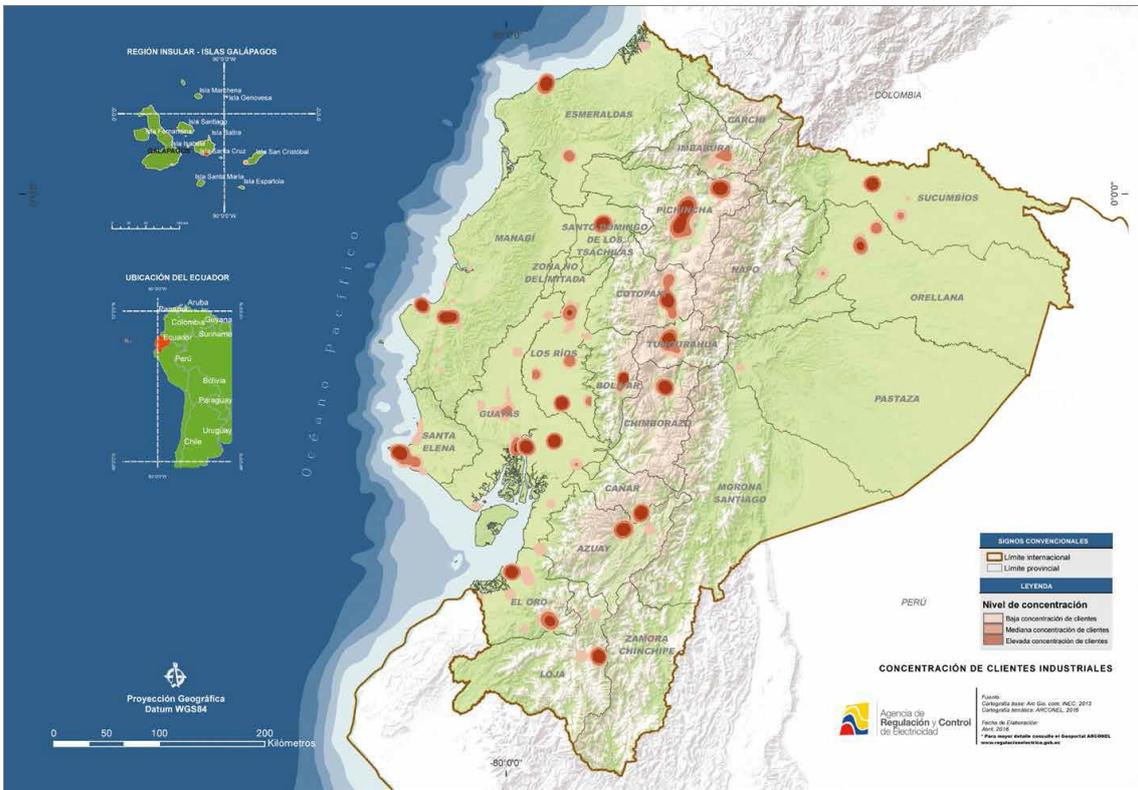


Figura 94. Concentración de clientes industriales. **Fuente:** Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2016a.

- Componente 2:

En la segunda componente: la suma de toda la energía que se utiliza en el sector industrial (ET_{PS}) domina en la parte noreste (región de la Costa), mientras que la variable de relacionada a la productividad laboral por hora (ELP_{PW}) domina en la parte noroeste de Ecuador (región de la Amazonía). En los cantones ubicados en la parte central de Ecuador, la variable que domina es la relacionada a la productividad laboral en el sector de servicios y gobierno (ELP_{SG}). Ver Figura 95.

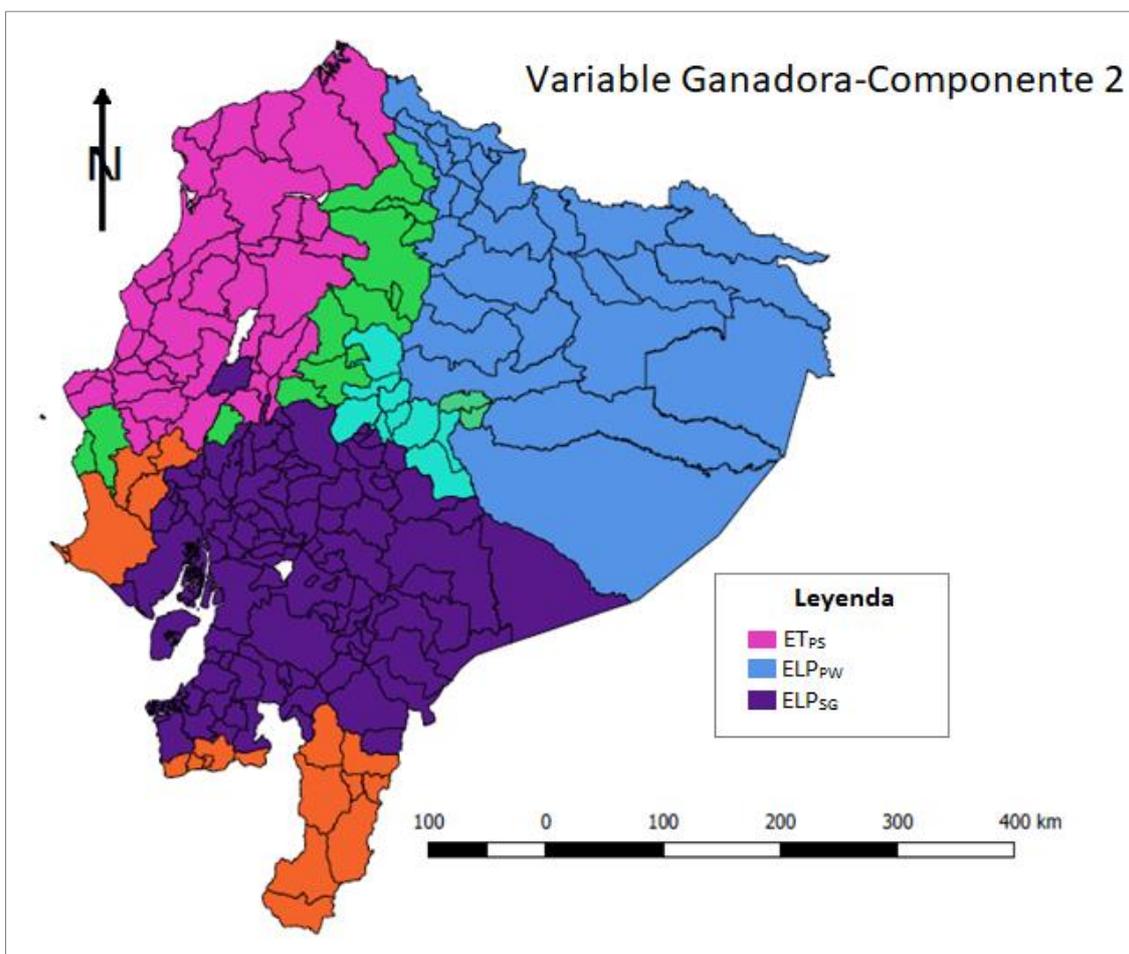


Figura 95. Variable ganadora: carga absoluta más alta en la componente 2. **Fuente:** Elaboración propia.

- Componente 3:

En la tercera componente la cantidad de energía utilizada por hora en el sector de Agricultura (EMR_{AG}) domina en la parte noreste, mientras que la variable de relacionada a la cantidad de energía utilizada por hora en la sociedad (EMR_{SA}) domina en la parte noroeste de Ecuador y parte del centro. En los cantones ubicados en la parte

sur de Ecuador, la variable que domina es la relacionada al producto Interno Bruto generado por el sector de Agricultura (GDP_{AG}). Ver Figura 96.

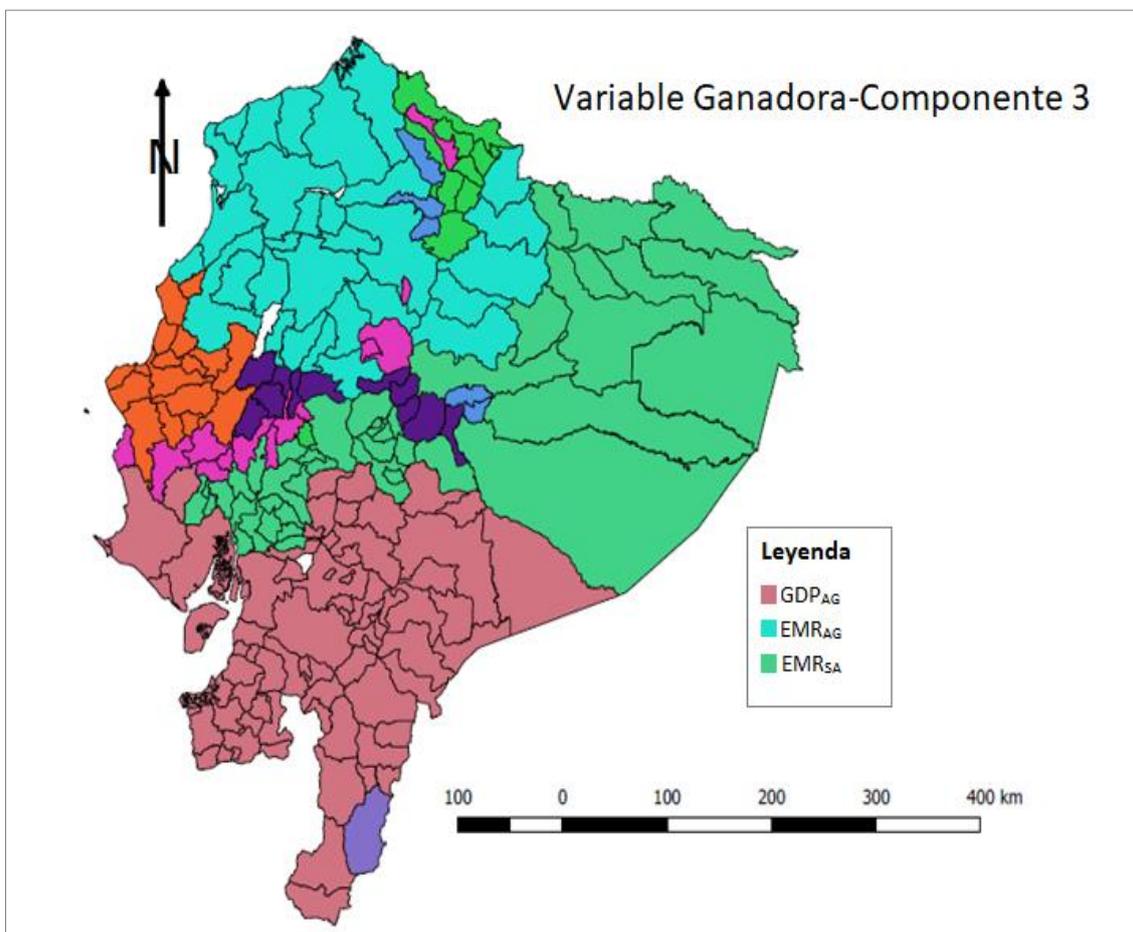


Figura 96. Variable ganadora: carga absoluta más alta en la componente 3. **Fuente:** Elaboración propia.

En función al análisis realizado, en el Ecuador existe un elevado nivel de heterogeneidad espacial. Al igual que Aguilar Apolo & Correa –Quezada en el 2016, se ha comprobado que existen notables desequilibrios geográficos y una economía centralizada, dado que los cantones del Ecuador cuentan con diferentes factores para su desarrollo y, por lo tanto, la presencia o ausencia de éstos puede favorecer o limitar el potencial de estos territorios. Con las salidas del GWPCA ahora se pueden visualizar e interpretar éstos factores, centrándose en: (1) cómo la dimensionalidad de los datos varía espacialmente y (2) cómo las variables originales influyen en los componentes (Gollini et al., 2015).

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

Siguiendo los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que:

1. Para entender cómo funciona el Nexo Agua-Energía-Alimentos, diversos autores utilizan el enfoque MuSIASEM, que es una metodología capaz de tener en cuenta las dimensiones económicas, ambientales y sociales, en un análisis integrado que representan diferentes aspectos como lo son: el monetario, la población, la energía, los alimentos y el agua.
2. Al realizar la revisión bibliográfica sobre el enfoque MuSIASEM, se encontró que la mayoría de los estudios son análisis históricos o análisis comparativos; donde se investigan habitualmente grandes unidades geográficas (por ejemplo: países, regiones o provincias), por lo cual esta investigación a nivel geográfico más pequeño (cantones) llega a resultados más detallados que facilitan la implementación de estrategias de mejora y desarrollo local.
3. Se escogió el país de Ecuador para evaluar el Nexo Agua-Energía-Alimentos, por su similitud con otros países menos desarrollados de América Latina. Además, Ecuador presenta altos niveles de pobreza y desigualdad; y una economía dependiente de la exportación de productos primarios, como el petróleo crudo, el banano, el camarón y las flores naturales. Otros aspectos fundamentales que caracterizan Ecuador son: la pérdida de vegetación original; las altas tasas de crecimiento de la población; el deterioro constante de los bosques tropicales; la pérdida de biodiversidad y los graves impactos sociales y ambientales que ha causado la explotación petrolera.
4. Para conocer el comportamiento detallado del Nexo, con el enfoque MuSIASEM no es posible visualizar las 221 unidades de división territorial y las 26 variables en un solo gráfico, mientras que con el método HJ-Biplot es posible representar la información contenida en la matriz de datos, en un espacio de menor dimensión, alcanzado una calidad óptima de representación tanto para las filas como para las columnas.

5. Al utilizar el HJ-Biplot, se obtuvo que el primer gradiente de sostenibilidad está asociado con: el rendimiento energético por sector económico, la actividad humana total, la actividad humana en el sector productivo y sector de servicios y gobierno, la actividad humana en el sector de los hogares y el producto interno bruto en el sector agrícola y en el de servicios y gobierno; y el segundo gradiente de sostenibilidad está relacionado con la productividad laboral económica
6. Con la combinación del enfoque MuSIASEM y el método HJ-Biplot, es posible conocer fácilmente el comportamiento detallado de la actividad humana, productividad laboral y el consumo de energía (en nuestro caso) de un país.
7. Se utilizó el Análisis de Componentes Principales Geográficamente Ponderadas (GWPCA), con la finalidad de tener en cuenta la heterogeneidad espacial de la base de datos y se encontró un ancho de banda óptimo utilizando la función de Kernel Bi-square.
8. En función al análisis realizado, en Ecuador existe un elevado nivel de heterogeneidad espacial, se ha comprobado que existen notables desequilibrios geográficos y una economía centralizada, dado que los cantones ecuatorianos cuentan con diferentes factores para su desarrollo y, por lo tanto, la presencia o ausencia de estos factores puede favorecer o limitar el potencial de estos territorios.
9. Una de las ventajas de utilizar el GWPCA es poder visualizar e interpretar los factores que influyen en el análisis del Nexo, centrándose en cómo la dimensionalidad de los datos varía espacialmente, obteniendo así, un mayor grado de detalle y precisión que puede ser utilizado para apoyar tomas de decisiones locales.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

Con la realización de esta tesis, además de realizar aportes relevantes en temas de sostenibilidad, también se hacen las siguientes recomendaciones para dar continuidad a este tipo de estudios:

1. Con los resultados obtenidos, animamos a que se continúe el interés de la evaluación y extensión de la metodología MuSIASEM a otros países o regiones, para lograr un mejor conocimiento entre las sociedades humanas y su entorno.
2. El Ecuador, como la mayoría de países latinoamericanos, carece de una cultura estadística sólida. El desmantelamiento de la planificación pública durante los años ochenta y noventa, sumado a crisis financieras de fin de los años noventa, convirtió a la producción de estadística pública en un elemento poco prioritario. Para este caso se recomienda realizar colaboraciones entre instituciones gubernamentales del Ecuador, para poder contar con bases de datos actuales e informes estadísticos más confiables.
3. Para esta investigación se ha escogido trabajar con el nivel de gobierno municipal de Ecuador. Los Gobiernos Municipales, administran el territorio conocido como Cantón. Los cantones se encuentran formados por un centro urbano, y sus parroquias rurales, las que a su vez son administradas por los gobiernos parroquiales. Para futuras investigaciones se recomienda un estudio a nivel de parroquias.
4. Si bien se evaluó el Nexo Agua-Energía-Alimentos, la parte de alimentos fue reflejada en el sector agricultura y no así en temas de seguridad alimentaria, en su gran parte, debido a problemas a la accesibilidad de los datos a nivel cantonal. No obstante se recomienda incluir en otros estudios que abraquen niveles de administración de territorio mayores tales como: provincias o países, esta información.
5. Con respecto a la evaluación del metabolismo social del agua, solo pudo realizarse a nivel de demarcaciones hidrográficas, debido a problemas a la

accesibilidad de los datos a nivel cantonal, por lo cual se recomienda se realizar colaboraciones entre instituciones gubernamentales y privadas del Ecuador.

6. La especificación del ancho de banda es un problema que aún no se ha resuelto, no sólo en el GWPCA, sino también en otros métodos matemáticos relacionados con estimaciones locales, como el GWR, por lo cual se recomienda seguir investigando sobre el ancho de banda óptimo para este tipo de aplicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

BILIOGRAFÍA

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2016a). *Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2016*. Ecuador. Recuperado de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/biblioteca/>
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2016b). *Atlas Geoespacial del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2015*. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2lwCxYj>
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2016c). *Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano*. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2Mlmlix>
- Aguilar Apolo, C. & Correa-Quezada, R. (2016). Dimensión territorial del potencial de desarrollo de los cantones del Ecuador. *Paradigma económico*, 8(2), 85-110.
- Andreoni, V. (2017). Energy Metabolism of 28 World Countries: A Multi-scale Integrated Analysis. *Ecological Economics*, 142, 56-69. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.021>
- Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador (2008). *Constitución de la República del Ecuador, Pub. L. No. Registro Oficial # 449*. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2KiWjBt>
- Banco Central de Ecuador. (2014). *Resultados de las Cuentas Nacionales*. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2JvzycA>
- Banco Central del Ecuador. (2016). *Cuentas Nacionales Anuales. Producto interno bruto por industria*. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2awywP8>
- Banco Mundial. (2017a). *Ecuador: panorama general*. Recuperado de <https://bit.ly/2lvjLAF>
- Banco Mundial. (2017b). *PIB (US\$ a precios actuales)*. Recuperado de <https://bit.ly/2IIlBMt>
- Berkes, F., Colding, J. & Folke, C. (2003). Navigating social–ecological systems: building resilience for complexity and change. En *Navigating Social-Ecological Systems: building resilience for complexity and change* (pp. 1-30). Cambridge, UK: Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.01.010>
- Berkes, F. & Folke, C. (1998). Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience. En F. Berkes & C. Folke

- (Eds.), *Linking social and ecological systems for resilience and sustainability* (pp. 1-26). Cambridge, UK.: Cambridge University Press.
- Berry, A., Kay, C., Martínez, L. & North, L. (2014). *La concentración de la tierra en el caso ecuatoriano: impactos en el territorio* (1era. edic). Quito, Ecuador: Ediciones Abya-Yala y FLACSO.
- Biggs, E. M., Bruce, E., Boruff, B., Duncan, J. M. A., Horsley, J., Pauli, N., McNeill, K., Neef, A., Van Ogtrop, F., Curnow, J., Haworth, B., Duce, S. & Imanari, Y. (2015). Sustainable development and the water-energy-food nexus: A perspective on livelihoods. *Environmental Science and Policy*, 54, 389-397. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.002>
- Brundtland, G. H. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (The Brundtland Report). *Medicine, Conflict and Survival*, 4(1), 16.
- Brunsdon, C., Fotheringham, S. & Charlton, M. (1998). Geographically Weighted Regression-Modelling Spatial Non-Stationarity. *The Statistician*, 47(3), 431-443.
- Bybee, R. W. (1991). Planet Earth in Crisis: How Should Science Educators Respond? *The American Biology Teacher*, 53(3), 146-153.
- Cadillo Benalcazar, J. J. (2015). *El Uso de la Gramática del MuSIASEM para el Análisis Cuantitativo de la Sostenibilidad de los Sistemas Alimentarios*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- CEPAL. (2010). *Objetivos de desarrollo del milenio: Avances en la Sostenibilidad Ambiental del Desarrollo en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile. Recuperado de <https://bit.ly/2MWT30v>
- CEPAL. (2011). *Diagnóstico de la estadísticas del agua en Ecuador*. Recuperado de <https://bit.ly/2dC23sT>
- Correa, R. (2013). Territorio y Desarrollo en Ecuador. *Revista Perspectivas desde la ciencia*. Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Daly, H. E. (1992). Allocation, distribution, and scale: towards an economics that is efficient, just, and sustainable. *Ecological Economics*, 6(3), 185-193. doi: [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(92\)90024-M](https://doi.org/10.1016/0921-8009(92)90024-M)
- Diaz-Maurin, F. & Giampietro, M. (2013). A « Grammar» for assessing the performance of power-supply systems: Comparing nuclear energy to fossil energy. *Energy*, 49(1), 162-177. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.11.014>
- Eckart, C. & Young, G. (1936). The approximation of one matrix by another of lower

- rank. *Psychometrika*, 1(3), 211-218.
- Eisenmenger, N. (2007). Análisis del metabolismo energético y de materiales de Brasil, Chile y Venezuela. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 6(1), 17-39.
- Falconí-Benítez, F. (2001). Integrated Assessment of the Recent Economic History of Ecuador. *Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies*, 22(3), 257-280. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1026647829660>
- Falconí Benítez, F. & Larrea, C. (2003). *Impactos ambientales de las políticas de Liberalización externa y los flujos de capital: El caso de Ecuador. Globalización y desarrollo en América Latina*. Quito, Ecuador: FLACSO. Recuperado de <https://bit.ly/2tyCzTp>
- Falconi, F. & Jácome, H. (2002). La invitada indiscreta de la dolarización en Ecuador: la competitividad. *Sociedad y Economía-Facultad de ciencias sociales y económicas, Universidad del Valle*, 3, 19-34.
- FAO. (2011). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture-Managing Systems at Risk*. Italia, Roma. Reuperado de <https://bit.ly/2MU7iTP>
- FAO. (2014). *El nexa Agua-Energía-Alimentos: Un nuevo enfoque en respaldo de la seguridad alimentaria y d una agricultura sostenible*. Italia, Roma. Recuperado de <https://bit.ly/2KoIeG9>
- Farhad, S. (2012). Los Sistemas Socio-ecológicos. Una Aproximación Conceptual y Metodológica. En *XIII Jornadas de Economía Crítica* (pp. 265-280). Sevilla, España.
- Fischer-Kowalski, M. (1997). Society's metabolism: on the childhood and adolescence of rising conceptual star. En: Redclift, M. & G. Woodgate (Eds.), *The International Handbook of Enviromental Sociology* (pp.119-137). Cheltenham: Edward Elgar.
- Flammini, A., Puri, M., Pluschke, L. & Dubois, O. (2014). *Walking the Nexus Talk : Assessing the Water-Energy-Food Nexus in the Context of the Sustainable Energy for All Initiative* (Environment and Natural Resources No. 58). Italia, Roma: FAO. Recuperado de <https://bit.ly/WyMsOq>
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253-267. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>
- Fotheringham, A. S., Brunsdon, C. & Charlton, M. (2002). *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*. England: John Wiley

- & Sons Ltd.
- Gabriel, K. R. (1971). The Biplot-Graphic Display of Matrices with Application to Principal Component Analysis. *Biometrika*, 58, 453-467.
- Galindo, P. (1986). Una representación simultánea: HJ Biplot. *Qttestió*, 10(1), 13-23.
- Garcia, D. J. & You, F. (2016). The water-energy-food nexus and process systems engineering: A new focus. *Computers and Chemical Engineering*, 91, 49-67. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2016.03.003>
- Gasparatos, A., El-Haram, M. & Horner, M. (2009). Assessing the sustainability of the UK society using thermodynamic concepts: Part 1. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(5), 1074-1081. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.03.004>
- Gell-Mann, M. (1994). Complex Adaptive Systems. *Complexity; Metaphors, models and reality*, 17-45. doi: <https://doi.org/10.1002/cplx.20316>
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press.
- Giampietro, M., Aspinall, R. J., Bukkens, S. G. F., Cadillo Benalcazar, J., Diaz-Maurin, François Flammini, Alessandro Gomiero, T., Kovacic, Z., Madrid, C, Ramos-Martín, J. & Serrano-Tovar, T. (2013). *An Innovative Accounting Framework for the Food-Energy-Water Nexus-Application of the MuSIASEM approach to three case studies*. *Environment and Natural Resources*. Italia, Roma: FAO. Recuperado de <https://bit.ly/2MTnqVs>
- Giampietro, M., Aspinall, R. J., Ramos-Martin, J. & Bukkens, S. G. F. (2014). *Resource Accounting for Sustainability Assessment: The Nexus Between Energy, Food, Water and Land Use*. Routledge.
- Giampietro, M., Sorman, A. H. & Gamboa, G. (2010). *Using the MuSIASEM Approach to Study Metabolic Patterns of Modern Societies*. En: Barbir F., Ulgiati S. (Eds) *Energy Options Impact on Regional Security*. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Springer, Dordrecht.
- Ginard-Bosch, F. J. & Ramos-Martín, J. (2016). Energy metabolism of the Balearic Islands (1986-2012). *Ecological Economics*, 124, 25-35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.12.012>
- Gollini, I., Lu, B., Charlton, M., Brunson, C. & Harris, P. (2015). GWmodel : an R package for exploring spatial heterogeneity. *Journal of Statistical Software*, 63(17), 1-50. doi: <https://doi.org/10.1080/10095020.2014.917453>
- Goodland, R. (1995). The Concept of Environmental Sustainability. *Annual Review of*

- Ecology and Systematics*, 26, 1-24.
- Guijarro, A. & Sánchez, E. (2015). *El Nexo agua-alimentación-energía en el marco de la agenda post 2015*. España. Recuperado de <https://bit.ly/2lwmy9>
- Harris, P., Brunson, C. & Charlton, M. (2011). Geographically weighted principal components analysis. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(10), 1717-1736. doi: <https://doi.org/10.1080/13658816.2011.554838>
- Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1), 1-23. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- Holling, C. S. (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4, 390-405. doi: <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0101-5>
- INAMHI. (2013). *Atlas Hidrológico y Meteorológico Estudiantil 2013* (Vol. 1). Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/1zMUIRG>
- INEC, MAGAP & Proyecto SICA. (2002). *III Censo Nacional Agropecuario. Resultados Nacionales. Volumen 1*. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2KhrIJP>
- Instituto Geográfico Militar. (2009). Mapa Político del Ecuador. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2M11ukY>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2014). *Empleo (Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo-ENEMDU)*. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/1cSNZUN>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2017). Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo. Indicadores Laborales. Recuperado a partir de <https://goo.gl/g1aQch>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2007). *Descargas Cartográficas*. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2Mo489w>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010a). *Resultados del Censo 2010*. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/1y5pcrD>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010b). *Resultados Censo Poblacional 2010 de población Vivienda en el Ecuador: Fascículo Provincial Guayas*. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/1riLcfE>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010c). *Resultados Censo Poblacional 2010 de población Vivienda en el Ecuador: Fascículo Provincial Pichincha. Ecuador en cifras*. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/IyZPiu>

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010d). *Resultados Censo Poblacional 2010 de población Vivienda en el Ecuador: Fascículo Provincial Manabí. Ecuador en cifras*. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/1Nyxm53>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2012). *Ciiu 4.0*. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2IGxUsW>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2016). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2016*. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2xDDeYt>
- Iorgulescu, R. I. & Polimeni, J. M. (2009). A multi-scale integrated analysis of the energy use in Romania, Bulgaria, Poland and Hungary. *Energy*, 34(3), 341-347. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.09.003>
- Kates, R. W., Clark, W. C., Corell, R., Hall, J. M., Jaeger, C. C., Lowe, I., McCarthy, J. J., Schellnhuber, H. J., Bolin, B., Dickson N. M., Faucheux, S., Gallopin, G. C., Grübler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N. S., Kasperson, R. E., Mabogunje, A., Matson, P., Mooney, H., Moore III, B., O'Riordan, T. & Svedin, U. (2001). Sustainability Science. *Science*, 292(5517), 641-642.
- Larrea, C. (1992). *The mirage of development: oil, employment, and poverty in Ecuador, 1972-1990*. Ontario: York University.
- Lu, B., Harris, P., Charlton, M. & Brunsdon, C. (2014). The GWmodel R package: further topics for exploring spatial heterogeneity using geographically weighted models. *Geo-spatial Information Science*, 17(2), 85-101. doi: <https://doi.org/10.1080/10095020.2014.917453>
- Macedo, B. (2005). El concepto de sostenibilidad. Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe-UNESCO. Recuperado de <https://bit.ly/2hO1EXy>
- Madrid, C., Cabello, V. & Giampietro, M. (2013). Water-Use Sustainability in Socioecological Systems: A Multiscale Integrated Approach. *BioScience*, 63(1), 14-24. doi: <https://doi.org/10.1525/bio.2013.63.1.6>
- Malo Larrea, A. (2014). *El Metabolismo Social, el Sumak Kawsay y el Territorio: El Caso de Cuenca, Ecuador*. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona. Recuperado de <https://ddd.uab.cat/record/128775>
- Martín-carrillo, S. & Converti, L. (2016). *Informe de Coyuntura Económica de Ecuador*. Centro Estratégico Latinoamericano de Geopolítica. Recuperado de <https://bit.ly/2trp9cj>
- Mendieta-Muñoz, R. (2015). *Análisis Económico Productivo Regional del Ecuador*:

- Años 2007 y 2012*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca. Recuperado de <https://bit.ly/2lwt0Ax>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Cambio Climático y Uso de la Tierra: Una Guía para la Acción Ciudadana*. Quito, Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2trpvQb>
- Nebel, B. J. & Wright, R. T. (1999). *Ciencias ambientales: ecología y desarrollo sostenible*. Pearson Educación.
- Nieto, A. B., Galindo-Villardón, M., Leiva, V., & Vicente-Galindo, M. (2014). A Methodology for Biplots based on bootstrapping with R. *Revista Colombiana de Estadística*, 37 (2), 367-397. doi: <https://doi.org/10.15446/rce.v37n2spe.47944>
- Odum, E. P. (1989). *Ecology and Our Endangered Life-Support Systems*. U.S.: Sinauer Associates Inc.
- Park, R. E. (1936). Human Ecology. *American Journal of Sociology*, 42(1), 1-15.
- Pearson, K. (1901). On lines and planes of closets fit to systems of points in the space. *Philosophical Magazine Series 6*, 2, 559-572.
- Petroecuador. (2015). *Informe estadístico 2015*. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2yFxoqj>
- Ramos-Martín, J. (2001). Historical Analysis of Energy Intensity of Spain: From a «Conventional View» to an «Integrated Assessment»». *Population and Environment*, 22(3), 281-313. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1026672513730>
- Ramos-Martín, J., Cañellas-Boltà, S., Giampietro, M. & Gamboa, G. (2009). Catalonia's energy metabolism: Using the MuSIASEM approach at different scales. *Energy Policy*, 37(11), 4658-4671. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.06.028>
- Ramos-Martin, J., Giampietro, M. & Mayumi, K. (2007a). On China's exosomatic energy metabolism: An application of multi-scale integrated analysis of societal metabolism (MSIASM). *Ecological Economics*, 63(1), 174-191. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.10.020>
- Ramos-Martin, J., Giampietro, M., & Mayumi, K. (2007b). On China's exosomatic energy metabolism: An application of multi-scale integrated analysis of societal metabolism (MSIASM). *Ecological Economics*, 63(1), 174-191. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.10.020>
- Recalde, M. & Ramos-Martin, J. (2012). Going beyond energy intensity to understand the energy metabolism of nations: The case of Argentina. *Energy*, 37(1), 122-132.

- doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.07.011>
- Roca-Pardiñas, J., Ordóñez, C., Cotos-Yáñez, T. R. & Pérez-Álvarez, R. (2017). Testing spatial heterogeneity in geographically weighted principal components analysis. *International Journal of Geographical Information Science*, 31(4), 676-693. doi: <https://doi.org/10.1080/13658816.2016.1224886>
- Rodríguez Huerta, E. (2015). *Análisis de la viabilidad metabólica de los planes energéticos en Catalunya mediante la metodología MuSIASEM (Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism)*. Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTECH.
- Rosero Bixby, L. (2013). *Ecuador. El bono demográfico y sus implicaciones de política pública. Aplicación metodológica de Cuentas Nacionales de Transferencias generacionales*. Quito, Ecuador: Secretaria Nacional de Planificación Desarrollo. Recuperado de <https://bit.ly/2MS2myJ>
- Salas-Zapata, W. A., Ríos-Osorio, L. A. & Álvarez-Del Castillo, J. (2012). Marco conceptual para entender la sustentabilidad de los sistemas socioecológicos. *Ecología Austral*, (1), 6.
- Secretaría del Agua, Dirección de Investigación y Gestión de la Información & Agencia de Regulación y Control del Agua. (2017). *Boletín de la Estadística Sectorial del Agua 2017*. Quito, Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2k4uKAv>
- SENAGUA. (2009). *Delimitación y codificación de unidades geográficas del Ecuador*. Secretaría Nacional del Agua de Ecuador. Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2tGvgZY>
- Sorman, A. H. & Giampietro, M. (2011). Generating better energy indicators: Addressing the existence of multiple scales and multiple dimensions. *Ecological Modelling*, 223(1), 41-53. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.10.014>
- Sorman, A. H. & Giampietro, M. (2013). The energetic metabolism of societies and the degrowth paradigm: Analyzing biophysical constraints and realities. *Journal of Cleaner Production*, 38, 80-93. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.11.059>
- Toledo, V. M. (2013). El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, 34(136), 41-71. doi: <https://doi.org/0185-3929>
- Velasco-Fernández, R., Ramos-Martín, J., & Giampietro, M. (2015). The energy metabolism of China and India between 1971 and 2010: Studying the bifurcation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41(1), 1052-1066. doi:

- <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.065>
- Vicente-Villardón, J.L.; Galindo-Villardón, M.P.; Blázquez-Zaballos, A. (2006). *Logistic Biplots in Multiple correspondence analysis and related methods*. (J. Greenacre, M., Blasius, Ed.), *Psychometrika* (Greenacre, Vol. 72). FL, USA: Statistics in Social and Behavioral Sciences Series: Boca Raton.
- Vicente-Villardón, J. L. (2014). *Análisis De Componentes Principales*. Salamanca, España: Departamento de Estadística. Salamanca.
- Vilches, A. & Gil-Pérez, D. (2016). La Ciencia de la Sostenibilidad: una necesaria revolución científica. *Ciência & Educação (Bauru)*, 22(1), 1-6. doi: <https://doi.org/10.1590/1516-731320160010001>
- Vilches, A. Gil Pérez, D., Toscano, J. C. & Macías, O. (2014). La transición a la Sostenibilidad (o Sustentabilidad) como [r] evolución cultural , educativa , tecnocientífica y política. *OEI*.
- Vilches, A. & Pérez, D. G. (2015). Ciencia de la Sostenibilidad: ¿Una nueva disciplina o un nuevo enfoque para todas las disciplinas? *Revista Iberoamericana de Educación*, 69(1), 39-60.
- Villacís, B. & Carrillo, D. (2011). *Estadística Demográfica en el Ecuador: Diagnóstico y Propuestas*. (INEC). Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Recuperado de <https://bit.ly/1JBf9fe>
- Walker, B., Carpenter, S., Anderies, J., Abel, N., Cumming, G. S., Janssen, M., Lebel, L., Norberg, J., Peterson, G. D. & Pritchard, R. (2002). Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach. *Conservation Ecology*, 6(1), 45.
- Wei, C., Cabrera-Barona, P. & Blaschke, T. (2016). Local geographic variation of public services inequality: Does the neighborhood scale matter? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(10). doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph13100981>

ANEXOS

ANEXOS

Anexo A. Cantones que conforman Ecuador.

Tabla 47

Cantones que conforman Ecuador.

#	Código	Cantones	#	Código	Cantones
1	1316	24 DE MAYO	43	603	COLTA
2	2202	AGUARICO	44	923	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA
3	602	ALAUSI	45	1003	COTACACHI
4	902	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	46	101	CUENCA
5	1801	AMBATO	47	610	CUMANDA
6	1002	ANTONIO ANTE	48	2107	CUYABENO
7	1604	ARAJUNO	49	906	DAULE
8	1503	ARCHIDONA	50	306	DELEG
9	702	ARENILLAS	51	907	DURAN
10	806	ATACAMES	52	204	ECHEANDIA
11	703	ATAHUALPA	53	1304	EL CARMEN
12	301	AZOGUES	54	1504	EL CHACO
13	1202	BABA	55	908	EL EMPALME
14	1201	BABAHOYO	5	706	EL GUABO
15	903	BALAO	5	112	EL PAN
16	704	BALSAS	58	1906	EL PANGUI
17	904	BALZAR	59	9004	EL PIEDRERO
18	1802	BAÑOS	60	305	EL TAMBO
19	302	BIBLIAN	61	909	EL TRIUNFO
20	1302	BOLIVAR	62	802	ELOY ALFARO
21	402	BOLIVAR	63	801	ESMERALDAS
22	1210	BUENA FE	64	403	ESPEJO
23	206	CALUMA	65	1106	ESPINDOLA
24	1102	CALVAS	66	1305	FLAVIO ALFARO
25	115	CAMILO PONCE ENRIQUEZ	67	927	GENERAL ANTONIO ELIZALDE
26	303	CAÑAR	68	102	GIRON
27	1509	CARLOS JULIO AROSEMENA	69	2102	GONZALO PIZARRO
28	2106	CASCALES	70	1107	GONZANAMA
29	1103	CATAMAYO	71	114	GUACHAPALA
30	1702	CAYAMBE	72	103	GUALACEO
31	1104	CELICA	73	1402	GUALAQUIZA
32	1907	CENTINELA DEL CONDOR	74	606	GUAMOTE
33	1803	CEVALLOS	75	607	GUANO
34	1105	CHAGUARPAMBA	76	201	GUARANDA
35	604	CHAMBO	77	901	GUAYAQUIL
36	705	CHILLA	78	1407	HUAMBOYA
3	202	CHILLANES	79	707	HUAQUILLAS
38	1902	CHINCHIPE	80	1001	IBARRA
39	1303	CHONE	81	2002	ISABELA

Continuación de Tabla 47.

#	Código	Cantones	#	Código	Cantones
40	111	CHORDELEG	82	928	ISIDRO AYORA
41	605	CHUNCHI	83	1320	JAMA
42	905	COLIMES	84	1321	JARAMIJO
85	1306	JIPIJAPA	130	1908	PALANDA
86	1307	JUNIN	131	1209	PALENQUE
87	808	LA CONCORDIA	132	913	PALESTINA
88	2203	LA JOYA DE LOS SACHAS	133	608	PALLATANGA
89	502	LA MANA	134	1404	PALORA
90	304	LA TRONCAL	135	1109	PALTAS
91	2101	LAGO AGRIO	136	503	PANGUA
92	9001	LAS GOLONDRINAS	137	1909	PAQUISHA
93	714	LAS LAJAS	138	709	PASAJE
94	207	LAS NAVES	139	1601	PASTAZA
95	501	LATACUNGA	140	1805	PATATE
9	2402	LIBERTAD	141	105	PAUTE
9	1403	LIMON INDANZA	142	1317	PEDERNALES
98	1410	LOGROÑO	143	914	PEDRO CARBO
99	1101	LOJA	144	1704	PEDRO MONCAYO
100	924	LOMAS DE SARGENTILLO	145	1708	PEDRO VICENTE MALDONADO
101	2204	LORETO	146	609	PENIPE
102	1108	MACARA	147	1311	PICHINCHA
103	701	MACHALA	148	1005	PIMAMPIRO
104	9003	MANGA DEL CURA	149	1114	PINDAL
105	1308	MANTA	150	710	PIÑAS
106	708	MARCABELI	151	921	PLAYAS
107	1703	MEJIA	152	711	PORTOVELO
108	1602	MERA	153	1301	PORTOVIEJO
109	910	MILAGRO	154	106	PUCARA
110	404	MIRA	155	1204	PUEBLOVIEJO
111	1212	MOCACHE	156	1319	PUERTO LOPEZ
112	1804	MOCHA	157	1709	PUERTO QUITO
113	1203	MONTALVO	158	504	PUJILI
114	1309	MONTECRISTI	159	2103	PUTUMAYO
115	405	MONTUFAR	160	1110	PUYANGO
116	1401	MORONA	161	1806	QUERO
117	803	MUISNE	162	1205	QUEVEDO
118	104	NABON	163	1507	QUIJOS
119	1903	NANGARITZA	164	1115	QUILANGA
120	911	NARANJAL	165	804	QUININDE
121	912	NARANJITO	166	1213	QUINSALOMA
122	925	NOBOL	167	1701	QUITO
123	1116	OLMEDO	168	601	RIOBAMBA
124	1318	OLMEDO	169	807	RIOVERDE
125	110	OÑA	170	1312	ROCAFUERTE
126	2201	ORELLANA	171	1705	RUMIÑAHUI
127	1004	OTAVALO	172	505	SALCEDO

Continuación de Tabla 47.

#	Código	Cantones	#	Código	Cantones
128	1411	PABLO VI	173	2403	SALINAS
129	1310	PAJAN	174	916	SAMBORONDON
175	2001	SAN CRISTOBAL	200	507	SIGCHOS
176	107	SAN FERNANDO	201	109	SIGSIG
177	203	SAN JOSE DE CHIMBO	202	922	SIMON BOLIVAR
178	1408	SAN JUAN BOSCO	203	1112	SOZORANGA
179	805	SAN LORENZO	204	1314	SUCRE
180	205	SAN MIGUEL	205	1406	SUCUA
182	1707	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	206	2105	SUCUMBIOS
182	1006	SAN MIGUEL DE URCUQUI	207	307	SUSCAL
183	406	SAN PEDRO DE HUACA	208	1409	TAISHA
184	1807	SAN PEDRO DE PELILEO	209	1501	TENA
185	1322	SAN VICENTE	210	1809	TISALEO
186	1313	SANTA ANA	211	1412	TIWINTZA
187	1603	SANTA CLARA	212	1315	TOSAGUA
188	2003	SANTA CRUZ	213	401	TULCAN
189	2401	SANTA ELENA	214	919	URBINA JADO
190	108	SANTA ISABEL	215	1206	URDANETA
191	918	SANTA LUCIA	216	1211	VALENCIA
192	712	SANTA ROSA	217	1207	VENTANAS
193	1405	SANTIAGO	218	1208	VINCES
194	1808	SANTIAGO DE PILLARO	219	1904	YACUAMBI
195	2301	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	220	920	YAGUACHI
196	506	SAQUISILI	221	1905	YANTZAZA
197	1111	SARAGURO	222	1901	ZAMORA
198	113	SEVILLA DE ORO	223	1113	ZAPOTILLO
199	2104	SHUSHUFINDI	224	713	ZARUMA

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010a.

Anexo B. Población por cantones.

Tabla 48
Población por Cantones.

#	Cantones	Población Urbana (personas)	Población Rural (personas)	Población Total (personas)
1	24 DE MAYO	4799	24047	28846
2	AGUARICO	461	4386	4847
3	ALAUSI	6330	37759	44089
4	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	8343	16836	25179
5	AMBATO	165185	164671	329856
6	ANTONIO ANTE	21286	22232	43518
7	ARAJUNO	1290	5201	6491
8	ARCHIDONA	5478	19491	24969
9	ARENILLAS	17346	9498	26844
10	ATACAMES	15463	26063	41526
11	ATAHUALPA	1594	4239	5833
12	AZOGUES	33848	36216	70064
13	BABA	5368	34313	39681
14	BABAHOYO	90191	63585	153776
15	BALAO	9220	11303	20523
16	BALSAS	4032	2829	6861
17	BALZAR	28794	25143	53937
18	BAÑOS	12995	7023	20018
19	BIBLIAN	5493	15324	20817
20	BOLIVAR	17632	23103	40735
21	BOLIVAR	20630	34452	55082
22	BUENA FE	38263	24885	63148
23	CALUMA	6269	6860	13129
24	CALVAS	13311	14874	28185
25	CAMILO PONCE ENRIQUEZ	4903	17095	21998
26	CAÑAR	13407	45916	59323
27	CARLOS JULIO AROSEMENA	931	2733	3664
28	CASCALES	2090	9014	11104
29	CATAMAYO	22697	7941	30638
30	CAYAMBE	39028	46767	85795
31	CELICA	4400	10068	14468
32	CENTINELA DEL CONDOR	2233	4246	6479
33	CEVALLOS	2501	5662	8163
34	CHAGUARPAMBA	1090	6071	7161
35	CHAMBO	4459	7426	11885
36	CHILLA	1025	1459	2484
37	CHILLANES	2681	14725	17406
38	CHINCHIPE	3163	5956	9119
39	CHONE	52810	73681	126491
40	CHORDELEG	4209	8368	12577
41	CHUNCHI	3784	8902	12686

Continuación de Tabla 48.

#	Cantones	Población Urbana (personas)	Población Rural (personas)	Población Total (personas)
42	COLIMES	6191	17232	23423
43	COLTA	2313	42658	44971
44	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	7163	4870	12033
45	COTACACHI	8848	31188	40036
46	CUENCA	329928	175657	505585
47	CUMANDA	8626	4296	12922
48	CUYABENO	1280	5853	7133
49	DAULE	65145	55181	120326
50	DELEG	578	5522	6100
51	DURAN	230839	4930	235769
52	ECHEANDIA	6170	5944	12114
53	EL CARMEN	46358	42663	89021
54	EL CHACO	4026	3934	7960
55	EL EMPALME	35686	38765	74451
56	EL GUABO	22172	27837	50009
57	EL PAN	486	2550	3036
58	EL PANGUI	3084	5535	8619
59	EL PIEDRERO	0	6324	6324
60	EL TAMBO	4674	4801	9475
61	EL TRIUNFO	34863	9915	44778
62	ELOY ALFARO	5302	34437	39739
63	ESMERALDAS	154035	35469	189504
64	ESPEJO	4497	8867	13364
65	ESPINDOLA	1565	13234	14799
66	FLAVIO ALFARO	6197	18807	25004
67	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	6079	4563	10642
68	GIRON	4016	8591	12607
69	GONZALO PIZARRO	2007	6592	8599
70	GONZANAMA	1412	11304	12716
71	GUACHAPALA	1125	2284	3409
72	GUALACEO	13981	28728	42709
73	GUALAQUIZA	7232	9930	17162
74	GUAMOTE	2648	42505	45153
75	GUANO	7758	35093	42851
76	GUARANDA	23874	68003	91877
77	GUAYAQUIL	2278691	72224	2350915
78	HUAMBOYA	900	7566	8466
79	HUAQUILLAS	47706	579	48285
80	IBARRA	131856	49319	181175
81	ISABELA	2092	164	2256
82	ISIDRO AYORA	5967	4903	10870
83	JAMA	6090	17163	23253
84	JARAMIJO	17208	1278	18486
85	JIPIJAPA	40232	30851	71083

Continuación Tabla 48.

#	Cantones	Población Urbana (personas)	Población Rural (personas)	Población Total (personas)
86	JUNIN	5400	13542	18942
87	LA CONCORDIA	29003	13921	42924
88	LA JOYA DE LOS SACHAS	11480	26111	37591
89	LA MANA	23775	18441	42216
90	LA TRONCAL	35259	19130	54389
91	LAGO AGRIO	48562	43182	91744
92	LAS GOLONDRINAS	0	5302	5302
93	LAS LAJAS	1178	3616	4794
94	LAS NAVES	1485	4607	6092
95	LATACUNGA	63842	106647	170489
96	LIBERTAD	95942	0	95942
97	LIMON INDANZA	3523	6199	9722
98	LOGROÑO	1482	4241	5723
99	LOJA	170280	44575	214855
100	LOMAS DE SARGENTILLO	13775	4638	18413
101	LORETO	3257	17906	21163
102	MACARA	12587	6431	19018
103	MACHALA	231260	14712	245972
104	MANGA DEL CURA	0	20758	20758
105	MANTA	217553	8924	226477
106	MARCABELI	3682	1768	5450
107	MEJIA	16515	64820	81335
108	MERA	768	11093	11861
109	MILAGRO	133508	33126	166634
110	MIRA	3096	9084	12180
111	MOCACHE	8028	30364	38392
112	MOCHA	1209	5568	6777
113	MONTALVO	12734	11430	24164
114	MONTECRISTI	46312	23982	70294
115	MONTUFAR	14487	16024	30511
116	MORONA	18984	22171	41155
117	MUISNE	5925	22549	28474
118	NABON	1229	14663	15892
119	NANGARITZA	1771	3425	5196
120	NARANJAL	28487	40525	69012
121	NARANJITO	28546	8640	37186
122	NOBOL	8256	11344	19600
123	OLMEDO	2737	11977	14714
124	OLMEDO	2115	7729	9844
125	OÑA	846	2737	3583
126	ORELLANA	846	2737	3583
127	OTAVALO	39354	65520	104874
128	PABLO VI	716	1107	1823
129	PAJAN	6977	30096	37073

Continuación Tabla 48.

#	Cantones	Población Urbana (personas)	Población Rural (personas)	Población Total (personas)
130	PALANDA	1999	6090	8089
131	PALENQUE	6348	15972	22320
132	PALESTINA	8480	7585	16065
133	PALLATANGA	3813	7731	11544
134	PALORA	3152	3784	6936
135	PALTAS	6617	17184	23801
136	PANGUA	1649	20316	21965
137	PAQUISHA	1003	2851	3854
138	PASAJE	52673	20133	72806
139	PASTAZA	33557	28459	62016
140	PATATE	2161	11336	13497
141	PAUTE	7226	18268	25494
142	PEDERNALES	21910	33218	55128
143	PEDRO CARBO	20220	23216	43436
144	PEDRO MONCAYO	10059	23113	33172
145	PEDRO VICENTE MALDONADO	5561	7363	12924
146	PENIPE	1064	5675	6739
147	PICHINCHA	3834	26410	30244
148	PIMAMPIRO	5138	7832	12970
149	PINDAL	1828	6817	8645
150	PIÑAS	15517	10471	25988
151	PLAYAS	34409	7526	41935
152	PORTOVELO	7838	4362	12200
153	PORTOVIEJO	206682	73347	280029
154	PUCARA	911	9141	10052
155	PUEBLOVIEJO	7871	28606	36477
156	PUERTO LOPEZ	9870	10581	20451
157	PUERTO QUITO	3080	17365	20445
158	PUJILI	10064	58991	69055
159	PUTUMAYO	2197	7977	10174
160	PUYANGO	4491	11022	15513
161	QUERO	2679	16526	19205
162	QUEVEDO	150827	22748	173575
163	QUIJOS	1691	4533	6224
164	QUILANGA	880	3457	4337
165	QUININDE	28928	93642	122570
166	QUINSALOMA	4573	11903	16476
167	QUITO	1607734	631457	2239191
168	RIOBAMBA	146324	79417	225741
169	RIOVERDE	3169	23700	26869
170	ROCAFUERTE	9204	24265	33469
171	RUMIÑAHUI	75080	10772	85852
172	SALCEDO	12488	45728	58216
173	SALINAS	34719	33956	68675
174	SAMBORONDON	42637	24953	67590

Continuación Tabla 48.

#	Cantones	Población Urbana (personas)	Población Rural (personas)	Población Total (personas)
175	SAN CRISTOBAL	6672	803	7475
176	SAN FERNANDO	1464	2529	3993
177	SAN JOSE DE CHIMBO	4402	11377	15779
178	SAN JUAN BOSCO	1390	2518	3908
179	SAN LORENZO	23265	19221	42486
180	SAN MIGUEL	6911	20333	27244
181	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	4810	12763	17573
182	SAN MIGUEL DE URQUQUI	3298	12373	15671
183	SAN PEDRO DE HUACA	3859	3765	7624
184	SAN PEDRO DE PELILEO	10103	46470	56573
185	SAN VICENTE	9819	12206	22025
186	SANTA ANA	9681	37704	47385
187	SANTA CLARA	1312	2253	3565
188	SANTA CRUZ	11974	3419	15393
189	SANTA ELENA	39681	104395	144076
190	SANTA ISABEL	5607	12786	18393
191	SANTA LUCIA	8810	30113	38923
192	SANTA ROSA	48929	20107	69036
193	SANTIAGO	2277	7018	9295
194	SANTIAGO DE PILLARO	7444	30913	38357
195	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	270875	97138	368013
196	SAQUISILI	7205	18115	25320
197	SARAGURO	4031	26152	30183
198	SEVILLA DE ORO	838	5051	5889
199	SHUSHUFINDI	16355	27973	44328
200	SIGCHOS	1947	19997	21944
201	SIGSIG	3676	23234	26910
202	SIMON BOLIVAR	7300	18183	25483
203	SOZORANGA	923	6542	7465
204	SUCRE	20921	36238	57159
205	SUCUA	7805	10513	18318
206	SUCUMBIOS	549	2841	3390
207	SUSCAL	1266	3750	5016
208	TAISHA	1036	17401	18437
209	TENA	23307	37573	60880
210	TISALEO	1269	10868	12137
211	TIWINTZA	1162	5833	6995
212	TOSAGUA	10751	27590	38341
213	TULCAN	53558	32940	86498
214	URBINA JADO	10840	46562	57402
215	URDANETA	6240	23023	29263
216	VALENCIA	16983	25573	42556
217	VENTANAS	38168	28383	66551
218	VINCES	30248	41488	71736

Continuación Tabla 48.

#	Cantones	Población Urbana (personas)	Población Rural (personas)	Población Total (personas)
219	YACUAMBI	1325	4510	5835
220	YAGUACHI	17806	43152	60958
221	YANTZAZA	9199	9476	18675
222	ZAMORA	12386	13124	25510
223	ZAPOTILLO	2437	9875	12312
224	ZARUMA	9677	14420	24097

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010a.

Anexo C. Empleo por cantones.

Tabla 49

Número de personas con empleo por sector en Ecuador.

#	Cantones	Población Empleada (personas)	Empleo en el Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca)- (personas)	Empleo en el Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción)- (personas)	Empleo en el Sector Servicios (personas)
1	24 DE MAYO	8690	4884	523	1749
2	AGUARICO	2128	971	259	729
3	ALAUSI	17348	12475	1193	2621
4	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	9244	4985	1067	2278
5	AMBATO	161533	29970	42255	79465
6	ANTONIO ANTE	19015	3195	7070	7031
7	ARAJUNO	2227	1390	118	462
8	ARCHIDONA	9016	4519	853	2572
9	ARENILLAS	11110	4273	1309	4340
10	ATACAMES	15519	3157	2493	6745
11	ATAHUALPA	2212	1006	528	494
12	AZOGUES	28758	6712	6401	13203
13	BABA	13859	9934	604	2223
14	BABAHOYO	60095	20812	7318	25671
15	BALAO	8428	5392	517	1684
16	BALSAS	2705	1059	408	909
17	BALZAR	18413	9029	1664	4924
18	BAÑOS	9847	2327	1525	5399
19	BIBLIAN	8141	3731	1482	2270
20	BOLIVAR	13382	4743	1636	4631
21	BOLIVAR	5660	3760	293	1067
22	BUENA FE	23049	10331	2325	7391
23	CALUMA	5005	2251	508	1911
24	CALVAS	10325	4011	1060	3993
25	CAMILO PONCE ENRIQUEZ	9995	2902	4669	1872
26	CAÑAR	22886	12676	2816	5745
27	CARLOS JULIO AROSEMENA	1510	597	184	414
28	CASCALES	4118	1854	428	1094
29	CATAMAYO	11788	3454	2254	4755
30	CAYAMBE	39639	17122	5992	11951
31	CELICA	5007	2579	386	1590
32	CENTINELA DEL CONDOR	2383	1146	340	718
33	CEVALLOS	3776	1013	1147	1394
34	CHAGUARPAMBA	2728	1645	398	454
35	CHAMBO	5576	2549	1359	1313
36	CHILLA	970	621	89	189
37	CHILLANES	6593	4368	352	1219

Continuación Tabla 49.

#	Cantones	Población Empleada (personas)	Empleo en el Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca)- (personas)	Empleo en el Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción)- (personas)	Empleo en el Sector Servicios (personas)
38	CHINCHIPE	3663	1917	360	1186
39	CHONE	45192	16836	4249	16759
40	CHORDELEG	5734	1138	3242	1098
41	CHUNCHI	4839	2792	592	1104
42	COLIMES	7922	5034	451	1301
43	COLTA	22128	16104	1074	3675
44	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	4480	1654	1101	1265
45	COTACACHI	15061	5485	3664	3920
46	CUENCA	231328	19900	64029	130504
47	CUMANDA	4951	2005	774	1699
48	CUYABENO	2910	1120	613	845
49	DAULE	45367	14656	5571	18602
50	DELEG	2462	1333	382	509
51	DURAN	98803	5259	21007	58107
52	ECHEANDIA	4689	2531	378	1432
53	EL CARMEN	32597	14602	2835	10677
54	EL CHACO	3490	1271	606	1355
55	EL EMPALME	26121	10949	2673	8502
56	EL GUABO	20492	11942	1463	5334
57	EL PAN	1067	628	162	212
58	EL PANGUI	3160	1471	580	864
59	EL PIETRERO	2427	1640	95	377
60	EL TAMBO	3393	1265	608	1147
61	EL TRIUNFO	17020	7231	1925	5803
62	ELOY ALFARO	14701	6384	1315	3158
63	ESMERALDAS	75060	9171	12029	39027
64	ESPEJO	4978	2553	421	1549
65	ESPINDOLA	4842	3040	255	743
66	FLAVIO ALFARO	8714	4834	540	1697
67	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	4199	1731	560	1532
68	GIRON	5030	2453	909	1329
69	GONZALO PIZARRO	3520	1312	550	1179
70	GONZANAMA	4558	2862	235	830
71	GUACHAPALA	1257	574	200	375
72	GUALACEO	17516	5103	5623	5511
73	GUALAQUIZA	6817	2778	923	2507
74	GUAMOTE	19504	15256	1021	1724
75	GUANO	18124	7905	4392	4620
76	GUARANDA	37781	19504	3608	10509
77	GUAYAQUIL	1016082	46671	217048	621334
78	HUAMBOYA	2882	1729	196	468

Continuación Tabla 49.

#	Cantones	Población Empleada (personas)	Empleo en el Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca)- (personas)	Empleo en el Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción)- (personas)	Empleo en el Sector Servicios (personas)
79	HUAQUILLAS	20112	2358	3641	11879
80	IBARRA	80669	10277	16540	44824
81	ISABELA	1129	161	185	726
82	ISIDRO AYORA	3675	1977	375	831
83	JAMA	7150	3871	684	1674
84	JARAMIJO	5932	2166	1005	1998
85	JIPIJAPA	25069	8459	3257	10298
86	JUNIN	6289	2850	657	1634
87	LA CONCORDIA	16703	6330	1962	6469
88	LA JOYA DE LOS SACHAS	15280	6859	2394	4444
89	LA MANA	16901	8568	1622	5205
90	LA TRONCAL	20800	6522	4549	8123
91	LAGO AGRIO	37691	9583	6267	17047
92	LAS GOLONDRINAS	2047	889	277	685
93	LAS LAJAS	1790	1082	126	391
94	LAS NAVES	2309	1477	132	391
95	LATACUNGA	74070	20519	14606	33084
96	LIBERTAD	36247	3097	7186	22041
97	LIMON INDANZA	4005	2028	588	1100
98	LOGROÑO	2071	1237	180	401
99	LOJA	92137	12346	18087	54262
100	LOMAS DE SARGENTILLO	6374	2600	987	1981
101	LORETO	7956	4807	657	1529
102	MACARA	7121	2613	899	3110
103	MACHALA	108734	15867	18485	63671
104	MANGA DEL CURA	7429	4648	274	1100
105	MANTA	90739	8009	23289	49950
106	MARCABELI	2090	923	296	585
107	MEJIA	36131	8111	8363	16135
108	MERA	5001	847	695	2984
109	MILAGRO	65606	14783	10899	32064
110	MIRA	4895	2857	314	1097
111	MOCACHE	13988	9383	634	2321
112	MOCHA	3021	1323	678	710
113	MONTALVO	9482	4402	1031	3077
114	MONTECRISTI	25128	2806	8859	10331
115	MONTUFAR	12562	5933	1426	4198
116	MORONA	16583	5120	2339	7625
117	MUISNE	9956	4231	858	2504
118	NABON	6258	3625	1127	1006
119	NANGARITZA	1955	1075	297	418

Continuación Tabla 49.

#	Cantones	Población Empleada (personas)	Empleo en el Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca)- (personas)	Empleo en el Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción)- (personas)	Empleo en el Sector Servicios (personas)
120	NARANJAL	27916	15014	2289	7859
121	NARANJITO	6210	1994	4298	6210
122	NOBOL	2495	1051	2676	2495
123	OLMEDO	1061	131	247	1061
124	OLMEDO	1743	198	561	1743
125	OÑA	932	243	299	932
126	ORELLANA	7326	5581	12616	7326
127	OTAVALO	8578	13717	15993	8578
128	PABLO VI	301	71	213	301
129	PAJAN	7354	882	2384	7354
130	PALANDA	1864	216	526	1864
131	PALENQUE	5531	266	1029	5531
132	PALESTINA	2709	486	1539	2709
133	PALLATANGA	2896	372	947	2896
134	PALORA	1242	353	899	1242
135	PALTAS	4460	780	2184	4460
136	PANGUA	6864	450	1264	6864
137	PAQUISHA	546	652	335	546
138	PASAJE	10203	3848	13100	10203
139	PASTAZA	6524	4037	12545	6524
140	PATATE	4388	650	1213	4388
141	PAUTE	4953	2125	2917	4953
142	PEDERNALES	7012	2334	5641	7012
143	PEDRO CARBO	7255	1351	4419	7255
144	PEDRO MONCAYO	7998	1993	3485	7998
145	PEDRO VICENTE MALDONADO	2517	678	1670	2517
146	PENIPE	1940	266	492	1940
147	PICHINCHA	5737	511	1603	5737
148	PIMAMPIRO	3269	398	1448	3269
149	PINDAL	1996	132	609	1996
150	PIÑAS	2901	2428	4354	2901
151	PLAYAS	2654	4049	7359	2654
152	PORTOVELO	908	2113	1573	908
153	PORTOVIEJO	18654	17865	58820	18654
154	PUCARA	2120	234	447	2120
155	PUEBLOVIEJO	7545	923	3028	7545
156	PUERTO LOPEZ	2606	986	2630	2606
157	PUERTO QUITO	4633	629	1525	4633
158	PUJILI	15497	4487	6034	15497
159	PUTUMAYO	1578	587	1153	1578
160	PUYANGO	2875	575	1678	2875
161	QUERO	6248	1015	1520	6248

Continuación Tabla 49.

#	Cantones	Población Empleada (personas)	Empleo en el Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca)- (personas)	Empleo en el Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción)- (personas)	Empleo en el Sector Servicios (personas)
162	QUEVEDO	14249	10595	35281	14249
163	QUIJOS	862	327	1559	862
164	QUILANGA	1003	116	279	1003
165	QUININDE	23288	3694	11639	23288
166	QUINSALOMA	4175	264	1000	4175
167	QUITO	52944	244023	690088	52944
168	RIOBAMBA	20941	16045	55734	20941
169	RIOVERDE	4235	760	1848	4235
170	ROCAFUERTE	5401	1368	3539	5401
171	RUMIÑAHUI	2081	10259	25804	2081
172	SALCEDO	11938	4787	7211	11938
173	SALINAS	5456	4916	11768	5456
174	SAMBORONDON	7083	4101	14183	7083
175	SAN CRISTOBAL	417	498	2453	417
176	SAN FERNANDO	940	285	381	940
177	SAN JOSE DE CHIMBO	3156	438	2020	3156
178	SAN JUAN BOSCO	875	138	459	875
179	SAN LORENZO	6554	1976	4734	6554
180	SAN MIGUEL	5362	519	3280	5362
181	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	3142	856	2410	3142
182	SAN MIGUEL DE URCUQUI	3832	588	1128	3832
183	SAN PEDRO DE HUACA	1710	235	735	1710
184	SAN PEDRO DE PELILEO	11230	8163	6521	11230
185	SAN VICENTE	3080	1047	2882	3080
186	SANTA ANA	7948	1320	3681	7948
187	SANTA CLARA	728	109	477	728
188	SANTA CRUZ	674	1147	4925	674
189	SANTA ELENA	13346	11899	18067	13346
190	SANTA ISABEL	3506	1201	2463	3506
191	SANTA LUCIA	7809	857	2777	7809
192	SANTA ROSA	8966	4348	12227	8966
193	SANTIAGO	1728	579	1360	1728
194	SANTIAGO DE PILLARO	8199	3551	4731	8199
195	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	33196	25422	76334	33196
196	SAQUISILI	5610	1214	3262	5610
197	SARAGURO	6897	1242	2029	6897
198	SEVILLA DE ORO	904	717	610	904

Continuación Tabla 49.

#	Cantones	Población Empleada (personas)	Empleo en el Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca)- (personas)	Empleo en el Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción)- (personas)	Empleo en el Sector Servicios (personas)
199	SHUSHUFINDI	7237	3571	5299	7237
200	SIGCHOS	6924	818	942	6924
201	SIGSIG	4499	4311	2185	4499
202	SIMON BOLIVAR	6513	496	1737	6513
203	SOZORANGA	1631	154	385	1631
204	SUCRE	7568	2727	7283	7568
205	SUCUA	2817	914	2536	2817
206	SUCUMBIOS	763	118	355	763
207	SUSCAL	1247	242	342	1247
208	TAISHA	4207	259	947	4207
209	TENA	9014	3054	10161	9014
210	TISALEO	2869	1642	1300	2869
211	TIWINTZA	1225	673	711	1225
212	TOSAGUA	6142	1249	3488	6142
213	TULCAN	8577	4674	19716	8577
214	URBINA JADO	12860	1318	3486	12860
215	URDANETA	5842	731	2630	5842
216	VALENCIA	10089	908	3256	10089
217	VENTANAS	11534	2258	8557	11534
218	VINCES	13786	1912	7450	13786
219	YACUAMBI	1460	315	402	1460
220	YAGUACHI	9661	2818	7104	9661
221	YANTZAZA	2270	1467	2580	2270
222	ZAMORA	2409	2177	5259	2409
223	ZAPOTILLO	2688	274	1068	2688
224	ZARUMA	2717	3327	2888	2717

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2014.

Anexo D. Producto Interno Bruto (PIB) por Cantones.

Tabla 50

Producto Interno Bruto por sectores económicos en Ecuador.

#	Cantones	ECONOMÍA TOTAL (USD)	Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) (USD)	Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción) (USD)	Sector Servicios (USD)
1	24 DE MAYO	28479.12	2130.83	2321.25	24027.04
2	AGUARICO	14230.82	157.71	1630.58	12442.52
3	ALAUSI	64577.96	16003.23	3531.65	45043.08
4	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	47684.51	21282.25	10013.60	16388.65
5	AMBATO	2050642.79	87563.08	614929.39	1348150.32
6	ANTONIO ANTE	156608.36	8327.16	45504.29	102776.91
7	ARAJUNO	18942.61	8070.26	1099.54	9772.80
8	ARCHIDONA	52955.16	982.61	18164.71	33807.85
9	ARENILLAS	82833.43	24307.59	21909.37	36616.46
10	ATACAMES	141150.71	11720.48	58362.45	71067.78
11	ATAHUALPA	10962.40	1458.05	3243.97	6260.37
12	AZOGUES	386899.40	30236.80	118379.54	238283.05
13	BABA	160889.58	116244.27	5372.38	39272.94
14	BABAHOYO	902893.05	297455.29	224323.40	381114.36
15	BALAO	82885.32	64975.04	3709.04	14201.24
16	BALSAS	33652.73	9954.43	3831.20	19867.10
17	BALZAR	96777.36	46417.18	6530.20	43829.98
18	BAÑOS	143967.56	114.54	48683.94	91072.83
19	BIBLIAN	70452.63	7198.54	15513.13	47740.96
20	BOLIVAR	77432.83	24368.65	4044.94	49019.23
21	BOLIVAR	38219.49	20431.81	1629.32	16158.36
22	BUENA FE	255474.55	135959.38	9213.04	110302.13
23	CALUMA	46485.75	16604.67	2266.36	27614.72
24	CALVAS	48278.75	5665.27	1927.76	40685.72
25	CAMILO PONCE ENRIQUEZ	36181.84	3934.02	4915.32	27332.49
26	CAÑAR	139416.07	9909.62	15810.21	113696.24
27	CARLOS JULIO AROSEMENA	9527.53	3442.89	1163.49	4921.15
28	CASCALES	28686.82	16229.10	1448.91	11008.80
29	CATAMAYO	95845.34	26388.04	18177.71	51279.58
30	CAYAMBE	568835.70	370415.06	35153.91	163266.73
31	CELICA	24761.82	8613.87	3041.97	13105.97
32	CENTINELA DEL CONDOR	12654.97	957.97	4561.50	7135.51
33	CEVALLOS	25633.92	2738.77	4773.08	18122.06
34	CHAGUARPAMBA	15751.69	6564.30	1650.45	7536.93
35	CHAMBO	29092.33	12826.85	3139.17	13126.31
36	CHILLA	5812.91	1136.71	1213.43	3462.77
37	CHILLANES	29480.28	8547.78	1495.44	19437.06

Anexo D: Producto Interno Bruto por cantones

Continuación Tabla 50.

#	Cantones	ECONOMÍA TOTAL (USD)	Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) (USD)	Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción) (USD)	Sector Servicios (USD)
38	CHINCHIPE	15129.98	907.05	2797.59	11425.34
39	CHONE	262585.45	48240.63	18735.77	195609.04
40	CHORDELEG	17794.03	3184.09	3583.37	11026.57
41	CHUNCHI	30386.62	11454.45	1952.40	16979.77
42	COLIMES	46545.38	26571.05	6118.33	13856.00
43	COLTA	55757.05	19800.88	6884.86	29071.30
44	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	322672.91	168841.55	141339.25	12492.11
45	COTACACHI	100605.37	36581.33	15729.64	48294.40
46	CUENCA	4017149.13	83397.78	1657517.71	2276233.63
47	CUMANDA	34479.05	14569.80	2497.05	17412.20
48	CUYABENO	690484.41	6677.63	669059.11	14747.67
49	DAULE	395803.30	30956.14	40678.81	324168.34
50	DELEG	15634.89	2504.97	3874.69	9255.22
51	DURAN	1453554.58	12686.00	1165680.87	275187.71
52	ECHEANDIA	31924.99	12518.36	1942.55	17464.08
53	EL CARMEN	189850.03	68415.42	16193.51	105241.10
54	EL CHACO	26226.66	1479.16	4550.06	20197.43
55	EL EMPALME	139411.47	46589.53	22225.95	70595.98
56	EL GUABO	293333.40	178727.61	28380.40	86225.38
57	EL PAN	6618.22	2464.73	1564.03	2589.46
58	EL PANGUI	21060.55	2840.94	5341.48	12878.13
59	EL PIEDRERO	0.00	0.00	0.00	0.00
60	EL TAMBO	46719.46	4852.60	9452.97	32413.89
61	EL TRIUNFO	148243.98	86818.71	9177.55	52247.73
62	ELOY ALFARO	101950.87	61300.34	7854.34	32796.19
63	ESMERALDAS	920843.59	86980.50	308868.60	524994.48
64	ESPEJO	54474.24	32731.87	2909.07	18833.30
65	ESPINDOLA	21811.16	5771.57	2801.17	13238.42
66	FLAVIO ALFARO	40998.67	13032.72	2476.25	25489.70
67	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	28872.60	9212.50	3021.96	16638.14
68	GIRON	23751.60	4117.47	3380.08	16254.05
69	GONZALO PIZARRO	21007.21	5547.09	2142.86	13317.25
70	GONZANAMA	25775.81	10634.89	2580.88	12560.04
71	GUACHAPALA	8558.70	4125.57	578.59	3854.54
72	GUALACEO	86454.14	6446.83	16289.66	63717.65
73	GUALAQUIZA	39141.50	4492.75	4320.30	30328.45
74	GUAMOTE	73920.45	34298.50	4477.08	35144.86
75	GUANO	81586.57	36512.10	13762.65	31311.82
76	GUARANDA	305930.71	44364.17	63746.41	197820.12
77	GUAYAQUIL	20127938.87	813444.72	7621841.00	11692653.14
78	HUAMBOYA	14071.51	3256.41	2650.10	8165.01

Anexo D: Producto Interno Bruto por cantones

Continuación Tabla 50.

#	Cantones	ECONOMÍA TOTAL (USD)	Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) (USD)	Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción) (USD)	Sector Servicios (USD)
79	HUAQUILLAS	150551.14	17087.63	12459.99	121003.52
80	IBARRA	1119635.87	22319.61	320668.63	776647.63
81	ISABELA	2138.63	905.50	8257.25	2138.63
82	ISIDRO AYORA	23688.04	1496.06	8927.84	23688.04
83	JAMA	4907.42	1997.70	21409.80	4907.42
84	JARAMIJO	176.13	75205.82	30531.74	176.13
85	JIPIJAPA	4596.03	12860.15	89093.28	4596.03
86	JUNIN	87680.42	5449.77	20694.16	87680.42
87	LA CONCORDIA	50973.71	9153.88	47928.31	50973.71
88	LA JOYA DE LOS SACHAS	30560.87	5483642.66	84840.74	30560.87
89	LA MANA	44246.24	10892.24	60842.99	44246.24
90	LA TRONCAL	80287.17	94386.10	131040.13	80287.17
91	LAGO AGRIO	74932.11	1083691.89	283633.52	74932.11
92	LAS GOLONDRINAS	0.00	0.00	0.00	0.00
93	LAS LAJAS	781.95	2349.07	5323.58	781.95
94	LAS NAVES	7282.57	610.67	6961.64	7282.57
95	LATACUNGA	286277.90	213113.71	603655.00	286277.90
96	LIBERTAD	267.47	181328.33	256567.61	267.47
97	LIMON INDANZA	3165.57	5878.13	18291.93	3165.57
98	LOGROÑO	1540.85	2039.50	7718.09	1540.85
99	LOJA	24484.54	329964.60	904511.03	24484.54
100	LOMAS DE SARGENTILLO	11849.28	4718.09	13025.12	11849.28
101	LORETO	17057.80	3679.12	42663.61	17057.80
102	MACARA	16657.32	3910.48	28853.70	16657.32
103	MACHALA	412246.53	518603.06	1061311.26	412246.53
104	MANGA DEL CURA	0.00	0.00	0.00	0.00
105	MANTA	203444.13	479037.21	1156916.61	203444.13
106	MARCABELI	1793.16	5097.32	6785.05	1793.16
107	MEJIA	183256.96	70869.35	152263.38	183256.96
108	MERA	850.74	2539.33	22377.10	850.74
109	MILAGRO	131508.79	84016.49	263956.15	131508.79
110	MIRA	13653.74	4300.20	12541.60	13653.74
111	MOCACHE	109701.91	3752.74	39857.77	109701.91
112	MOCHA	1928.06	1619.03	7870.24	1928.06
113	MONTALVO	38866.78	10232.02	36695.88	38866.78
114	MONTECRISTI	26492.98	594425.24	89671.89	26492.98
115	MONTUFAR	32325.16	8623.55	48336.36	32325.16
116	MORONA	6390.54	40816.71	125384.11	6390.54
117	MUISNE	45879.67	4305.00	24176.78	45879.67
118	NABON	5362.95	1558.62	11713.92	5362.95
119	NANGARITZA	1366.64	2729.15	7128.74	1366.64

Anexo D: Producto Interno Bruto por cantones

Continuación Tabla 50.

#	Cantones	ECONOMÍA TOTAL (USD)	Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) (USD)	Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción) (USD)	Sector Servicios (USD)
120	NARANJAL	205148.77	22263.15	69839.74	205148.77
121	NARANJITO	48866.88	2683.60	33782.52	48866.88
122	NOBOL	11842.09	3306.98	16828.07	11842.09
123	OLMEDO	3941.29	1083.80	5199.98	3941.29
124	OLMEDO	1888.90	868.73	9694.95	1888.90
125	OÑA	1595.40	870.32	3541.35	1595.40
126	ORELLANA	20775.87	1977432.67	146386.23	20775.87
127	OTAVALO	50486.42	183182.18	213704.61	50486.42
128	PABLO VI	1066.66	885.51	3667.29	1066.66
129	PAJAN	4720.15	6483.89	36346.21	4720.15
130	PALANDA	3220.62	2574.11	7613.58	3220.62
131	PALENQUE	35860.51	1898.33	18391.84	35860.51
132	PALESTINA	16899.50	8323.28	11187.00	16899.50
133	PALLATANGA	4622.75	1675.30	10599.17	4622.75
134	PALORA	2306.43	1930.75	10904.75	2306.43
135	PALTAS	13567.17	1986.33	25563.34	13567.17
136	PANGUA	17809.35	3385.89	16249.65	17809.35
137	PAQUISHA	502.60	1362.54	5635.18	502.60
138	PASAJE	77945.64	36005.24	153542.03	77945.64
139	PASTAZA	12781.46	558663.91	195892.48	12781.46
140	PATATE	7154.98	3727.02	15398.54	7154.98
141	PAUTE	23247.88	4099.63	40219.39	23247.88
142	PEDERNALES	28071.38	5917.36	70340.43	28071.38
143	PEDRO CARBO	22593.06	7880.79	31452.02	22593.06
144	PEDRO MONCAYO	200077.69	7265.27	47277.71	200077.69
145	PEDRO VICENTE MALDONADO	5685.33	2496.40	26595.57	5685.33
146	PENIPE	6727.30	822.28	9154.56	6727.30
147	PICHINCHA	6196.07	3892.53	28923.65	6196.07
148	PIMAMPIRO	2148.47	1458.82	15897.81	2148.47
149	PINDAL	4506.00	1230.21	8087.94	4506.00
150	PIÑAS	11310.70	17091.30	70093.45	11310.70
151	PLAYAS	2327.57	23097.90	84011.86	2327.57
152	PORTOVELO	627.65	26005.15	19934.58	627.65
153	PORTOVIEJO	80814.49	524038.56	835983.98	80814.49
154	PUCARA	1173.68	1022.91	10720.21	1173.68
155	PUEBLOVIEJO	94352.54	10970.83	40687.48	94352.54
156	PUERTO LOPEZ	6916.36	3095.21	26827.20	6916.36
157	PUERTO QUITO	29030.71	3314.60	26383.42	29030.71
158	PUJILI	25298.45	22935.30	67977.36	25298.45
159	PUTUMAYO	2293.31	429420.36	8390.78	2293.31
160	PUYANGO	5753.76	4165.53	20389.36	5753.76
161	QUERO	2093.61	4278.85	17325.67	2093.61

Continuación Tabla 50.

#	Cantones	ECONOMÍA TOTAL (USD)	Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) (USD)	Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción) (USD)	Sector Servicios (USD)
162	QUEVEDO	171967.24	161253.87	576072.98	171967.24
163	QUIJOS	3467.91	2471.97	23209.65	3467.91
164	QUILANGA	4178.46	774.01	4408.54	4178.46
165	QUININDE	424324.25	102770.81	158307.92	424324.25
166	QUINSALOMA	6905.63	2007.55	24400.66	6905.63
167	QUITO	201701.86	7299628.58	15495988.72	201701.86
168	RIOBAMBA	72275.88	464392.81	730061.87	72275.88
169	RIOVERDE	44928.79	2268.72	25899.24	44928.79
170	ROCAFUERTE	2504.32	5149.93	33939.32	2504.32
171	RUMIÑAHUI	16188.36	211562.38	561417.85	16188.36
172	SALCEDO	72459.68	41119.62	94466.47	72459.68
173	SALINAS	54168.39	76903.42	167403.01	54168.39
174	SAMBORONDON	82922.34	93987.32	423951.21	82922.34
175	SAN CRISTOBAL	4512.16	6928.85	54674.73	4512.16
176	SAN FERNANDO	5524.66	1148.86	3632.74	5524.66
177	SAN JOSE DE CHIMBO	7900.81	3293.19	20381.57	7900.81
178	SAN JUAN BOSCO	3552.16	1596.50	6376.70	3552.16
179	SAN LORENZO	21505.60	6407.71	47975.21	21505.60
180	SAN MIGUEL	15969.08	5198.18	29969.74	15969.08
181	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	27096.87	5079.92	23777.29	27096.87
182	SAN MIGUEL DE URCUQUI	20698.50	5787.53	16426.81	20698.50
183	SAN PEDRO DE HUACA	8671.27	6785.88	6446.08	8671.27
184	SAN PEDRO DE PELILEO	38030.41	39878.48	85568.51	38030.41
185	SAN VICENTE	7394.87	7514.58	29891.70	7394.87
186	SANTA ANA	7894.72	5142.86	47755.17	7894.72
187	SANTA CLARA	4800.73	1096.65	9830.60	4800.73
188	SANTA CRUZ	9583.35	15747.86	100967.70	9583.35
189	SANTA ELENA	32031.99	247213.40	164896.52	32031.99
190	SANTA ISABEL	6951.82	4507.37	31743.12	6951.82
191	SANTA LUCIA	23416.65	7838.17	21736.62	23416.65
192	SANTA ROSA	173385.68	36268.63	136267.16	173385.68
193	SANTIAGO	1624.12	4903.83	19826.40	1624.12
194	SANTIAGO DE PILLARO	8325.04	32236.31	46259.92	8325.04
195	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	204977.79	408055.84	984039.01	204977.79
196	SAQUISILI	5697.97	6232.45	31075.99	5697.97
197	SARAGURO	19146.91	4783.43	29776.67	19146.91
198	SEVILLA DE ORO	3266.19	129948.55	9106.62	3266.19
199	SHUSHUFINDI	21913.07	856829.58	90899.36	21913.07

Continuación Tabla 50.

#	Cantones	ECONOMÍA TOTAL (USD)	Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) (USD)	Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción) (USD)	Sector Servicios (USD)
200	SIGCHOS	4015.97	3276.05	13320.08	4015.97
201	SIGSIG	4308.48	3426.64	29425.09	4308.48
202	SIMON BOLIVAR	84093.04	10841.92	19578.36	84093.04
203	SOZORANGA	11489.37	4422.34	2095.29	4971.75
204	SUCRE	171456.56	22891.84	67168.80	81395.92
205	SUCUA	58701.14	1727.34	8176.18	48797.62
206	SUCUMBIOS	6089.42	1402.71	770.63	3916.08
207	SUSCAL	11833.86	835.32	1751.75	9246.79
208	TAISHA	22180.57	1030.08	3578.06	17572.43
209	TENA	227590.71	26086.69	29274.77	172229.25
210	TISALEO	18086.13	759.76	5027.70	12298.68
211	TIWINTZA	11043.89	1412.96	2533.21	7097.72
212	TOSAGUA	102491.78	33410.46	12714.43	56366.89
213	TULCAN	423465.27	50387.34	85548.28	287529.65
214	URBINA JADO	57814.76	13670.81	7585.18	36558.77
215	URDANETA	78503.39	43423.86	8091.77	26987.77
216	VALENCIA	264339.46	215219.47	4813.68	44306.32
217	VENTANAS	229982.00	95718.87	23560.68	110702.45
218	VINCES	169961.27	65253.46	15530.04	89177.77
219	YACUAMBI	9562.58	1592.17	979.71	6990.69
220	YAGUACHI	173407.91	90417.53	34101.76	48888.63
221	YANTZAZA	63547.43	2860.18	13265.53	47421.72
222	ZAMORA	118295.24	3319.30	24846.61	90129.34
223	ZAPOTILLO	20927.20	3747.41	3561.56	13618.23
224	ZARUMA	87998.84	2386.85	38098.07	47513.92

Fuente: Banco Central de Ecuador, 2014.

Anexo E. Consumo de energía eléctrica por cantones en un año.

Tabla 51

Consumo de energía eléctrica por sectores en Ecuador.

#	Cantones	Hogares (kWh)	Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) (kWh)	Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción) (kWh)	Sector Servicios (kWh)
1	24 DE MAYO	4461816	5611332	0	663480
2	AGUARICO	321660	967668	0	111804
3	ALASI	6982392	1037508	216768	1557024
4	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	4301400	1416984	2517084	43668
5	AMBATO	141066564	44210604	96529056	132332388
6	ANTONIO ANTE	17648160	1204476	5916564	4198032
7	ARAJUNO	396852	231492	59520	111192
8	ARCHIDONA	5270124	809628	325932	1487700
9	ARENILLAS	9858300	7155492	13783764	4732188
10	ATACAMES	23748384	2416380	265488	17691600
11	ATAHUALPA	1646316	201312	484356	492516
12	AZOGUES	26581932	4446576	62913732	17477532
13	BABA	5426508	2411952	8784	2295972
14	BABAHOYO	71530572	41787180	18837996	57905796
15	BALAO	8729844	3166680	15264	4324656
16	BALSAS	2306400	292776	777528	1443516
17	BALZAR	13106460	3241860	3352464	4265928
18	BAÑOS	8217984	1509960	1033632	5952888
19	BIBLIAN	7354152	416952	1251588	1338156
20	BOLIVAR	3562656	558120	1679820	850656
21	BOLIVAR	11269776	5358468	0	2644800
22	BUENA FE	24293436	7671036	20729808	10026036
23	CALUMA	3907908	572952	11352	1036644
24	CALVAS	5518908	796824	129948	1339188
25	CAMILO PONCE ENRIQUEZ	8566260	681504	69794052	2080344
26	CAÑAR	14307672	1442628	578520	3696564
27	CARLOS JULIO AROSEMENA	0	0	0	0
28	CASCALES	2394648	789744	18276	892164
29	CATAMAYO	9493728	5499804	1505628	5308704
30	CAYAMBE	26260728	3643164	37375788	11373948
31	CELICA	2783040	428712	22236	543324
32	CENTINELA DEL CONDOR	1416468	464256	18552	562368
33	CEVALLOS	3130776	447588	528636	792324
34	CHAGUARPAMBA	1203804	143688	2244	379308
35	CHAMBO	3101976	133272	49056	873504
36	CHILLA	480168	130140	0	430176
37	CHILLANES	3390876	383376	12744	821868

Continuación Tabla 51.

#	Cantones	Hogares (kWh)	Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) (kWh)	Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción) (kWh)	Sector Servicios (kWh)
38	CHINCHIPE	1699104	404760	79032	384792
39	CHONE	36718164	11255628	0	9902004
40	CHORDELEG	3633180	201156	295920	904428
41	CHUNCHI	2361828	390660	6600	798732
42	COLIMES	4108140	2424024	450408	712248
43	COLTA	3348804	812448	2357172	906456
44	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	4733100	1134624	87804084	5051940
45	COTACACHI	15824280	796212	3640800	3401436
46	CUENCA	247287960	38859180	301047540	197952192
47	CUMANDA	5105880	309096	124404	6170916
48	CUYABENO	1627692	799128	34572	41681952
49	DAULE	109570008	16649472	8663760	113404164
50	DELEG	1870668	128880	103164	166260
51	DURAN	133669008	11729220	344086008	101435556
52	ECHEANDIA	3377976	342108	19188	939816
53	EL CARMEN	26455752	5936148	386104.2	9405516
54	EL CHACO	1585260	294828	219840	786600
55	EL EMPALME	23800380	5720940	896904	7304124
56	EL GUABO	22001796	4544364	5611860	8748168
57	EL PAN	797772	77148	21264	25404
58	EL PANGUI	2389740	345108	81552	1063908
59	EL PIEDRERO	0	0	0	0
60	EL TAMBO	3095376	79956	1030512	621120
61	EL TRIUNFO	15253728	3646728	16531680	13347240
62	ELOY ALFARO	9180408	1663536	150684	1417920
63	ESMERALDAS	96384456	55938660	39718080	73260048
64	ESPEJO	3258696	567012	817500	1261368
65	ESPINDOLA	2342340	309324	19548	411444
66	FLAVIO ALFARO	1203035904	1573116	401592	1278204
67	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	4558368	390780	8832	7623516
68	GIRON	4392204	518664	515580	931656
69	GONZALO PIZARRO	2763528	4210416	496824	29597016
70	GONZANAMA	2206500	436656	42300	501744
71	GUACHAPALA	891732	98088	12444	87888
72	GUALACEO	12647832	1322556	1669812	4949880
73	GUALAQUIZA	3744336	1037796	144840	2031384
74	GUAMOTE	4050888	733968	81792	790728
75	GUANO	9470004	2670540	1571280	2463792
76	GUARANDA	18475728	5569884	354252	19982136
77	GUAYAQUIL	1631008836	657988524	1720870428	1571022528
78	HUAMBOYA	252684	73872	0	47820

Continuación Tabla 51.

#	Cantones	Hogares (kWh)	Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) (kWh)	Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción) (kWh)	Sector Servicios (kWh)
79	HUAQUILLAS	21286368	7215396	1396860	9043860
80	IBARRA	78412500	17973084	7449564	103976496
81	ISABELA	1404828	763236	41580	2237412
82	ISIDRO AYORA	2783832	738288	1927008	1335408
83	JAMA	4269948	943728	1360716	1789572
84	JARAMIJO	8160852	3765060	49660776	6372444
85	JIPIJAPA	17638740	6659424	16992	5077536
86	JUNIN	4464564	973992	21864	3611844
87	LA CONCORDIA	15496152	3650568	13321320	9282504
88	LA JOYA DE LOS SACHAS	12967788	2599128	1301268	69913728
89	LA MANA	19451592	1028028	2619408	5378412
90	LA TRONCAL	20760324	3301344	5961012	12770016
91	LAGO AGRIO	32936220	15293508	3769224	48120756
92	LAS GOLONDRINAS	0	0	0	0
93	LAS LAJAS	1244460	800652	10296	184536
94	LAS NAVES	1733436	328848	1236	382824
95	LATACUNGA	58305828	20999244	252813000	53507916
96	LIBERTAD	35552748	11138160	19880448	25403820
97	LIMON INDANZA	2550708	511176	196536	698304
98	LOGROÑO	796584	66300	23712	209280
99	LOJA	84735588	15786072	6423828	68892180
100	LOMAS DE SARGENTILLO	5366676	1281312	4577472	1402080
101	LORETO	3736596	796068	112428	71766636
102	MACARA	4988388	1235976	1164144	1269324
103	MACHALA	159192792	58565448	33356004	156143676
104	MANGA DEL CURA	4588020	313392	3328284	1353060
105	MANTA	156978732	44758596	118502088	275452200
106	MARCABELI	1679520	169164	96240	649368
107	MEJIA	27222384	5924820	65983176	22697496
108	MERA	2732712	1734720	1480092	1596828
109	MILAGRO	80923980	29759352	12056088	82560624
110	MIRA	2935548	309024	825660	772236
111	MOCACHE	7107324	2787156	500484	2061084
112	MOCHA	2061312	223752	266712	322020
113	MONTALVO	10385784	615132	3546444	39129948
114	MONTECRISTI	29046204	6793536	101659248	16336800
115	MONTUFAR	8000976	815916	3246612	2803008
116	MORONA	13050228	4927284	926592	6758364
117	MUISNE	12397224	964020	70680	5432292
118	NABON	3106056	351000	129288	412140
119	NANGARITZA	819780	196116	14220	138444

Continuación Tabla 51.

#	Cantones	Hogares (kWh)	Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) (kWh)	Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción) (kWh)	Sector Servicios (kWh)
120	NARANJAL	21710472	4359408	16810752	20145300
121	NARANJITO	14171472	5784204	5088	4750464
122	NOBOL	7327704	2576196	19106736	2574192
123	OLMEDO	790248	136740	0	73092
124	OLMEDO	2212380	408864	0	288480
125	OÑA	902664	146184	481236	230712
126	ORELLANA	28916988	13472736	16701888	62436168
127	OTAVALO	28066524	4109256	13757664	10261524
128	PABLO VI	0	0	0	0
129	PAJAN	6472056	1448664	0	907800
130	PALANDA	1295904	231768	49008	344136
131	PALENQUE	2527404	2061912	25704	753300
132	PALESTINA	4894092	2412252	2304504	1404444
133	PALLATANGA	2638500	283380	12648	760860
134	PALORA	2633688	685188	225300	728100
135	PALTAS	4188912	1535520	31020	1210920
136	PANGUA	3966228	249072	82260	900528
137	PAQUISHA	836832	191088	289188	430320
138	PASAJE	35991972	5935248	27727848	11812848
139	PASTAZA	18570072	7226928	3280044	10836708
140	PATATE	3701472	578376	522744	978372
141	PAUTE	8406288	949476	4443900	2081148
142	PEDERNALES	1465691148	1861308	8591880	9243156
143	PEDRO CARBO	10062444	3482712	933396	113922468
144	PEDRO MONCAYO	8794992	4972080	32040780	4850028
145	PEDRO VICENTE MALDONADO	2079048	520956	555396	1688136
146	PENIPE	1323828	216828	7512	316008
147	PICHINCHA	3346044	1929036	178080	1279248
148	PIMAMPIRO	3123468	269328	14448	878448
149	PINDAL	1568208	215532	28836	184404
150	PIÑAS	10054044	1108980	9286740	4056288
151	PLAYAS	17654256	2522784	4152036	19360860
152	PORTOVELO	5140512	532800	66335316	1755672
153	PORTOVIEJO	139678956	61706928	3639648	67768308
154	PUCARA	1937292	374220	62088	359040
155	PUEBLOVIEJO	7358904	2739612	3786756	43459548
156	PUERTO LOPEZ	6526176	2117952	8196	2161956
157	PUERTO QUITO	5036208	1326828	65580	1895976
158	PUJILI	12895224	3653256	2401296	2318820
159	PUTUMAYO	1666080	1399536	14484	1034520
160	PUYANGO	3161940	280344	59904	846948
161	QUERO	4171728	734172	245424	538308

Continuación Tabla 51.

#	Cantones	Hogares (kWh)	Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) (kWh)	Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción) (kWh)	Sector Servicios (kWh)
162	QUEVEDO	88458840	19153404	29494512	45627300
163	QUIJOS	1339236	405468	12797484	1437396
164	QUILANGA	593208	76884	4800	112296
165	QUININDE	34953120	4659528	34517604	10910976
166	QUINSALOMA	4776588	402576	425640	1088268
167	QUITO	1440540696	273433620	788185524	1057318692
168	RIOBAMBA	103653204	19776780	73198416	76387704
169	RIOVERDE	6325056	661584	372156	1242456
170	ROCAFUERTE	11016612	25336332	45696	6034272
171	RUMIÑAHUI	46218108	9708444	99804672	872324400
172	SALCEDO	15447060	3224052	7693680	6100056
173	SALINAS	36886512	12691560	7351824	125906112
174	SAMBORONDON	146091564	20912568	4622892	69953184
175	SAN CRISTOBAL	4891584	6548880	83400	5750196
176	SAN FERNANDO	1084920	130260	99336	160248
177	SAN JOSE DE CHIMBO	2016828	287184	43824	694188
178	SAN JUAN BOSCO	717120	139368	40524	269256
179	SAN LORENZO	10700928	4648596	4443492	2679828
180	SAN MIGUEL	6308820	870492	19632	1166220
181	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	2714868	438924	494664	2018064
182	SAN MIGUEL DE URCUQUI	3931152	2123844	705732	1028352
183	SAN PEDRO DE HUACA	2481540	206880	13236	668736
184	SAN PEDRO DE PELILEO	17882760	2531412	15422592	4444956
185	SAN VICENTE	7673448	925620	202032	3450864
186	SANTA ANA	10341612	13940244	0	2116680
187	SANTA CLARA	872364	311568	161244	238656
188	SANTA CRUZ	12332940	4580856	237612	17071152
189	SANTA ELENA	47857584	26123832	36386292	90995628
190	SANTA ISABEL	9223920	569772	585180	1734204
191	SANTA LUCIA	8381760	4716336	9083160	1783368
192	SANTA ROSA	31362984	13641912	19780308	10948752
193	SANTIAGO	2177988	1301580	201828	1137204
194	SANTIAGO DE PILLARO	11394852	1563312	2569212	2968248
195	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	150854076	50478072	42458064	192886476
196	SAQUISILI	7958328	1029144	911676	1042860
197	SARAGURO	4015164	642576	161136	845700
198	SEVILLA DE ORO	1233168	91608	51336	0
199	SHUSHUFINDI	14170212	4924788	6261156	40339476

Continuación Tabla 51.

#	Cantones	Hogares (kWh)	Sector Agrícola (Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) (kWh)	Sector Industrial (Minería, electricidad, agua, gas y construcción) (kWh)	Sector Servicios (kWh)
200	SIGCHOS	2721456	314040	317124	572424
201	SIGSIG	6189276	529656	217560	922860
202	SIMON BOLIVAR	6904752	1021236	0	91855476
203	SOZORANGA	912924	148644	2652	119400
204	SUCRE	21649836	5754348	4904052	10376556
205	SUCUA	5994120	1443828	112956	2690964
206	SUCUMBIOS	577548	117852	8184	76212
207	SUSCAL	2845812	183420	25308	310368
208	TAISHA	924216	288384	21672	265284
209	TENA	18007272	7029804	1590780	9955668
210	TISALEO	3151548	225348	595104	327876
211	TIWINTZA	737712	338580	18048	378396
212	TOSAGUA	10736940	13381896	0	2580264
213	TULCAN	26774268	7368144	1414680	13233060
214	URBINA JADO	13436580	2338692	1206948	2151048
215	URDANETA	7910700	1805040	1711920	44995356
216	VALENCIA	10327416	2540472	1833276	3462288
217	VENTANAS	24474264	6214440	5404356	8429268
218	VINCES	20506152	4244220	4549392	5759832
219	YACUAMBI	829044	166020	9180	119088
220	YAGUACHI	2378736	153216	18889992	945312
221	YANTZAZA	5167584	1248672	514572	2578152
222	ZAMORA	8514672	2543856	10318464	3207072
223	ZAPOTILLO	2588448	931584	280416	573636
224	ZARUMA	7759944	819132	13539720	1697340

Fuente: Petroecuador, 2015.

Anexo F. Consumo de agua por cantones en un año.

Tabla 52

Consumo de agua por hogares en Ecuador.

#	Cantones	Total Viviendas	Acceso agua	Sin acceso agua	Consumo (m ³)
1	24 DE MAYO	33	5	28	30
2	AGUARICO	0	0	0	0
3	ALAUSI	78	55	23	0
4	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	23	10	13	90
5	AMBATO	875	739	136	5398
6	ANTONIO ANTE	83	68	15	153
7	ARAJUNO	0	0	0	0
8	ARCHIDONA	27	1	26	0
9	ARENILLAS	60	56	4	172
10	ATACAMES	85	43	42	0
11	ATAHUALPA	34	21	13	710
12	AZOGUES	294	271	23	2917
13	BABA	79	6	73	0
14	BABAHOYO	284	167	117	1088
15	BALAO	12	7	5	45
16	BALSAS	10	2	8	0
17	BALZAR	69	25	44	20
18	BAÑOS	27	17	10	0
19	BIBLIAN	70	64	6	64
20	BOLIVAR	35	4	31	60
21	BOLIVAR	98	78	20	19
22	BUENA FE	94	57	37	65
23	CALUMA	71	63	8	0
24	CALVAS	57	39	18	15
25	CAMILO PONCE ENRIQUEZ	0	0	0	0
26	CAÑAR	232	180	52	245
27	CARLOS JULIO AROSEMENA	0	0	0	0
28	CASCALES	12	1	11	0
29	CATAMAYO	73	54	19	15
30	CAYAMBE	46	45	1	15
31	CELICA	36	26	10	85
32	CENTINELA DEL CONDOR	0	0	0	0
33	CEVALLOS	24	23	1	0
34	CHAGUARPAMBA	23	18	5	11
35	CHAMBO	22	21	1	0
36	CHILLA	11	10	1	0
37	CHILLANES	77	32	45	56
38	CHINCHIPE	12	12	0	216
39	CHONE	163	22	141	115
40	CHORDELEG	12	11	1	0
41	CHUNCHI	22	14	8	0
42	COLIMES	34	12	22	40

Continuación Tabla 52.

#	Cantones	Total Viviendas	Acceso agua	Sin acceso agua	Consumo (m ³)
43	COLTA	97	85	12	2
44	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	12	10	2	0
45	COTACACHI	105	77	28	28
46	CUENCA	870	707	163	3978
47	CUMANDA	11	7	4	0
48	CUYABENO	0	0	0	0
49	DAULE	135	28	107	313
50	DELEG	22	20	2	98
51	DURAN	258	175	83	3186
52	ECHEANDÍA	70	60	10	0
53	EL CARMEN	89	35	54	48
54	EL CHACO	10	10	0	0
55	EL EMPALME	48	2	46	590
56	EL GUABO	106	45	61	49
57	EL PAN	0	0	0	0
58	EL PANGUI	0	0	0	0
59	EL PIEDRERO	0	0	0	0
60	EL TAMBO	34	32	2	12
61	EL TRIUNFO	10	0	10	0
62	ELOY ALFARO	107	41	66	999
63	ESMERALDAS	468	307	161	382
64	ESPEJO	88	60	28	999
65	ESPINDOLA	21	18	3	72
66	FLAVIO ALFARO	22	0	22	0
67	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	0	0	0	0
68	GIRON	9	6	3	28
69	GONZALO PIZARRO	0	0	0	0
70	GONZANAMA	29	16	13	0
71	GUACHAPALA	11	10	1	0
72	GUALACEO	41	36	5	75
73	GUALAQUIZA	0	0	0	0
74	GUAMOTE	62	56	6	0
75	GUANO	71	66	5	0
76	GUARANDA	417	296	121	553
77	GUAYAQUIL	1096	762	334	3644
78	HUAMBOYA	0	0	0	0
79	HUAQUILLAS	36	25	11	0
80	IBARRA	356	312	44	4147
81	ISABELA	0	0	0	0
82	ISIDRO AYORA	0	0	0	0
83	JAMA	30	9	21	241
84	JARAMIJO	12	10	2	0
85	JIPIJAPA	88	45	43	0
86	JUNIN	24	8	16	20

Continuación Tabla 52.

#	Cantones	Total Viviendas	Acceso agua	Sin acceso agua	Consumo (m ³)
87	LA CONCORDIA	0	0	0	0
88	LA JOYA DE LOS SACHAS	28	15	13	0
89	LA MANA	103	88	15	0
90	LA TRONCAL	226	204	22	619
91	LAGO AGRIO	72	34	38	154
92	LAS GOLONDRINAS	0	0	0	0
93	LAS LAJAS	34	30	4	0
94	LAS NAVES	10	0	10	0
95	LATACUNGA	405	364	41	92
96	LIBERTAD	0	0	0	0
97	LIMON INDANZA	33	8	25	0
98	LOGROÑO	10	8	2	0
99	LOJA	423	339	84	4063
100	LOMAS DE SARGENTILLO	12	0	12	0
101	LORETO	16	0	16	0
102	MACARA	33	33	0	119
103	MACHALA	730	425	305	709
104	MANGA DEL CURA	33	4	29	0
105	MANTA	214	142	72	156
106	MARCABELI	9	8	1	0
107	MEJIA	55	42	13	0
108	MERA	12	10	2	0
109	MILAGRO	35	11	24	0
110	MIRA	45	20	25	0
111	MOCACHE	89	25	64	300
112	MOCHA	11	11	0	0
113	MONTALVO	34	3	31	0
114	MONTECRISTI	33	7	26	2
115	MONTUFAR	154	137	17	144
116	MORONA	51	39	12	60
117	MUISNE	64	11	53	14
118	NABON	20	18	2	0
119	NANGARITZA	12	11	1	0
120	NARANJAL	45	18	27	93
121	NARANJITO	10	3	7	4
122	NOBOL	12	11	1	0
123	OLMEDO	11	8	3	0
124	OLMEDO	10	0	10	0
125	OÑA	0	0	0	0
126	ORELLANA	38	29	9	0
127	OTAVALO	196	178	18	514
128	PABLO VI	0	0	0	0
129	PAJAN	47	0	47	0
130	PALANDA	10	0	10	0
131	PALENQUE	34	0	34	0

Continuación Tabla 52.

#	Cantones	Total Viviendas	Acceso agua	Sin acceso agua	Consumo (m ³)
132	PALESTINA	26	0	26	0
133	PALLATANGA	20	11	9	0
134	PALORA	31	17	14	33
135	PALTAS	47	39	8	74
136	PANGUA	47	29	18	0
137	PAQUISHA	0	0	0	0
138	PASAJE	160	81	79	59
139	PASTAZA	108	80	28	0
140	PATATE	23	21	2	3
141	PAUTE	24	21	3	154
142	PEDERNALES	41	11	30	0
143	PEDRO CARBO	22	0	22	0
144	PEDRO MONCAYO	31	30	1	75
145	PEDRO VICENTE MALDONADO	24	23	1	91
146	PENIPE	11	7	4	0
147	PICHINCHA	35	4	31	7
148	PIMAMPIRO	35	28	7	0
149	PINDAL	11	11	0	63
150	PIÑAS	84	57	27	503
151	PLAYAS	0	0	0	0
152	PORTOVELO	29	22	7	123
153	PORTOVIEJO	184	89	95	3372
154	PUCARA	23	17	6	303
155	PUEBLOVIEJO	70	20	50	0
156	PUERTO LOPEZ	11	0	11	0
157	PUERTO QUITO	22	7	15	0
158	PUJILI	115	70	45	55
159	PUTUMAYO	0	0	0	0
160	PUYANGO	34	32	2	56
161	QUERO	23	20	3	0
162	QUEVEDO	270	142	128	1321
163	QUIJOS	10	10	0	0
164	QUILANGA	11	10	1	0
165	QUININDE	257	90	167	35
166	QUINSALOMA	0	0	0	0
167	QUITO	1189	1050	139	5974
168	RIOBAMBA	489	407	82	208
169	RIOVERDE	73	25	48	91
170	ROCAFUERTE	48	31	17	84
171	RUMIÑAHUI	103	99	4	77
172	SALCEDO	107	103	4	0
173	SALINAS	0	0	0	0
174	SAMBORONDON	24	0	24	0
175	SAN CRISTOBAL	0	0	0	0
176	SAN FERNANDO	10	5	5	10

Continuación Tabla 52.

#	Cantones	Total Viviendas	Acceso agua	Sin acceso agua	Consumo (m ³)
177	SAN JOSE DE CHIMBO	93	60	33	0
178	SAN JUAN BOSCO	0	0	0	0
179	SAN LORENZO	69	37	32	0
180	SAN MIGUEL	149	97	52	804
181	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	9	8	1	0
182	SAN MIGUEL DE URCUQUI	42	40	2	15
183	SAN PEDRO DE HUACA	34	33	1	0
184	SAN PEDRO DE PELILEO	92	70	22	1083
185	SAN VICENTE	24	5	19	95
186	SANTA ANA	57	8	49	864
187	SANTA CLARA	12	11	1	0
188	SANTA CRUZ	0	0	0	0
189	SANTA ELENA	0	0	0	0
190	SANTA ISABEL	18	7	11	10
191	SANTA LUCIA	35	5	30	0
192	SANTA ROSA	170	147	23	645
193	SANTIAGO	11	0	11	0
194	SANTIAGO DE PILLARO	59	54	5	25
195	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	0	0	0	0
196	SAQUISILI	70	56	14	0
197	SARAGURO	58	37	21	24
198	SEVILLA DE ORO	11	10	1	0
199	SHUSHUFINDI	41	15	26	0
200	SIGCHOS	33	12	21	0
201	SIGSIG	31	28	3	21
202	SIMON BOLIVAR	24	10	14	135
203	SOZORANGA	12	1	11	0
204	SUCRE	56	18	38	543
205	SUCUA	21	12	9	0
206	SUCUMBIOS	12	12	0	0
207	SUSCAL	22	22	0	150
208	TAISHA	11	0	11	0
209	TENA	65	40	25	0
210	TISALEO	21	20	1	0
211	TIWINTZA	0	0	0	0
212	TOSAGUA	47	12	35	8
213	TULCAN	414	374	40	1270
214	URBINA JADO	60	0	60	0
215	URDANETA	48	3	45	0
216	VALENCIA	80	22	58	69
217	VENTANAS	144	37	107	583
218	VINCES	132	37	95	0

Continuación Tabla 52.

#	Cantones	Total Viviendas	Acceso agua	Sin acceso agua	Consumo (m ³)
219	YACUAMBI	8	0	8	0
220	YAGUACHI	35	19	16	117
221	YANTZAZA	22	14	8	0
222	ZAMORA	44	25	19	0
223	ZAPOTILLO	22	20	2	54
224	ZARUMA	83	22	61	24

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2014.

Anexo G. Total de horas de Actividad Humana por cantones en Ecuador.

Tabla 53

Matriz multi-nivel de la Actividad Humana (FONDO).

#	Cantones	THA (hr)	HA _{AG} (hr)	HA _{PS} (hr)	HA _{SG} (hr)	HA _{PW} (hr)	HA _{HH} (hr)
1	24 DE MAYO	252691296	8051318	1115724	3520337	12687380	240003916
2	AGUARICO	42460056	1601140	552891	1467703	3621734	38838322
3	ALAUSI	386219976	20564319	2544161	5275147	28383627	357836349
4	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	220568376	8217253	2274817	4584222	15076292	205492084
5	AMBATO	2889538896	49401808	90086703	159914463	299402975	2590135921
6	ANTONIO ANTE	381218016	5266612	15073207	14149153	34488971	346729045
7	ARAJUNO	56861496	2291273	251572	929725	3472569	53388927
8	ARCHIDONA	218728776	7449101	1818572	5175870	14443544	204285232
9	ARENILLAS	235153776	7043041	2790048	8733118	18566207	216587569
10	ATACAMES	363768096	5204481	5315700	13574227	24094407	339673689
11	ATAHUALPA	51097416	1658288	1125692	994122	3778102	47319314
12	AZOGUES	613760976	11064013	13646870	26569658	51280541	562480435
13	BABA	347605896	16375733	1288411	4474210	22138354	325467542
14	BABAHOYO	1347078096	34305777	15601040	51659437	101566255	1245511841
15	BALAO	179781816	8888713	1102943	3389542	13381198	166400618
16	BALSAS	60102696	1745652	869852	1829268	4444772	55657924
17	BALZAR	472488456	14883338	3547564	9908978	28339880	444148576
18	BAÑOS	175358016	3836366	3251998	10865606	17953970	157404046
19	BIBLIAN	182357256	6150717	3160318	4568803	13879839	168477417
20	BOLIVAR	356838936	7818870	3488610	9320046	20627526	336211410
21	BOLIVAR	482518656	6198527	625378	2147893	8971798	473546858
22	BUENA FE	553176816	17029569	4956833	14873585	36859987	516316829
23	CALUMA	115010376	3711090	1083756	3846357	8641203	106369173
24	CALVAS	246900936	6612265	2260608	8036163	16909036	229991900
25	CAMILO PONCE ENRIQUEZ	192702816	4784200	9955011	3767876	18507087	174195729
26	CAÑAR	519669816	20894548	6002974	11560541	38458062	481211754
27	CARLOS JULIO AROSEMENA	32096976	984093	392285	833131	2209509	29887467
28	CASCALES	97271376	3056129	912490	2201560	6170178	91101198
29	CATAMAYO	268389216	5693549	4805496	9568932	20067978	248321238
30	CAYAMBE	751564536	28223308	12774172	24049464	65046945	686517591
31	CELICA	126740016	4251219	822946	3199711	8273876	118466140
32	CENTINELA DEL CONDOR	56756376	1889613	725587	1445571	4060771	52695605
33	CEVALLOS	71508216	1669277	2444689	2804611	6918577	64589639
34	CHAGUARPAMBA	62730696	2712166	849245	914299	4475710	58254986
35	CHAMBO	104112936	4201768	2897384	2642277	9741429	94371507
36	CHILLA	21760176	1024205	190458	381014	1595677	20164499
37	CHILLANES	152476896	7199653	749742	2452434	10401830	142075066
38	CHINCHIPE	79882776	3159430	766805	2386031	6312265	73570511
39	CHONE	1108061496	27752333	9058700	33725653	70536686	1037524810
40	CHORDELEG	110174856	1875874	6911938	2209609	10997422	99177434
41	CHUNCHI	111129696	4602874	1262844	2222350	8088068	103041628

Anexo G: Total de horas de Actividad Humana

Continuación Tabla 53.

#	Cantones	THA (hr)	HA _{AG} (hr)	HA _{PS} (hr)	HA _{SG} (hr)	HA _{PW} (hr)	HA _{HH} (hr)
42	COLIMES	205185816	8298575	962217	2618779	11879571	193306245
43	COLTA	393946296	26545270	2289039	7394882	36229192	357717104
44	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	105409416	2726447	2347324	2545678	7619450	97789966
45	COTACACHI	350715696	9040905	7810912	7887914	24739731	325975965
46	CUENCA	4428924936	32803954	136510855	262627219	431942027	3996982909
47	CUMANDA	113197056	3304480	1649442	3418382	8372304	104824752
48	CUYABENO	62485416	1846205	1306912	1700474	4853590	57631826
49	DAULE	1054056096	24159362	11877905	37435167	73472434	980583662
50	DELEG	53436336	2197315	814421	1024308	4036044	49400292
51	DURAN	2065336776	8668554	44786430	116934061	170389045	1894947731
52	ECHEANDIA	106118976	4171542	805174	2881075	7857791	98261185
53	EL CARMEN	779824296	24070424	6044851	21486990	51602265	728222031
54	EL CHACO	69729936	2094562	1291275	2726125	6111961	63617975
55	EL EMPALME	652191096	18048268	5698754	17109347	40856369	611334727
56	EL GUABO	438079176	19685166	3119081	10734108	33538355	404540821
57	EL PAN	26595696	1035744	346094	427299	1809136	24786560
58	EL PANGUI	75502776	2424793	1236556	1738710	5400058	70102718
59	EL PIEDRERO	55398576	2702824	201826	758001	3662650	51735926
60	EL TAMBO	83001336	2085221	1296249	2308216	5689686	77311650
61	EL TRIUNFO	392255616	11920097	4104768	11678587	27703452	364552164
62	ELOY ALFARO	348113976	10522788	2802807	6354430	19680025	328433951
63	ESMERALDAS	1660055376	15118157	25646709	78538766	119303632	1540751744
64	ESPEJO	117068976	4207808	896851	3116527	8221186	108847790
65	ESPINDOLA	129639576	5011130	543652	1495206	7049988	122589588
66	FLAVIO ALFARO	219035376	7968901	1151972	3415696	12536570	206498806
67	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	93224256	2853923	1194622	3083659	7132204	86092052
68	GIRON	110437656	4043519	1937980	2674472	8655971	101781685
69	GONZALO PIZARRO	75327576	2162145	1171881	2371941	5705967	69621609
70	GONZANAMA	111392496	4717168	500305	1669617	6887089	104505407
71	GUACHAPALA	29863176	945631	425688	753978	2125296	27737880
72	GUALACEO	374131176	8411219	11987504	11089646	31488370	342642806
73	GUALAQUIZA	150339456	4579250	1967830	5045081	11592161	138747295
74	GUAMOTE	395540616	25147429	2176046	3468692	30792167	364748449
75	GUANO	375375096	13030034	9363010	9296595	31689639	343685457
76	GUARANDA	804842856	32150340	7692186	21148246	60990771	743852085
77	GUAYAQUIL	20594015736	76933020	462747040	1250373206	1790053266	18803962470
78	HUAMBOYA	74162496	2850081	417869	941800	4209751	69952745
79	HUAQUILLAS	422976936	3887426	7763257	23905908	35556591	387420345
80	IBARRA	1587093336	16941006	35263797	90204305	142409108	1444684228
81	ISABELA	19762896	264842	393708	1460330	2118880	17644016
82	ISIDRO AYORA	95221536	3258328	798777	1671622	5728726	89492810
83	JAMA	203696616	6380388	1457553	3368064	11206004	192490612
84	JARAMIJO	161937696	3570959	2143339	4021416	9735713	152201983

Continuación Tabla 53.

#	Cantones	THA (hr)	HA _{AG} (hr)	HA _{PS} (hr)	HA _{SG} (hr)	HA _{PW} (hr)	HA _{HH} (hr)
85	JIPIJAPA	622687416	13943717	6943797	20723575	41611088	581076328
86	JUNIN	165932256	4698470	1401409	3288908	9388787	156543469
87	LA CONCORDIA	376014576	10434883	4183645	13018839	27637367	348377209
88	LA JOYA DE LOS SACHAS	329297496	11306903	5104690	8943749	25355342	303942154
89	LA MANA	369812496	14123461	3458064	10474505	28056029	341756467
90	LA TRONCAL	476447976	10751381	9699136	16347356	36797873	439650103
91	LAGO AGRIO	803677776	15795988	13360430	34304614	63461032	740216744
92	LAS GOLONDRINAS	46445856	1464877	589852	1377822	3432551	43013305
93	LAS LAJAS	41995776	1784116	269340	787516	2840972	39154804
94	LAS NAVES	53366256	2435235	282132	787517	3504884	49861372
95	LATACUNGA	1493483976	33823424	31139869	66578125	131541418	1361942558
96	LIBERTAD	840452256	5105514	15321095	44355821	64782430	775669826
97	LIMON INDANZA	85165056	3343503	1254324	2214308	6812135	78352921
98	LOGROÑO	50133816	2039619	384469	807642	3231729	46902087
99	LOJA	1882130136	20351513	38561958	109197296	168110766	1714019370
100	LOMAS DE SARGENTILLO	161298216	4285818	2104256	3986538	10376613	150921603
101	LORETO	185388216	7924400	1401424	3077621	12403445	172984771
102	MACARA	166598016	4306707	1915941	6257878	12480526	154117490
103	MACHALA	2154715056	26154346	39408963	128130523	193693832	1961021224
104	MANGA DEL CURA	181840416	7662307	584871	2214304	10461482	171378934
105	MANTA	1983938856	13201716	49651735	100518990	163372440	1820566416
106	MARCABELI	47742336	1520921	630358	1176580	3327858	44414478
107	MEJIA	712494936	13369565	17829130	32469332	63668027	648826909
108	MERA	103902696	1396736	1482440	6005662	8884838	95017858
109	MILAGRO	1459714176	24368673	23237154	64526053	112131880	1347582296
110	MIRA	106697136	4710023	670152	2208267	7588441	99108695
111	MOCACHE	336314256	15466370	1350955	4670088	21487413	314826843
112	MOCHA	59366856	2180832	1445494	1428802	5055127	54311729
113	MONTALVO	211676976	7256241	2198072	6192136	15646449	196030527
114	MONTECRISTI	615775776	4625312	18887261	20789985	44302558	571473218
115	MONTUFAR	267276696	9780494	3040927	8448711	21270132	246006564
116	MORONA	360518136	8439783	4986715	15344519	28771017	331747119
117	MUISNE	249432576	6974334	1829195	5038992	13842521	235590055
118	NABON	139214256	5975996	2403471	2025142	10404609	128809647
119	NANGARITZA	45517296	1771479	632491	840510	3244480	42272816
120	NARANJAL	604545456	24749591	4880812	15816078	45446481	559098975
121	NARANJITO	325749696	10236539	4251175	8649264	23136978	302612718
122	NOBOL	171696336	4112737	2240704	5385156	11738598	159957738
123	OLMEDO	128894976	1749501	280001	497732	2527234	126367742
124	OLMEDO	86233776	2873705	422839	1129620	4426164	81807612
125	OÑA	31387416	1536308	518075	601707	2656091	28731325
126	ORELLANA	637684536	12076658	11899312	25389023	49364993	588319543
127	OTAVALO	918696576	14140430	29245232	32184868	75570531	843126045

Anexo G: Total de horas de Actividad Humana

Continuación Tabla 53.

#	Cantones	THA (hr)	HA _{AG} (hr)	HA _{PS} (hr)	HA _{SG} (hr)	HA _{PW} (hr)	HA _{HH} (hr)
128	PABLO VI	15969816	496717	152082	429312	1078111	14891705
129	PAJAN	324759816	12122310	1880393	4797532	18800235	305959581
130	PALANDA	70859976	3072066	459798	1057849	4589713	66270263
131	PALENQUE	195523536	9117291	567100	2070748	11755138	183768398
132	PALESTINA	140729736	4464950	1035421	3096393	8596764	132132972
133	PALLATANGA	101125776	4773762	793098	1905737	7472598	93653178
134	PALORA	60759696	2047859	753302	1809814	4610974	56148722
135	PALTAS	208497096	7351307	1662240	4394402	13407948	195089148
136	PANGUA	192413736	11315162	960104	2544338	14819605	177594131
137	PAQUISHA	33761376	900575	1390773	674823	2966171	30795205
138	PASAJE	637780896	16818564	8203857	26362365	51384786	586396110
139	PASTAZA	543260496	10754670	8607542	25246179	44608392	498652104
140	PATATE	118234056	7233176	1385796	2441038	11060010	107174046
141	PAUTE	223327776	8163965	4529776	5869487	18563229	204764547
142	PEDERNALES	482921616	11557974	4975303	11351207	27884484	455037132
143	PEDRO CARBO	380499696	11959652	2880991	8893418	23734060	356765636
144	PEDRO MONCAYO	290587056	13183336	4248342	7012521	24444199	266142857
145	PEDRO VICENTE MALDONADO	113214576	4149016	1445487	3360700	8955202	104259374
146	PENIPE	59033976	3197344	566398	989427	4753169	54280807
147	PICHINCHA	264937776	9457404	1090141	3226528	13774073	251163703
148	PIMAMPIRO	113617536	5389164	849240	2914619	9153023	104464513
149	PINDAL	75730536	3289652	280707	1224875	4795235	70935301
150	PIÑAS	227655216	4781444	5175766	8761301	18718512	208936704
151	PLAYAS	367350936	4375356	8633118	14809865	27818338	339532598
152	PORTOVELO	106872336	1496191	4504196	3164826	9165213	97707123
153	PORTOVIEJO	2453054376	30748833	38087636	118368855	187205324	2265849052
154	PUCARA	88055856	3494056	498174	898869	4891099	83164757
155	PUEBLOVIEJO	319538856	12436597	1967085	6092838	20496521	299042335
156	PUERTO LOPEZ	179151096	4296255	2102830	5293252	11692337	167458759
157	PUERTO QUITO	179098536	7637581	1341731	3069574	12048886	167049650
158	PUJILI	604922136	25544676	9565535	12142115	47252327	557669809
159	PUTUMAYO	89124576	2601168	1251475	2320289	6172931	82951645
160	PUYANGO	135894216	4739143	1225891	3376799	9341832	126552384
161	QUERO	168236136	10298650	2163265	3058173	15520088	152716048
162	QUEVEDO	1520517336	23488370	22588952	70999873	117077195	1403440141
163	QUIJOS	54522576	1420368	696449	3136657	5253474	49269102
164	QUILANGA	37992456	1653890	248017	562125	2464032	35528424
165	QUININDE	1073713536	38388416	7876224	23422905	69687545	1004025991
166	QUINSALOMA	144330096	6882066	562842	2012395	9457302	134872794
167	QUITO	19615313496	87272400	520256403	1388732494	1996261297	17619052199
168	RIOBAMBA	1977491496	34518430	34207016	112158230	180883677	1796607819
169	RIOVERDE	235372776	6981494	1620993	3719550	12322037	223050739
170	ROCAFUERTE	293188776	8902432	2915830	7121180	18939442	274249334
171	RUMIÑAHUI	752063856	3430806	21872817	51928563	77232186	674831670
172	SALCEDO	509972496	19679121	10206558	14512053	44397732	465574764

Continuación Tabla 53.

#	Cantones	THA (hr)	HA _{AG} (hr)	HA _{PS} (hr)	HA _{SG} (hr)	HA _{PW} (hr)	HA _{HH} (hr)
173	SALINAS	601593336	8993039	10480095	23681152	43154285	558439051
174	SAMBORONDON	592088736	11675557	8743254	28541796	48960608	543128128
175	SAN CRISTOBAL	65481336	687378	1061730	4936411	6685519	58795817
176	SAN FERNANDO	34979016	1549495	607618	766723	2923836	32055180
177	SAN JOSE DE CHIMBO	138224376	5202890	934514	4065707	10203112	128021264
178	SAN JUAN BOSCO	34234416	1442349	294215	923690	2660254	31574162
179	SAN LORENZO	372177696	10804115	4213481	9527314	24544910	347632786
180	SAN MIGUEL	238657776	8838709	1106493	6600658	16545860	222111916
181	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	153939816	5179812	1825689	4850542	11856043	142083773
182	SAN MIGUEL DE URCUQUI	137278296	6316661	1253606	2269978	9840245	127438051
183	SAN PEDRO DE HUACA	66786576	2818762	501017	1479111	4798889	61987687
184	SAN PEDRO DE PELILEO	495579816	18511517	17403496	13122841	49037854	446541962
185	SAN VICENTE	192939336	5077040	2232162	5799697	13108899	179830437
186	SANTA ANA	415092936	13100893	2813476	7406924	23321293	391771643
187	SANTA CLARA	31229736	1199484	231675	959242	2390400	28839336
188	SANTA CRUZ	134843016	1110458	2444675	9910382	13465514	121377502
189	SANTA ELENA	1262106096	21999355	25368420	36357797	83725571	1178380525
190	SANTA ISABEL	161123016	5778735	2559814	4955863	13294413	147828603
191	SANTA LUCIA	340965816	12871771	1826368	5587721	20285860	320679956
192	SANTA ROSA	604755696	14780043	9270568	24606211	48656823	556098873
193	SANTIAGO	81424536	2847882	1233713	2736189	6817784	74606752
194	SANTIAGO DE PILLARO	336007656	13515215	7570711	9520644	30606571	305401085
195	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	3223794216	54721062	54200707	153615488	262537257	2961256959
196	SAQUISILI	221803536	9248063	2588945	6565106	18402113	203401423
197	SARAGURO	264403416	11369003	2647929	4083146	18100078	246303338
198	SEVILLA DE ORO	51587976	1489603	1527931	1226891	4244425	47343551
199	SHUSHUFINDI	388313616	11929445	7613339	10663676	30206459	358107157
200	SIGCHOS	192229776	11412967	1743259	1895004	15051229	177178547
201	SIGSIG	235731936	7416142	9191040	4397083	21004265	214727671
202	SIMON BOLIVAR	223231416	10736018	1057458	3495525	15289001	207942415
203	SOZORANGA	65393736	2688537	328324	774770	3791631	61602105
204	SUCRE	500713176	12475011	5813861	14656212	32945083	467768093
205	SUCUA	160466016	4642987	1947929	5102767	11693683	148772333
206	SUCUMBIOS	29696736	1257728	251575	714401	2223703	27473033
207	SUSCAL	43940496	2055553	515941	688238	3259732	40680764
208	TAISHA	161508456	6935364	552893	1906408	9394665	152113791
209	TENA	533309136	14859187	6511787	20448618	41819592	491489544
210	TISALEO	106320456	4729806	3501451	2616787	10848044	95472412
211	TIWINTZA	61276536	2019287	1434833	1430813	4884933	56391603

Continuación Tabla 53.

#	Cantones	THA (hr)	HA _{AG} (hr)	HA _{PS} (hr)	HA _{SG} (hr)	HA _{PW} (hr)	HA _{HH} (hr)
212	TOSAGUA	335867496	10123885	2662108	7018534	19804527	316062969
213	TULCAN	757722816	14137717	9964179	39675734	63777630	693945186
214	URBINA JADO	502841856	21198927	2810626	7015840	31025393	471816463
215	URDANETA	256344216	9629381	1557753	5291914	16479048	239865168
216	VALENCIA	372790896	16631236	1936539	6553019	25120794	347670102
217	VENTANAS	582987096	19012039	4813272	17219367	41044678	541942418
218	VINCES	628407696	22724785	4076310	14992310	41793405	586614291
219	YACUAMBI	51114936	2406113	670867	808312	3885292	47229644
220	YAGUACHI	533992416	15925689	6008619	14296696	36231005	497761411
221	YANTZAZA	163593336	3741307	3126918	5191307	12059533	151533803
222	ZAMORA	223467936	3971529	4642053	10583862	19197445	204270491
223	ZAPOTILLO	107853456	4431443	584872	2149907	7166223	100687233
224	ZARUMA	211090056	4479242	7093862	5812470	17385575	193704481

Fuente: Elaboración propia a partir de Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2014.

Anexo H. Total de energía eléctrica para una economía de un año por cantones en Ecuador.

Tabla 54
Matriz multi-nivel de la energía eléctrica (FLUJO).

#	Cantones	ET _{AG} (MJ)	ET _{PS} (MJ)	ET _{SG} (MJ)	ET _{HH} (MJ)	ET _{PW} (MJ)	TET (MJ)
1	24 DE MAYO	2.0201E+07	0	2.3885E+06	1.6063E+07	2.2589E+07	3.8652E+07
2	AGUARICO	3.4836E+06	0	4.0249E+05	1.1580E+06	3.8861E+06	5.0441E+06
3	ALAUSI	3.7350E+06	7.8036E+05	5.6053E+06	2.5137E+07	1.0121E+07	3.5257E+07
4	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	5.1011E+06	9.0615E+06	1.5720E+05	1.5485E+07	1.4320E+07	2.9805E+07
5	AMBATO	1.5916E+08	3.4750E+08	4.7640E+08	5.0784E+08	9.8306E+08	1.4909E+09
6	ANTONIO ANTE	4.3361E+06	2.1300E+07	1.5113E+07	6.3533E+07	4.0749E+07	1.0428E+08
7	ARAJUNO	8.3337E+05	2.1427E+05	4.0029E+05	1.4287E+06	1.4479E+06	2.8766E+06
8	ARCHIDONA	2.9147E+06	1.1734E+06	5.3557E+06	1.8972E+07	9.4437E+06	2.8416E+07
9	ARENILLAS	2.5760E+07	4.9622E+07	1.7036E+07	3.5490E+07	9.2417E+07	1.2791E+08
10	ATACAMES	8.6990E+06	9.5576E+05	6.3690E+07	8.5494E+07	7.3344E+07	1.5884E+08
11	ATAHUALPA	7.2472E+05	1.7437E+06	1.7731E+06	5.9267E+06	4.2415E+06	1.0168E+07
12	AZOGUES	1.6008E+07	2.2649E+08	6.2919E+07	9.5695E+07	3.0542E+08	4.0111E+08
13	BABA	8.6830E+06	3.1622E+04	8.2655E+06	1.9535E+07	1.6980E+07	3.6516E+07
14	BABAHOYO	1.5043E+08	6.7817E+07	2.0846E+08	2.5751E+08	4.2671E+08	6.8422E+08
15	BALAO	1.1400E+07	5.4950E+04	1.5569E+07	3.1427E+07	2.7024E+07	5.8451E+07
16	BALSAS	1.0540E+06	2.7991E+06	5.1967E+06	8.3030E+06	9.0498E+06	1.7353E+07
17	BALZAR	1.1671E+07	1.2069E+07	1.5357E+07	4.7183E+07	3.9097E+07	8.6280E+07
18	BAÑOS	5.4359E+06	3.7211E+06	2.1430E+07	2.9585E+07	3.0587E+07	6.0172E+07
19	BIBLIAN	1.5010E+06	4.5057E+06	4.8174E+06	2.6475E+07	1.0824E+07	3.7299E+07
20	BOLIVAR	2.0092E+06	6.0474E+06	3.0624E+06	1.2826E+07	1.1119E+07	2.3945E+07
21	BOLIVAR	1.9290E+07	0.0000E+00	9.5213E+06	4.0571E+07	2.8812E+07	6.9383E+07
22	BUENA FE	2.7616E+07	7.4627E+07	3.6094E+07	8.7456E+07	1.3834E+08	2.2579E+08
23	CALUMA	2.0626E+06	4.0867E+04	3.7319E+06	1.4068E+07	5.8354E+06	1.9904E+07
24	CALVAS	2.8686E+06	4.6781E+05	4.8211E+06	1.9868E+07	8.1575E+06	2.8026E+07
25	CAMILO PONCE ENRIQUEZ	2.4534E+06	2.5126E+08	7.4892E+06	3.0839E+07	2.6120E+08	2.9204E+08
26	CAÑAR	5.1935E+06	2.0827E+06	1.3308E+07	5.1508E+07	2.0584E+07	7.2091E+07
27	CARLOS JULIO AROSEMENA	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
28	CASCALES	2.8431E+06	6.5794E+04	3.2118E+06	8.6207E+06	6.1207E+06	1.4741E+07
29	CATAMAYO	1.9799E+07	5.4203E+06	1.9111E+07	3.4177E+07	4.4331E+07	7.8508E+07
30	CAYAMBE	1.3115E+07	1.3455E+08	4.0946E+07	9.4539E+07	1.8861E+08	2.8315E+08
31	CELICA	1.5434E+06	8.0050E+04	1.9560E+06	1.0019E+07	3.5794E+06	1.3598E+07
32	CENTINELA DEL CONDOR	1.6713E+06	6.6787E+04	2.0245E+06	5.0993E+06	3.7626E+06	8.8619E+06
33	CEVALLOS	1.6113E+06	1.9031E+06	2.8524E+06	1.1271E+07	6.3668E+06	1.7638E+07
34	CHAGUARPAMBA	5.1728E+05	8.0784E+03	1.3655E+06	4.3337E+06	1.8909E+06	6.2246E+06
35	CHAMBO	4.7978E+05	1.7660E+05	3.1446E+06	1.1167E+07	3.8010E+06	1.4968E+07
36	CHILLA	4.6850E+05	0.0000E+00	1.5486E+06	1.7286E+06	2.0171E+06	3.7457E+06
37	CHILLANES	1.3802E+06	4.5878E+04	2.9587E+06	1.2207E+07	4.3848E+06	1.6592E+07
38	CHINCHIPE	1.4571E+06	2.8452E+05	1.3853E+06	6.1168E+06	3.1269E+06	9.2437E+06
39	CHONE	4.0520E+07	0.0000E+00	3.5647E+07	1.3219E+08	7.6167E+07	2.0835E+08
40	CHORDELEG	7.2416E+05	1.0653E+06	3.2559E+06	1.3079E+07	5.0454E+06	1.8125E+07

Continuación Tabla 54.

#	Cantones	ET _{AG} (MJ)	ET _{PS} (MJ)	ET _{SG} (MJ)	ET _{HH} (MJ)	ET _{PW} (MJ)	TET (MJ)
41	CHUNCHI	1.4064E+06	2.3760E+04	2.8754E+06	8.5026E+06	4.3056E+06	1.2808E+07
42	COLIMES	8.7265E+06	1.6215E+06	2.5641E+06	1.4789E+07	1.2912E+07	2.7701E+07
43	COLTA	2.9248E+06	8.4858E+06	3.2632E+06	1.2056E+07	1.4674E+07	2.6730E+07
44	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	4.0846E+06	3.1609E+08	1.8187E+07	1.7039E+07	3.3837E+08	3.5541E+08
45	COTACACHI	2.8664E+06	1.3107E+07	1.2245E+07	5.6967E+07	2.8218E+07	8.5186E+07
46	CUENCA	1.3989E+08	1.0838E+09	7.1263E+08	8.9024E+08	1.9363E+09	2.8265E+09
47	CUMANDA	1.1127E+06	4.4785E+05	2.2215E+07	1.8381E+07	2.3776E+07	4.2157E+07
48	CUYABENO	2.8769E+06	1.2446E+05	1.5006E+08	5.8597E+06	1.5306E+08	1.5892E+08
49	DAULE	5.9938E+07	3.1190E+07	4.0825E+08	3.9445E+08	4.9938E+08	8.9383E+08
50	DELEG	4.6397E+05	3.7139E+05	5.9854E+05	6.7344E+06	1.4339E+06	8.1683E+06
51	DURAN	4.2225E+07	1.2387E+09	3.6517E+08	4.8121E+08	1.6461E+09	2.1273E+09
52	ECHEANDIA	1.2316E+06	6.9077E+04	3.3833E+06	1.2161E+07	4.6840E+06	1.6845E+07
53	EL CARMEN	2.1370E+07	1.3900E+06	3.3860E+07	9.5241E+07	5.6620E+07	1.5186E+08
54	EL CHACO	1.0614E+06	7.9142E+05	2.8318E+06	5.7069E+06	4.6846E+06	1.0392E+07
55	EL EMPALME	2.0595E+07	3.2289E+06	2.6295E+07	8.5681E+07	5.0119E+07	1.3580E+08
56	EL GUABO	1.6360E+07	2.0203E+07	3.1493E+07	7.9206E+07	6.8056E+07	1.4726E+08
57	EL PAN	2.7773E+05	7.6550E+04	9.1454E+04	2.8720E+06	4.4574E+05	3.3177E+06
58	EL PANGUI	1.2424E+06	2.9359E+05	3.8301E+06	8.6031E+06	5.3660E+06	1.3969E+07
59	EL PIEDRERO	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
60	EL TAMBO	2.8784E+05	3.7098E+06	2.2360E+06	1.1143E+07	6.2337E+06	1.7377E+07
61	EL TRIUNFO	1.3128E+07	5.9514E+07	4.8050E+07	5.4913E+07	1.2069E+08	1.7561E+08
62	ELOY ALFARO	5.9887E+06	5.4246E+05	5.1045E+06	3.3049E+07	1.1636E+07	4.4685E+07
63	ESMERALDAS	2.0138E+08	1.4299E+08	2.6374E+08	3.4698E+08	6.0810E+08	9.5508E+08
64	ESPEJO	2.0412E+06	2.9430E+06	4.5409E+06	1.1731E+07	9.5252E+06	2.1256E+07
65	ESPINDOLA	1.1136E+06	7.0373E+04	1.4812E+06	8.4324E+06	2.6651E+06	1.1098E+07
66	FLAVIO ALFARO	5.6632E+06	1.4457E+06	4.6015E+06	4.3309E+09	1.1710E+07	4.3426E+09
67	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	1.4068E+06	3.1795E+04	2.7445E+07	1.6410E+07	2.8883E+07	4.5293E+07
68	GIRON	1.8672E+06	1.8561E+06	3.3540E+06	1.5812E+07	7.0772E+06	2.2889E+07
69	GONZALO PIZARRO	1.5157E+07	1.7886E+06	1.0655E+08	9.9487E+06	1.2350E+08	1.3344E+08
70	GONZANAMA	1.5720E+06	1.5228E+05	1.8063E+06	7.9434E+06	3.5305E+06	1.1474E+07
71	GUACHAPALA	3.5312E+05	4.4798E+04	3.1640E+05	3.2102E+06	7.1431E+05	3.9245E+06
72	GUALACEO	4.7612E+06	6.0113E+06	1.7820E+07	4.5532E+07	2.8592E+07	7.4124E+07
73	GUALAQUIZA	3.7361E+06	5.2142E+05	7.3130E+06	1.3480E+07	1.1570E+07	2.5050E+07
74	GUAMOTE	2.6423E+06	2.9445E+05	2.8466E+06	1.4583E+07	5.7834E+06	2.0367E+07
75	GUANO	9.6139E+06	5.6566E+06	8.8697E+06	3.4092E+07	2.4140E+07	5.8232E+07
76	GUARANDA	2.0052E+07	1.2753E+06	7.1936E+07	6.6513E+07	9.3263E+07	1.5978E+08
77	GUAYAQUIL	2.3688E+09	6.1951E+09	5.6557E+09	5.8716E+09	1.4220E+10	2.0091E+10
78	HUAMBOYA	2.6594E+05	0.0000E+00	1.7215E+05	9.0966E+05	4.3809E+05	1.3478E+06
79	HUAQUILLAS	2.5975E+07	5.0287E+06	3.2558E+07	7.6631E+07	6.3562E+07	1.4019E+08
80	IBARRA	6.4703E+07	2.6818E+07	3.7432E+08	2.8229E+08	4.6584E+08	7.4812E+08
81	ISABELA	2.7476E+06	1.4969E+05	8.0547E+06	5.0574E+06	1.0952E+07	1.6009E+07
82	ISIDRO AYORA	2.6578E+06	6.9372E+06	4.8075E+06	1.0022E+07	1.4403E+07	2.4424E+07
83	JAMA	3.3974E+06	4.8986E+06	6.4425E+06	1.5372E+07	1.4738E+07	3.0110E+07

Continuación Tabla 54.

#	Cantones	ET _{AG} (MJ)	ET _{PS} (MJ)	ET _{SG} (MJ)	ET _{HH} (MJ)	ET _{PW} (MJ)	TET (MJ)
84	JARAMIJO	1.3554E+07	1.7878E+08	2.2941E+07	2.9379E+07	2.1527E+08	2.4465E+08
85	JIPIJAPA	2.3974E+07	6.1171E+04	1.8279E+07	6.3499E+07	4.2314E+07	1.0581E+08
86	JUNIN	3.5064E+06	7.8710E+04	1.3003E+07	1.6072E+07	1.6588E+07	3.2660E+07
87	LA CONCORDIA	1.3142E+07	4.7957E+07	3.3417E+07	5.5786E+07	9.4516E+07	1.5030E+08
88	LA JOYA DE LOS SACHAS	9.3569E+06	4.6846E+06	2.5169E+08	4.6684E+07	2.6573E+08	3.1241E+08
89	LA MANA	3.7009E+06	9.4299E+06	1.9362E+07	7.0026E+07	3.2493E+07	1.0252E+08
90	LA TRONCAL	1.1885E+07	2.1460E+07	4.5972E+07	7.4737E+07	7.9317E+07	1.5405E+08
91	LAGO AGRIO	5.5057E+07	1.3569E+07	1.7323E+08	1.1857E+08	2.4186E+08	3.6043E+08
92	LAS GOLONDRINAS	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
93	LAS LAJAS	2.8823E+06	3.7066E+04	6.6433E+05	4.4801E+06	3.5837E+06	8.0638E+06
94	LAS NAVES	1.1839E+06	4.4496E+03	1.3782E+06	6.2404E+06	2.5665E+06	8.8068E+06
95	LATACUNGA	7.5597E+07	9.1013E+08	1.9263E+08	2.0990E+08	1.1784E+09	1.3883E+09
96	LIBERTAD	4.0097E+07	7.1570E+07	9.1454E+07	1.2799E+08	2.0312E+08	3.3111E+08
97	LIMON INDANZA	1.8402E+06	7.0753E+05	2.5139E+06	9.1825E+06	5.0617E+06	1.4244E+07
98	LOGROÑO	2.3868E+05	8.5363E+04	7.5341E+05	2.8677E+06	1.0775E+06	3.9452E+06
99	LOJA	5.6830E+07	2.3126E+07	2.4801E+08	3.0505E+08	3.2797E+08	6.3302E+08
100	LOMAS DE SARGENTILLO	4.6127E+06	1.6479E+07	5.0475E+06	1.9320E+07	2.6139E+07	4.5459E+07
101	LORETO	2.8658E+06	4.0474E+05	2.5836E+08	1.3452E+07	2.6163E+08	2.7508E+08
102	MACARA	4.4495E+06	4.1909E+06	4.5696E+06	1.7958E+07	1.3210E+07	3.1168E+07
103	MACHALA	2.1084E+08	1.2008E+08	5.6212E+08	5.7309E+08	8.9303E+08	1.4661E+09
104	MANGA DEL CURA	1.1282E+06	1.1982E+07	4.8710E+06	1.6517E+07	1.7981E+07	3.4498E+07
105	MANTA	1.6113E+08	4.2661E+08	9.9163E+08	5.6512E+08	1.5794E+09	2.1445E+09
106	MARCABELI	6.0899E+05	3.4646E+05	2.3377E+06	6.0463E+06	3.2932E+06	9.3395E+06
107	MEJIA	2.1329E+07	2.3754E+08	8.1711E+07	9.8001E+07	3.4058E+08	4.3858E+08
108	MERA	6.2450E+06	5.3283E+06	5.7486E+06	9.8378E+06	1.7322E+07	2.7160E+07
109	MILAGRO	1.0713E+08	4.3402E+07	2.9722E+08	2.9133E+08	4.4775E+08	7.3908E+08
110	MIRA	1.1125E+06	2.9724E+06	2.7800E+06	1.0568E+07	6.8649E+06	1.7433E+07
111	MOCACHE	1.0034E+07	1.8017E+06	7.4199E+06	2.5586E+07	1.9255E+07	4.4842E+07
112	MOCHA	8.0551E+05	9.6016E+05	1.1593E+06	7.4207E+06	2.9249E+06	1.0346E+07
113	MONTALVO	2.2145E+06	1.2767E+07	1.4087E+08	3.7389E+07	1.5585E+08	1.9324E+08
114	MONTECRISTI	2.4457E+07	3.6597E+08	5.8812E+07	1.0457E+08	4.4924E+08	5.5381E+08
115	MONTUFAR	2.9373E+06	1.1688E+07	1.0091E+07	2.8804E+07	2.4716E+07	5.3519E+07
116	MORONA	1.7738E+07	3.3357E+06	2.4330E+07	4.6981E+07	4.5404E+07	9.2385E+07
117	MUISNE	3.4705E+06	2.5445E+05	1.9556E+07	4.4630E+07	2.3281E+07	6.7911E+07
118	NABON	1.2636E+06	4.6544E+05	1.4837E+06	1.1182E+07	3.2127E+06	1.4395E+07
119	NANGARITZA	7.0602E+05	5.1192E+04	4.9840E+05	2.9512E+06	1.2556E+06	4.2068E+06
120	NARANJAL	1.5694E+07	6.0519E+07	7.2523E+07	7.8158E+07	1.4874E+08	2.2689E+08
121	NARANJITO	2.0823E+07	1.8317E+04	1.7102E+07	5.1017E+07	3.7943E+07	8.8960E+07
122	NOBOL	9.2743E+06	6.8784E+07	9.2671E+06	2.6380E+07	8.7326E+07	1.1371E+08
123	OLMEDO	4.9226E+05	0.0000E+00	2.6313E+05	2.8449E+06	7.5540E+05	3.6003E+06
124	OLMEDO	1.4719E+06	0.0000E+00	1.0385E+06	7.9646E+06	2.5104E+06	1.0475E+07
125	OÑA	5.2626E+05	1.7324E+06	8.3056E+05	3.2496E+06	3.0893E+06	6.3389E+06
126	ORELLANA	4.8502E+07	6.0127E+07	2.2477E+08	1.0410E+08	3.3340E+08	4.3750E+08

Continuación Tabla 54.

#	Cantones	ET _{AG} (MJ)	ET _{PS} (MJ)	ET _{SG} (MJ)	ET _{HH} (MJ)	ET _{PW} (MJ)	TET (MJ)
127	OTAVALO	1.4793E+07	4.9528E+07	3.6941E+07	1.0104E+08	1.0126E+08	2.0230E+08
128	PABLO VI	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
129	PAJAN	5.2152E+06	0.0000E+00	3.2681E+06	2.3299E+07	8.4833E+06	3.1783E+07
130	PALANDA	8.3436E+05	1.7643E+05	1.2389E+06	4.6653E+06	2.2497E+06	6.9149E+06
131	PALENQUE	7.4229E+06	9.2534E+04	2.7119E+06	9.0987E+06	1.0227E+07	1.9326E+07
132	PALESTINA	8.6841E+06	8.2962E+06	5.0560E+06	1.7619E+07	2.2036E+07	3.9655E+07
133	PALLATANGA	1.0202E+06	4.5533E+04	2.7391E+06	9.4986E+06	3.8048E+06	1.3303E+07
134	PALORA	2.4667E+06	8.1108E+05	2.6212E+06	9.4813E+06	5.8989E+06	1.5380E+07
135	PALTAS	5.5279E+06	1.1167E+05	4.3593E+06	1.5080E+07	9.9989E+06	2.5079E+07
136	PANGUA	8.9666E+05	2.9614E+05	3.2419E+06	1.4278E+07	4.4347E+06	1.8713E+07
137	PAQUISHA	6.8792E+05	1.0411E+06	1.5492E+06	3.0126E+06	3.2781E+06	6.2907E+06
138	PASAJE	2.1367E+07	9.9820E+07	4.2526E+07	1.2957E+08	1.6371E+08	2.9328E+08
139	PASTAZA	2.6017E+07	1.1808E+07	3.9012E+07	6.6852E+07	7.6837E+07	1.4369E+08
140	PATATE	2.0822E+06	1.8819E+06	3.5221E+06	1.3325E+07	7.4862E+06	2.0811E+07
141	PAUTE	3.4181E+06	1.5998E+07	7.4921E+06	3.0263E+07	2.6908E+07	5.7171E+07
142	PEDERNALES	6.7007E+06	3.0931E+07	3.3275E+07	5.2765E+09	7.0907E+07	5.3474E+09
143	PEDRO CARBO	1.2538E+07	3.3602E+06	4.1012E+08	3.6225E+07	4.2602E+08	4.6224E+08
144	PEDRO MONCAYO	1.7899E+07	1.1535E+08	1.7460E+07	3.1662E+07	1.5071E+08	1.8237E+08
145	PEDRO VICENTE MALDONADO	1.8754E+06	1.9994E+06	6.0773E+06	7.4846E+06	9.9522E+06	1.7437E+07
146	PENIPE	7.8058E+05	2.7043E+04	1.1376E+06	4.7658E+06	1.9453E+06	6.7110E+06
147	PICHINCHA	6.9445E+06	6.4109E+05	4.6053E+06	1.2046E+07	1.2191E+07	2.4237E+07
148	PIMAMPIRO	9.6958E+05	5.2013E+04	3.1624E+06	1.1244E+07	4.1840E+06	1.5428E+07
149	PINDAL	7.7592E+05	1.0381E+05	6.6385E+05	5.6455E+06	1.5436E+06	7.1891E+06
150	PIÑAS	3.9923E+06	3.3432E+07	1.4603E+07	3.6195E+07	5.2027E+07	8.8222E+07
151	PLAYAS	9.0820E+06	1.4947E+07	6.9699E+07	6.3555E+07	9.3728E+07	1.5728E+08
152	PORTOVELO	1.9181E+06	2.3881E+08	6.3204E+06	1.8506E+07	2.4705E+08	2.6555E+08
153	PORTOVIEJO	2.2214E+08	1.3103E+07	2.4397E+08	5.0284E+08	4.7921E+08	9.8206E+08
154	PUCARA	1.3472E+06	2.2352E+05	1.2925E+06	6.9743E+06	2.8633E+06	9.8375E+06
155	PUEBLOVIEJO	9.8626E+06	1.3632E+07	1.5645E+08	2.6492E+07	1.7995E+08	2.0644E+08
156	PUERTO LOPEZ	7.6246E+06	2.9506E+04	7.7830E+06	2.3494E+07	1.5437E+07	3.8931E+07
157	PUERTO QUITO	4.7766E+06	2.3609E+05	6.8255E+06	1.8130E+07	1.1838E+07	2.9969E+07
158	PUJILI	1.3152E+07	8.6447E+06	8.3478E+06	4.6423E+07	3.0144E+07	7.6567E+07
159	PUTUMAYO	5.0383E+06	5.2142E+04	3.7243E+06	5.9979E+06	8.8147E+06	1.4813E+07
160	PUYANGO	1.0092E+06	2.1565E+05	3.0490E+06	1.1383E+07	4.2739E+06	1.5657E+07
161	QUERO	2.6430E+06	8.8353E+05	1.9379E+06	1.5018E+07	5.4645E+06	2.0483E+07
162	QUEVEDO	6.8952E+07	1.0618E+08	1.6426E+08	3.1845E+08	3.3939E+08	6.5784E+08
163	QUIJOS	1.4597E+06	4.6071E+07	5.1746E+06	4.8212E+06	5.2705E+07	5.7527E+07
164	QUILANGA	2.7678E+05	1.7280E+04	4.0427E+05	2.1355E+06	6.9833E+05	2.8339E+06
165	QUININDE	1.6774E+07	1.2426E+08	3.9280E+07	1.2583E+08	1.8032E+08	3.0615E+08
166	QUINSALOMA	1.4493E+06	1.5323E+06	3.9178E+06	1.7196E+07	6.8993E+06	2.4095E+07
167	QUITO	9.8436E+08	2.8375E+09	3.8063E+09	5.1859E+09	7.6282E+09	1.2814E+10
168	RIOBAMBA	7.1196E+07	2.6351E+08	2.7500E+08	3.7315E+08	6.0971E+08	9.8286E+08
169	RIOVERDE	2.3817E+06	1.3398E+06	4.4728E+06	2.2770E+07	8.1943E+06	3.0965E+07
170	ROCAFUERTE	9.1211E+07	1.6451E+05	2.1723E+07	3.9660E+07	1.1310E+08	1.5276E+08
171	RUMIÑAHUI	3.4950E+07	3.5930E+08	3.1404E+09	1.6639E+08	3.5346E+09	3.7010E+09

Continuación Tabla 54.

#	Cantones	ET _{AG} (MJ)	ET _{PS} (MJ)	ET _{SG} (MJ)	ET _{HH} (MJ)	ET _{PW} (MJ)	TET (MJ)
172	SALCEDO	1.1607E+07	2.7697E+07	2.1960E+07	5.5609E+07	6.1264E+07	1.1687E+08
173	SALINAS	4.5690E+07	2.6467E+07	4.5326E+08	1.3279E+08	5.2542E+08	6.5821E+08
174	SAMBORONDON	7.5285E+07	1.6642E+07	2.5183E+08	5.2593E+08	3.4376E+08	8.6969E+08
175	SAN CRISTOBAL	2.3576E+07	3.0024E+05	2.0701E+07	1.7610E+07	4.4577E+07	6.2187E+07
176	SAN FERNANDO	4.6894E+05	3.5761E+05	5.7689E+05	3.9057E+06	1.4034E+06	5.3092E+06
177	SAN JOSE DE CHIMBO	1.0339E+06	1.5777E+05	2.4991E+06	7.2606E+06	3.6907E+06	1.0951E+07
178	SAN JUAN BOSCO	5.0172E+05	1.4589E+05	9.6932E+05	2.5816E+06	1.6169E+06	4.1986E+06
179	SAN LORENZO	1.6735E+07	1.5997E+07	9.6474E+06	3.8523E+07	4.2379E+07	8.0902E+07
180	SAN MIGUEL	3.1338E+06	7.0675E+04	4.1984E+06	2.2712E+07	7.4028E+06	3.0115E+07
181	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	1.5801E+06	1.7808E+06	7.2650E+06	9.7735E+06	1.0626E+07	2.0399E+07
182	SAN MIGUEL DE URCUQUI	7.6458E+06	2.5406E+06	3.7021E+06	1.4152E+07	1.3889E+07	2.8041E+07
183	SAN PEDRO DE HUACA	7.4477E+05	4.7650E+04	2.4074E+06	8.9335E+06	3.1999E+06	1.2133E+07
184	SAN PEDRO DE PELILEO	9.1131E+06	5.5521E+07	1.6002E+07	6.4378E+07	8.0636E+07	1.4501E+08
185	SAN VICENTE	3.3322E+06	7.2732E+05	1.2423E+07	2.7624E+07	1.6483E+07	4.4107E+07
186	SANTA ANA	5.0185E+07	0.0000E+00	7.6200E+06	3.7230E+07	5.7805E+07	9.5035E+07
187	SANTA CLARA	1.1216E+06	5.8048E+05	8.5916E+05	3.1405E+06	2.5613E+06	5.7018E+06
188	SANTA CRUZ	1.6491E+07	8.5540E+05	6.1456E+07	4.4399E+07	7.8803E+07	1.2320E+08
189	SANTA ELENA	9.4046E+07	1.3099E+08	3.2758E+08	1.7229E+08	5.5262E+08	7.2491E+08
190	SANTA ISABEL	2.0512E+06	2.1066E+06	6.2431E+06	3.3206E+07	1.0401E+07	4.3607E+07
191	SANTA LUCIA	1.6979E+07	3.2699E+07	6.4201E+06	3.0174E+07	5.6098E+07	8.6273E+07
192	SANTA ROSA	4.9111E+07	7.1209E+07	3.9416E+07	1.1291E+08	1.5974E+08	2.7264E+08
193	SANTIAGO	4.6857E+06	7.2658E+05	4.0939E+06	7.8408E+06	9.5062E+06	1.7347E+07
194	SANTIAGO DE PILLARO	5.6279E+06	9.2492E+06	1.0686E+07	4.1021E+07	2.5563E+07	6.6584E+07
195	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	1.8172E+08	1.5285E+08	6.9439E+08	5.4307E+08	1.0290E+09	1.5720E+09
196	SAQUISILI	3.7049E+06	3.2820E+06	3.7543E+06	2.8650E+07	1.0741E+07	3.9391E+07
197	SARAGURO	2.3133E+06	5.8009E+05	3.0445E+06	1.4455E+07	5.9379E+06	2.0392E+07
198	SEVILLA DE ORO	3.2979E+05	1.8481E+05	0.0000E+00	4.4394E+06	5.1460E+05	4.9540E+06
199	SHUSHUFINDI	1.7729E+07	2.2540E+07	1.4522E+08	5.1013E+07	1.8549E+08	2.3650E+08
200	SIGCHOS	1.1305E+06	1.1416E+06	2.0607E+06	9.7972E+06	4.3329E+06	1.4130E+07
201	SIGSIG	1.9068E+06	7.8322E+05	3.3223E+06	2.2281E+07	6.0123E+06	2.8294E+07
202	SIMON BOLIVAR	3.6764E+06	0.0000E+00	3.3068E+08	2.4857E+07	3.3436E+08	3.5921E+08
203	SOZORANGA	5.3512E+05	9.5472E+03	4.2984E+05	3.2865E+06	9.7451E+05	4.2610E+06
204	SUCRE	2.0716E+07	1.7655E+07	3.7356E+07	7.7939E+07	7.5726E+07	1.5367E+08
205	SUCUA	5.1978E+06	4.0664E+05	9.6875E+06	2.1579E+07	1.5292E+07	3.6871E+07
206	SUCUMBIOS	4.2427E+05	2.9462E+04	2.7436E+05	2.0792E+06	7.2809E+05	2.8073E+06
207	SUSCAL	6.6031E+05	9.1109E+04	1.1173E+06	1.0245E+07	1.8687E+06	1.2114E+07
208	TAISHA	1.0382E+06	7.8019E+04	9.5502E+05	3.3272E+06	2.0712E+06	5.3984E+06
209	TENA	2.5307E+07	5.7268E+06	3.5840E+07	6.4826E+07	6.6875E+07	1.3170E+08
210	TISALEO	8.1125E+05	2.1424E+06	1.1804E+06	1.1346E+07	4.1340E+06	1.5480E+07

Continuación Tabla 54.

#	Cantones	ET _{AG} (MJ)	ET _{PS} (MJ)	ET _{SG} (MJ)	ET _{HH} (MJ)	ET _{PW} (MJ)	TET (MJ)
211	TIWINTZA	1.2189E+06	6.4973E+04	1.3622E+06	2.6558E+06	2.6461E+06	5.3018E+06
212	TOSAGUA	4.8175E+07	0.0000E+00	9.2890E+06	3.8653E+07	5.7464E+07	9.6117E+07
213	TULCAN	2.6525E+07	5.0928E+06	4.7639E+07	9.6387E+07	7.9257E+07	1.7564E+08
214	URBINA JADO	8.4193E+06	4.3450E+06	7.7438E+06	4.8372E+07	2.0508E+07	6.8880E+07
215	URDANETA	6.4981E+06	6.1629E+06	1.6198E+08	2.8479E+07	1.7464E+08	2.0312E+08
216	VALENCIA	9.1457E+06	6.5998E+06	1.2464E+07	3.7179E+07	2.8210E+07	6.5388E+07
217	VENTANAS	2.2372E+07	1.9456E+07	3.0345E+07	8.8107E+07	7.2173E+07	1.6028E+08
218	VINCES	1.5279E+07	1.6378E+07	2.0735E+07	7.3822E+07	5.2392E+07	1.2621E+08
219	YACUAMBI	5.9767E+05	3.3048E+04	4.2872E+05	2.9846E+06	1.0594E+06	4.0440E+06
220	YAGUACHI	5.5158E+05	6.8004E+07	3.4031E+06	8.5634E+06	7.1959E+07	8.0522E+07
221	YANTZAZA	4.4952E+06	1.8525E+06	9.2813E+06	1.8603E+07	1.5629E+07	3.4232E+07
222	ZAMORA	9.1579E+06	3.7146E+07	1.1545E+07	3.0653E+07	5.7850E+07	8.8503E+07
223	ZAPOTILLO	3.3537E+06	1.0095E+06	2.0651E+06	9.3184E+06	6.4283E+06	1.5747E+07
224	ZARUMA	2.9489E+06	4.8743E+07	6.1104E+06	2.7936E+07	5.7802E+07	8.5738E+07

Fuente: Elaboración propia a partir de Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2014.

Anexo I. Tasa de Energía Exosomática Promedio por cantones en Ecuador.

Tabla 55

Cantidad de energía utilizada por hora de actividad humana para cada cantón de la sociedad ecuatoriana.

#	Cantones	EMR _{SA} (MJ/hr)	EMR _{HH} (MJ/hr)	EMR _{SG} (MJ/hr)	EMR _{AG} (MJ/hr)	EMR _{PS} (MJ/hr)	EMR _{PW} (MJ/hr)
1	24 DE MAYO	0.1530	0.0669	0.6785	2.5090	0.0000	1.7805
2	AGUARICO	0.1188	0.0298	0.2742	2.1757	0.0000	1.0730
3	ALAUSI	0.0913	0.0702	1.0626	0.1816	0.3067	0.3566
4	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	0.1351	0.0754	0.0343	0.6208	3.9834	0.9498
5	AMBATO	0.5160	0.1961	2.9791	3.2217	3.8574	3.2834
6	ANTONIO ANTE	0.2735	0.1832	1.0681	0.8233	1.4131	1.1815
7	ARAJUNO	0.0506	0.0268	0.4305	0.3637	0.8517	0.4170
8	ARCHIDONA	0.1299	0.0929	1.0347	0.3913	0.6452	0.6538
9	ARENILLAS	0.5439	0.1639	1.9507	3.6575	17.7852	4.9777
10	ATACAMES	0.4366	0.2517	4.6920	1.6714	0.1798	3.0440
11	ATAHUALPA	0.1990	0.1252	1.7835	0.4370	1.5490	1.1226
12	AZOGUES	0.6535	0.1701	2.3681	1.4468	16.5964	5.9558
13	BABA	0.1050	0.0600	1.8474	0.5302	0.0245	0.7670
14	BABAHOYO	0.5079	0.2068	4.0353	4.3851	4.3469	4.2013
15	BALAO	0.3251	0.1889	4.5932	1.2825	0.0498	2.0195
16	BALSAS	0.2887	0.1492	2.8408	0.6038	3.2179	2.0360
17	BALZAR	0.1826	0.1062	1.5498	0.7841	3.4020	1.3796
18	BAÑOS	0.3431	0.1880	1.9723	1.4169	1.1442	1.7037
19	BIBLIAN	0.2045	0.1571	1.0544	0.2440	1.4257	0.7798
20	BOLIVAR	0.0671	0.0381	0.3286	0.2570	1.7335	0.5390
21	BOLIVAR	0.1438	0.0857	4.4328	3.1121	0.0000	3.2114
22	BUENA FE	0.4082	0.1694	2.4267	1.6216	15.0554	3.7530
23	CALUMA	0.1731	0.1323	0.9702	0.5558	0.0377	0.6753
24	CALVAS	0.1135	0.0864	0.5999	0.4338	0.2069	0.4824
25	CAMILO PONCE ENRIQUEZ	1.5155	0.1770	1.9877	0.5128	25.2394	14.1136
26	CAÑAR	0.1387	0.1070	1.1511	0.2486	0.3469	0.5352
27	CARLOS JULIO AROSEMENA	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
28	CASCALES	0.1515	0.0946	1.4589	0.9303	0.0721	0.9920
29	CATAMAYO	0.2925	0.1376	1.9972	3.4775	1.1279	2.2090
30	CAYAMBE	0.3768	0.1377	1.7026	0.4647	10.5332	2.8997
31	CELICA	0.1073	0.0846	0.6113	0.3630	0.0973	0.4326
32	CENTINELA DEL CONDOR	0.1561	0.0968	1.4005	0.8845	0.0920	0.9266
33	CEVALLOS	0.2467	0.1745	1.0170	0.9653	0.7785	0.9202
34	CHAGUARPAMBA	0.0992	0.0744	1.4935	0.1907	0.0095	0.4225
35	CHAMBO	0.1438	0.1183	1.1901	0.1142	0.0610	0.3902
36	CHILLA	0.1721	0.0857	4.0645	0.4574	0.0000	1.2641
37	CHILLANES	0.1088	0.0859	1.2064	0.1917	0.0612	0.4215
38	CHINCHIPE	0.1157	0.0831	0.5806	0.4612	0.3710	0.4954
39	CHONE	0.1880	0.1274	1.0570	1.4601	0.0000	1.0798
40	CHORDELEG	0.1645	0.1319	1.4735	0.3860	0.1541	0.4588

Continuación Tabla 55.

#	Cantones	EMR _{SA} (MJ/hr)	EMR _{HH} (MJ/hr)	EMR _{SG} (MJ/hr)	EMR _{AG} (MJ/hr)	EMR _{PS} (MJ/hr)	EMR _{PW} (MJ/hr)
41	CHUNCHI	0.1153	0.0825	1.2939	0.3055	0.0188	0.5323
42	COLIMES	0.1350	0.0765	0.9791	1.0516	1.6851	1.0869
43	COLTA	0.0679	0.0337	0.4413	0.1102	3.7072	0.4050
44	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	3.3717	0.1742	7.1443	1.4982	134.6617	44.4082
45	COTACACHI	0.2429	0.1748	1.5524	0.3170	1.6780	1.1406
46	CUENCA	0.6382	0.2227	2.7135	4.2645	7.9391	4.4828
47	CUMANDA	0.3724	0.1754	6.4988	0.3367	0.2715	2.8398
48	CUYABENO	2.5433	0.1017	88.2431	1.5583	0.0952	31.5347
49	DAULE	0.8480	0.4023	10.9057	2.4809	2.6258	6.7969
50	DELEG	0.1529	0.1363	0.5843	0.2112	0.4560	0.3553
51	DURAN	1.0300	0.2539	3.1229	4.8711	27.6581	9.6608
52	ECHEANDIA	0.1587	0.1238	1.1743	0.2952	0.0858	0.5961
53	EL CARMEN	0.1947	0.1308	1.5758	0.8878	0.2299	1.0972
54	EL CHACO	0.1490	0.0897	1.0387	0.5067	0.6129	0.7665
55	EL EMPALME	0.2082	0.1402	1.5369	1.1411	0.5666	1.2267
56	EL GUABO	0.3362	0.1958	2.9340	0.8311	6.4771	2.0292
57	EL PAN	0.1247	0.1159	0.2140	0.2681	0.2212	0.2464
58	EL PANGUI	0.1850	0.1227	2.2028	0.5124	0.2374	0.9937
59	EL PIEDRERO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	EL TAMBO	0.2094	0.1441	0.9687	0.1380	2.8620	1.0956
61	EL TRIUNFO	0.4477	0.1506	4.1144	1.1014	14.4988	4.3566
62	ELOY ALFARO	0.1284	0.1006	0.8033	0.5691	0.1935	0.5912
63	ESMERALDAS	0.5753	0.2252	3.3580	13.3204	5.5752	5.0971
64	ESPEJO	0.1816	0.1078	1.4570	0.4851	3.2815	1.1586
65	ESPINDOLA	0.0856	0.0688	0.9906	0.2222	0.1294	0.3780
66	FLAVIO ALFARO	19.8262	20.9731	1.3472	0.7107	1.2550	0.9341
67	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	0.4859	0.1906	8.9000	0.4929	0.0266	4.0497
68	GIRON	0.2073	0.1554	1.2541	0.4618	0.9577	0.8176
69	GONZALO PIZARRO	1.7715	0.1429	44.9207	7.0104	1.5262	21.6432
70	GONZANAMA	0.1030	0.0760	1.0819	0.3332	0.3044	0.5126
71	GUACHAPALA	0.1314	0.1157	0.4196	0.3734	0.1052	0.3361
72	GUALACEO	0.1981	0.1329	1.6069	0.5661	0.5015	0.9080
73	GUALAQUIZA	0.1666	0.0972	1.4495	0.8159	0.2650	0.9981
74	GUAMOTE	0.0515	0.0400	0.8207	0.1051	0.1353	0.1878
75	GUANO	0.1551	0.0992	0.9541	0.7378	0.6041	0.7618
76	GUARANDA	0.1985	0.0894	3.4015	0.6237	0.1658	1.5291
77	GUAYAQUIL	0.9756	0.3123	4.5232	30.7899	13.3877	7.9437
78	HUAMBOYA	0.0182	0.0130	0.1828	0.0933	0.0000	0.1041
79	HUAQUILLAS	0.3314	0.1978	1.3619	6.6819	0.6478	1.7876
80	IBARRA	0.4714	0.1954	4.1496	3.8193	0.7605	3.2711
81	ISABELA	0.8101	0.2866	5.5157	10.3747	0.3802	5.1688

Continuación Tabla 55.

#	Cantones	EMR _{SA} (MJ/hr)	EMR _{HH} (MJ/hr)	EMR _{SG} (MJ/hr)	EMR _{AG} (MJ/hr)	EMR _{PS} (MJ/hr)	EMR _{PW} (MJ/hr)
82	ISIDRO AYORA	0.2565	0.1120	2.8759	0.8157	8.6848	2.5141
83	JAMA	0.1478	0.0799	1.9128	0.5325	3.3608	1.3152
84	JARAMIJO	1.5108	0.1930	5.7047	3.7957	83.4114	22.1118
85	JIPIJAPA	0.1699	0.1093	0.8820	1.7193	0.0088	1.0169
86	JUNIN	0.1968	0.1027	3.9535	0.7463	0.0562	1.7668
87	LA CONCORDIA	0.3997	0.1601	2.5668	1.2594	11.4629	3.4199
88	LA JOYA DE LOS SACHAS	0.9487	0.1536	28.1414	0.8275	0.9177	10.4803
89	LA MANA	0.2772	0.2049	1.8485	0.2620	2.7269	1.1581
90	LA TRONCAL	0.3233	0.1700	2.8122	1.1054	2.2125	2.1555
91	LAGO AGRIO	0.4485	0.1602	5.0499	3.4855	1.0156	3.8112
92	LAS GOLONDRINAS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
93	LAS LAJAS	0.1920	0.1144	0.8436	1.6156	0.1376	1.2614
94	LAS NAVES	0.1650	0.1252	1.7500	0.4861	0.0158	0.7323
95	LATACUNGA	0.9295	0.1541	2.8933	2.2351	29.2271	8.9580
96	LIBERTAD	0.3940	0.1650	2.0618	7.8537	4.6713	3.1354
97	LIMON INDANZA	0.1673	0.1172	1.1353	0.5504	0.5641	0.7430
98	LOGROÑO	0.0787	0.0611	0.9328	0.1170	0.2220	0.3334
99	LOJA	0.3363	0.1780	2.2712	2.7924	0.5997	1.9509
100	LOMAS DE SARGENTILLO	0.2818	0.1280	1.2661	1.0763	7.8312	2.5190
101	LORETO	1.4838	0.0778	83.9479	0.3616	0.2888	21.0934
102	MACARA	0.1871	0.1165	0.7302	1.0332	2.1874	1.0584
103	MACHALA	0.6804	0.2922	4.3871	8.0612	3.0471	4.6105
104	MANGA DEL CURA	0.1897	0.0964	2.1998	0.1472	20.4863	1.7188
105	MANTA	1.0809	0.3104	9.8651	12.2053	8.5920	9.6673
106	MARCABELI	0.1956	0.1361	1.9869	0.4004	0.5496	0.9896
107	MEJIA	0.6156	0.1510	2.5166	1.5954	13.3231	5.3493
108	MERA	0.2614	0.1035	0.9572	4.4711	3.5943	1.9496
109	MILAGRO	0.5063	0.2162	4.6062	4.3964	1.8678	3.9931
110	MIRA	0.1634	0.1066	1.2589	0.2362	4.4354	0.9047
111	MOCACHE	0.1333	0.0813	1.5888	0.6487	1.3337	0.8961
112	MOCHA	0.1743	0.1366	0.8114	0.3694	0.6642	0.5786
113	MONTALVO	0.9129	0.1907	22.7495	0.3052	5.8084	9.9607
114	MONTECRISTI	0.8994	0.1830	2.8289	5.2876	19.3767	10.1403
115	MONTUFAR	0.2002	0.1171	1.1944	0.3003	3.8435	1.1620
116	MORONA	0.2563	0.1416	1.5856	2.1017	0.6689	1.5781
117	MUISNE	0.2723	0.1894	3.8810	0.4976	0.1391	1.6819
118	NABON	0.1034	0.0868	0.7326	0.2114	0.1937	0.3088
119	NANGARITZA	0.0924	0.0698	0.5930	0.3985	0.0809	0.3870
120	NARANJAL	0.3753	0.1398	4.5854	0.6341	12.3993	3.2728
121	NARANJITO	0.2731	0.1686	1.9772	2.0342	0.0043	1.6399
122	NOBOL	0.6622	0.1649	1.7209	2.2550	30.6976	7.4392
123	OLMEDO	0.0279	0.0225	0.5287	0.2814	0.0000	0.2989

Continuación Tabla 55.

#	Cantones	EMR _{SA} (MJ/hr)	EMR _{HH} (MJ/hr)	EMR _{SG} (MJ/hr)	EMR _{AG} (MJ/hr)	EMR _{PS} (MJ/hr)	EMR _{PW} (MJ/hr)
124	OLMEDO	0.1215	0.0974	0.9194	0.5122	0.0000	0.5672
125	OÑA	0.2020	0.1131	1.3803	0.3425	3.3440	1.1631
126	ORELLANA	0.6861	0.1769	8.8530	4.0162	5.0530	6.7538
127	OTAVALO	0.2202	0.1198	1.1478	1.0462	1.6935	1.3400
128	PABLO VI	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
129	PAJAN	0.0979	0.0762	0.6812	0.4302	0.0000	0.4512
130	PALANDA	0.0976	0.0704	1.1711	0.2716	0.3837	0.4902
131	PALENQUE	0.0988	0.0495	1.3096	0.8142	0.1632	0.8700
132	PALESTINA	0.2818	0.1333	1.6329	1.9450	8.0124	2.5633
133	PALLATANGA	0.1316	0.1014	1.4373	0.2137	0.0574	0.5092
134	PALORA	0.2531	0.1689	1.4483	1.2045	1.0767	1.2793
135	PALTAS	0.1203	0.0773	0.9920	0.7520	0.0672	0.7457
136	PANGUA	0.0973	0.0804	1.2742	0.0792	0.3084	0.2992
137	PAQUISHA	0.1863	0.0978	2.2956	0.7639	0.7486	1.1052
138	PASAJE	0.4599	0.2210	1.6131	1.2704	12.1675	3.1860
139	PASTAZA	0.2645	0.1341	1.5453	2.4191	1.3718	1.7225
140	PATATE	0.1760	0.1243	1.4429	0.2879	1.3580	0.6769
141	PAUTE	0.2560	0.1478	1.2765	0.4187	3.5318	1.4495
142	PEDERNALES	11.0730	11.5957	2.9314	0.5797	6.2169	2.5429
143	PEDRO CARBO	1.2148	0.1015	46.1151	1.0483	1.1663	17.9497
144	PEDRO MONCAYO	0.6276	0.1190	2.4898	1.3577	27.1510	6.1653
145	PEDRO VICENTE MALDONADO	0.1540	0.0718	1.8083	0.4520	1.3832	1.1113
146	PENIPE	0.1137	0.0878	1.1498	0.2441	0.0477	0.4093
147	PICHINCHA	0.0915	0.0480	1.4273	0.7343	0.5881	0.8851
148	PIMAMPIRO	0.1358	0.1076	1.0850	0.1799	0.0612	0.4571
149	PINDAL	0.0949	0.0796	0.5420	0.2359	0.3698	0.3219
150	PIÑAS	0.3875	0.1732	1.6667	0.8350	6.4594	2.7795
151	PLAYAS	0.4282	0.1872	4.7063	2.0757	1.7314	3.3693
152	PORTOVELO	2.4848	0.1894	1.9971	1.2820	53.0188	26.9547
153	PORTOVIEJO	0.4003	0.2219	2.0611	7.2245	0.3440	2.5598
154	PUCARA	0.1117	0.0839	1.4380	0.3856	0.4487	0.5854
155	PUEBLOVIEJO	0.6461	0.0886	25.6784	0.7930	6.9302	8.7795
156	PUERTO LOPEZ	0.2173	0.1403	1.4704	1.7747	0.0140	1.3203
157	PUERTO QUITO	0.1673	0.1085	2.2236	0.6254	0.1760	0.9825
158	PUJILI	0.1266	0.0832	0.6875	0.5149	0.9037	0.6379
159	PUTUMAYO	0.1662	0.0723	1.6051	1.9369	0.0417	1.4280
160	PUYANGO	0.1152	0.0899	0.9029	0.2130	0.1759	0.4575
161	QUERO	0.1217	0.0983	0.6337	0.2566	0.4084	0.3521
162	QUEVEDO	0.4326	0.2269	2.3135	2.9356	4.7005	2.8989
163	QUIJOS	1.0551	0.0979	1.6497	1.0277	66.1512	10.0325
164	QUILANGA	0.0746	0.0601	0.7192	0.1674	0.0697	0.2834
165	QUININDE	0.2851	0.1253	1.6770	0.4370	15.7770	2.5875
166	QUINSALOMA	0.1669	0.1275	1.9468	0.2106	2.7224	0.7295
167	QUITO	0.6533	0.2943	2.7409	11.2792	5.4540	3.8212
168	RIOBAMBA	0.4970	0.2077	2.4519	2.0626	7.7035	3.3707

Continuación Tabla 55.

#	Cantones	EMR _{SA} (MJ/hr)	EMR _{HH} (MJ/hr)	EMR _{SG} (MJ/hr)	EMR _{AG} (MJ/hr)	EMR _{PS} (MJ/hr)	EMR _{PW} (MJ/hr)
169	RIOVERDE	0.1316	0.1021	1.2025	0.3411	0.8265	0.6650
170	ROCAFUERTE	0.5210	0.1446	3.0505	10.2456	0.0564	5.9716
171	RUMIÑAHUI	4.9211	0.2466	60.4748	10.1872	16.4266	45.7661
172	SALCEDO	0.2292	0.1194	1.5132	0.5898	2.7137	1.3799
173	SALINAS	1.0941	0.2378	19.1402	5.0806	2.5254	12.1753
174	SAMBORONDON	1.4688	0.9683	8.8233	6.4481	1.9035	7.0211
175	SAN CRISTOBAL	0.9497	0.2995	4.1935	34.2984	0.2828	6.6677
176	SAN FERNANDO	0.1518	0.1218	0.7524	0.3026	0.5885	0.4800
177	SAN JOSE DE CHIMBO	0.0792	0.0567	0.6147	0.1987	0.1688	0.3617
178	SAN JUAN BOSCO	0.1226	0.0818	1.0494	0.3479	0.4959	0.6078
179	SAN LORENZO	0.2174	0.1108	1.0126	1.5489	3.7965	1.7266
180	SAN MIGUEL	0.1262	0.1023	0.6361	0.3546	0.0639	0.4474
181	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	0.1325	0.0688	1.4978	0.3051	0.9754	0.8962
182	SAN MIGUEL DE URCUQUI	0.2043	0.1111	1.6309	1.2104	2.0267	1.4114
183	SAN PEDRO DE HUACA	0.1817	0.1441	1.6276	0.2642	0.0951	0.6668
184	SAN PEDRO DE PELILEO	0.2926	0.1442	1.2194	0.4923	3.1902	1.6444
185	SAN VICENTE	0.2286	0.1536	2.1420	0.6563	0.3258	1.2574
186	SANTA ANA	0.2289	0.0950	1.0288	3.8306	0.0000	2.4786
187	SANTA CLARA	0.1826	0.1089	0.8957	0.9351	2.5056	1.0715
188	SANTA CRUZ	0.9137	0.3658	6.2012	14.8507	0.3499	5.8522
189	SANTA ELENA	0.5744	0.1462	9.0100	4.2749	5.1635	6.6004
190	SANTA ISABEL	0.2706	0.2246	1.2597	0.3550	0.8230	0.7824
191	SANTA LUCIA	0.2530	0.0941	1.1490	1.3191	17.9040	2.7654
192	SANTA ROSA	0.4508	0.2030	1.6019	3.3228	7.6812	3.2829
193	SANTIAGO	0.2130	0.1051	1.4962	1.6453	0.5889	1.3943
194	SANTIAGO DE PILLARO	0.1982	0.1343	1.1224	0.4164	1.2217	0.8352
195	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	0.4876	0.1834	4.5203	3.3209	2.8201	3.9193
196	SAQUISILI	0.1776	0.1409	0.5719	0.4006	1.2677	0.5837
197	SARAGURO	0.0771	0.0587	0.7456	0.2035	0.2191	0.3281
198	SEVILLA DE ORO	0.0960	0.0938	0.0000	0.2214	0.1210	0.1212
199	SHUSHUFINDI	0.6091	0.1425	13.6184	1.4862	2.9606	6.1408
200	SIGCHOS	0.0735	0.0553	1.0875	0.0991	0.6549	0.2879
201	SIGSIG	0.1200	0.1038	0.7556	0.2571	0.0852	0.2862
202	SIMON BOLIVAR	1.6092	0.1195	94.6009	0.3424	0.0000	21.8691
203	SOZORANGA	0.0652	0.0534	0.5548	0.1990	0.0291	0.2570
204	SUCRE	0.3069	0.1666	2.5488	1.6606	3.0366	2.2985
205	SUCUA	0.2298	0.1450	1.8985	1.1195	0.2088	1.3077
206	SUCUMBIOS	0.0945	0.0757	0.3840	0.3373	0.1171	0.3274
207	SUSCAL	0.2757	0.2518	1.6235	0.3212	0.1766	0.5733
208	TAISHA	0.0334	0.0219	0.5010	0.1497	0.1411	0.2205
209	TENA	0.2469	0.1319	1.7527	1.7031	0.8795	1.5991
210	TISALEO	0.1456	0.1188	0.4511	0.1715	0.6119	0.3811

Continuación Tabla 55.

#	Cantones	EMR _{SA} (MJ/hr)	EMR _{HH} (MJ/hr)	EMR _{SG} (MJ/hr)	EMR _{AG} (MJ/hr)	EMR _{PS} (MJ/hr)	EMR _{PW} (MJ/hr)
211	TIWINTZA	0.0865	0.0471	0.9521	0.6036	0.0453	0.5417
212	TOSAGUA	0.2862	0.1223	1.3235	4.7585	0.0000	2.9015
213	TULCAN	0.2318	0.1389	1.2007	1.8762	0.5111	1.2427
214	URBINA JADO	0.1370	0.1025	1.1038	0.3972	1.5459	0.6610
215	URDANETA	0.7924	0.1187	30.6096	0.6748	3.9563	10.5980
216	VALENCIA	0.1754	0.1069	1.9021	0.5499	3.4080	1.1230
217	VENTANAS	0.2749	0.1626	1.7623	1.1767	4.0421	1.7584
218	VINCES	0.2008	0.1258	1.3831	0.6724	4.0178	1.2536
219	YACUAMBI	0.0791	0.0632	0.5304	0.2484	0.0493	0.2727
220	YAGUACHI	0.1508	0.0172	0.2380	0.0346	11.3177	1.9861
221	YANTZAZA	0.2093	0.1228	1.7879	1.2015	0.5924	1.2960
222	ZAMORA	0.3960	0.1501	1.0909	2.3059	8.0022	3.0134
223	ZAPOTILLO	0.1460	0.0925	0.9605	0.7568	1.7260	0.8970
224	ZARUMA	0.4062	0.1442	1.0513	0.6583	6.8712	3.3247

Fuente: Elaboración propia.

Anexo J. Productividad Económica del Trabajo por cantones en Ecuador.

Tabla 56

Cantidad de Producto Interno Bruto producido por hora de trabajo en los sectores relevantes.

#	Cantones	ELP _{PW} (USD/hr) 10 ³	ELP _{SG} (USD/hr) 10 ³	ELP _{PS} (USD/hr) 10 ³	ELP _{AG} (USD/hr) 10 ³
1	24 DE MAYO	0.0022	0.0068	0.0021	0.0003
2	AGUARICO	0.0039	0.0085	0.0029	0.0001
3	ALAUSI	0.0023	0.0085	0.0014	0.0008
4	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	0.0032	0.0036	0.0044	0.0026
5	AMBATO	0.0068	0.0084	0.0068	0.0018
6	ANTONIO ANTE	0.0045	0.0073	0.0030	0.0016
7	ARAJUNO	0.0055	0.0105	0.0044	0.0035
8	ARCHIDONA	0.0037	0.0065	0.0100	0.0001
9	ARENILLAS	0.0045	0.0042	0.0079	0.0035
10	ATACAMES	0.0059	0.0052	0.0110	0.0023
11	ATAHUALPA	0.0029	0.0063	0.0029	0.0009
12	AZOGUES	0.0075	0.0090	0.0087	0.0027
13	BABA	0.0073	0.0088	0.0042	0.0071
14	BABAHOYO	0.0089	0.0074	0.0144	0.0087
15	BALAO	0.0062	0.0042	0.0034	0.0073
16	BALSAS	0.0076	0.0109	0.0044	0.0057
17	BALZAR	0.0034	0.0044	0.0018	0.0031
18	BAÑOS	0.0080	0.0084	0.0150	0.0000
19	BIBLIAN	0.0051	0.0104	0.0049	0.0012
20	BOLIVAR	0.0038	0.0053	0.0012	0.0031
21	BOLIVAR	0.0043	0.0075	0.0026	0.0033
22	BUENA FE	0.0069	0.0074	0.0019	0.0080
23	CALUMA	0.0054	0.0072	0.0021	0.0045
24	CALVAS	0.0029	0.0051	0.0009	0.0009
25	CAMILO PONCE ENRIQUEZ	0.0020	0.0073	0.0005	0.0008
26	CAÑAR	0.0036	0.0098	0.0026	0.0005
27	CARLOS JULIO AROSEMENA	0.0043	0.0059	0.0030	0.0035
28	CASCALES	0.0046	0.0050	0.0016	0.0053
29	CATAMAYO	0.0048	0.0054	0.0038	0.0046
30	CAYAMBE	0.0087	0.0068	0.0028	0.0131
31	CELICA	0.0030	0.0041	0.0037	0.0020
32	CENTINELA DEL CONDOR	0.0031	0.0049	0.0063	0.0005
33	CEVALLOS	0.0037	0.0065	0.0020	0.0016
34	CHAGUARPAMBA	0.0035	0.0082	0.0019	0.0024
35	CHAMBO	0.0030	0.0050	0.0011	0.0031
36	CHILLA	0.0036	0.0091	0.0064	0.0011
37	CHILLANES	0.0028	0.0079	0.0020	0.0012
38	CHINCHIPE	0.0024	0.0048	0.0036	0.0003
39	CHONE	0.0037	0.0058	0.0021	0.0017
40	CHORDELEG	0.0016	0.0050	0.0005	0.0017

Continuación Tabla 56.

#	Cantones	ELP _{PW} (USD/hr) 10 ³	ELP _{SG} (USD/hr) 10 ³	ELP _{PS} (USD/hr) 10 ³	ELP _{AG} (USD/hr) 10 ³
41	CHUNCHI	0.0038	0.0076	0.0015	0.0025
42	COLIMES	0.0039	0.0053	0.0064	0.0032
43	COLTA	0.0015	0.0039	0.0030	0.0007
44	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	0.0423	0.0049	0.0602	0.0619
45	COTACACHI	0.0041	0.0061	0.0020	0.0040
46	CUENCA	0.0093	0.0087	0.0121	0.0025
47	CUMANDA	0.0041	0.0051	0.0015	0.0044
48	CUYABENO	0.1423	0.0087	0.5119	0.0036
49	DAULE	0.0054	0.0087	0.0034	0.0013
50	DELEG	0.0039	0.0090	0.0048	0.0011
51	DURAN	0.0085	0.0024	0.0260	0.0015
52	ECHEANDIA	0.0041	0.0061	0.0024	0.0030
53	EL CARMEN	0.0037	0.0049	0.0027	0.0028
54	EL CHACO	0.0043	0.0074	0.0035	0.0007
55	EL EMPALME	0.0034	0.0041	0.0039	0.0026
56	EL GUABO	0.0087	0.0080	0.0091	0.0091
57	EL PAN	0.0037	0.0061	0.0045	0.0024
58	EL PANGUI	0.0039	0.0074	0.0043	0.0012
59	EL PIEDRERO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60	EL TAMBO	0.0082	0.0140	0.0073	0.0023
61	EL TRIUNFO	0.0054	0.0045	0.0022	0.0073
62	ELOY ALFARO	0.0052	0.0052	0.0028	0.0058
63	ESMERALDAS	0.0077	0.0067	0.0120	0.0058
64	ESPEJO	0.0066	0.0060	0.0032	0.0078
65	ESPINDOLA	0.0031	0.0089	0.0052	0.0012
66	FLAVIO ALFARO	0.0033	0.0075	0.0021	0.0016
67	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	0.0040	0.0054	0.0025	0.0032
68	GIRON	0.0027	0.0061	0.0017	0.0010
69	GONZALO PIZARRO	0.0037	0.0056	0.0018	0.0026
70	GONZANAMA	0.0037	0.0075	0.0052	0.0023
71	GUACHAPALA	0.0040	0.0051	0.0014	0.0044
72	GUALACEO	0.0027	0.0057	0.0014	0.0008
73	GUALAQUIZA	0.0034	0.0060	0.0022	0.0010
74	GUAMOTE	0.0024	0.0101	0.0021	0.0014
75	GUANO	0.0026	0.0034	0.0015	0.0028
76	GUARANDA	0.0050	0.0094	0.0083	0.0014
77	GUAYAQUIL	0.0112	0.0094	0.0165	0.0106
78	HUAMBOYA	0.0033	0.0087	0.0063	0.0011
79	HUAQUILLAS	0.0042	0.0051	0.0016	0.0044
80	IBARRA	0.0079	0.0086	0.0091	0.0013
81	ISABELA	0.0053	0.0057	0.0023	0.0081
82	ISIDRO AYORA	0.0060	0.0053	0.0019	0.0073
83	JAMA	0.0025	0.0064	0.0014	0.0008
84	JARAMIJO	0.0109	0.0076	0.0351	0.0000

Continuación Tabla 56.

#	Cantones	ELP _{PW} (USD/hr) 10 ³	ELP _{SG} (USD/hr) 10 ³	ELP _{PS} (USD/hr) 10 ³	ELP _{AG} (USD/hr) 10 ³
85	JIPIJAPA	0.0026	0.0043	0.0019	0.0003
86	JUNIN	0.0121	0.0063	0.0039	0.0187
87	LA CONCORDIA	0.0039	0.0037	0.0022	0.0049
88	LA JOYA DE LOS SACHAS	0.2208	0.0095	1.0742	0.0027
89	LA MANA	0.0041	0.0058	0.0031	0.0031
90	LA TRONCAL	0.0083	0.0080	0.0097	0.0075
91	LAGO AGRIO	0.0227	0.0083	0.0811	0.0047
92	LAS GOLONDRINAS	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
93	LAS LAJAS	0.0030	0.0068	0.0087	0.0004
94	LAS NAVES	0.0042	0.0088	0.0022	0.0030
95	LATACUNGA	0.0084	0.0091	0.0068	0.0085
96	LIBERTAD	0.0068	0.0058	0.0118	0.0001
97	LIMON INDANZA	0.0040	0.0083	0.0047	0.0009
98	LOGROÑO	0.0035	0.0096	0.0053	0.0008
99	LOJA	0.0075	0.0083	0.0086	0.0012
100	LOMAS DE SARGENTILLO	0.0029	0.0033	0.0022	0.0028
101	LORETO	0.0051	0.0139	0.0026	0.0022
102	MACARA	0.0040	0.0046	0.0020	0.0039
103	MACHALA	0.0103	0.0083	0.0132	0.0158
104	MANGA DEL CURA	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
105	MANTA	0.0113	0.0115	0.0096	0.0154
106	MARCABELI	0.0041	0.0058	0.0081	0.0012
107	MEJIA	0.0064	0.0047	0.0040	0.0137
108	MERA	0.0029	0.0037	0.0017	0.0006
109	MILAGRO	0.0043	0.0041	0.0036	0.0054
110	MIRA	0.0040	0.0057	0.0064	0.0029
111	MOCACHE	0.0071	0.0085	0.0028	0.0071
112	MOCHA	0.0023	0.0055	0.0011	0.0009
113	MONTALVO	0.0055	0.0059	0.0047	0.0054
114	MONTECRISTI	0.0160	0.0043	0.0315	0.0057
115	MONTUFAR	0.0042	0.0057	0.0028	0.0033
116	MORONA	0.0060	0.0082	0.0082	0.0008
117	MUISNE	0.0054	0.0048	0.0024	0.0066
118	NABON	0.0018	0.0058	0.0006	0.0009
119	NANGARITZA	0.0035	0.0085	0.0043	0.0008
120	NARANJAL	0.0065	0.0044	0.0046	0.0083
113	MONTALVO	0.0037	0.0039	0.0006	0.0048
114	MONTECRISTI	0.0027	0.0031	0.0015	0.0029
115	MONTUFAR	0.0040	0.0104	0.0039	0.0023
116	MORONA	0.0028	0.0086	0.0021	0.0007
117	MUISNE	0.2208	0.0095	1.0742	0.0027
118	NABON	0.0041	0.0058	0.0031	0.0031
119	NANGARITZA	0.0083	0.0080	0.0097	0.0075
120	NARANJAL	0.0227	0.0083	0.0811	0.0047

Continuación Tabla 56.

#	Cantones	ELP _{PW} (USD/hr) 10 ³	ELP _{SG} (USD/hr) 10 ³	ELP _{PS} (USD/hr) 10 ³	ELP _{AG} (USD/hr) 10 ³
121	NARANJITO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
122	NOBOL	0.0030	0.0068	0.0087	0.0004
123	OLMEDO	0.0042	0.0088	0.0022	0.0030
124	OLMEDO	0.0084	0.0091	0.0068	0.0085
125	OÑA	0.0023	0.0059	0.0017	0.0010
126	ORELLANA	0.0434	0.0058	0.1662	0.0017
127	OTAVALO	0.0059	0.0066	0.0063	0.0036
128	PABLO VI	0.0052	0.0085	0.0058	0.0021
129	PAJAN	0.0025	0.0076	0.0034	0.0004
130	PALANDA	0.0029	0.0072	0.0056	0.0010
131	PALENQUE	0.0048	0.0089	0.0033	0.0039
132	PALESTINA	0.0042	0.0036	0.0080	0.0038
133	PALLATANGA	0.0023	0.0056	0.0021	0.0010
134	PALORA	0.0033	0.0060	0.0026	0.0011
135	PALTAS	0.0031	0.0058	0.0012	0.0018
136	PANGUA	0.0025	0.0064	0.0035	0.0016
137	PAQUISHA	0.0025	0.0084	0.0010	0.0006
138	PASAJE	0.0052	0.0058	0.0044	0.0046
139	PASTAZA	0.0172	0.0078	0.0649	0.0012
140	PATATE	0.0024	0.0063	0.0027	0.0010
141	PAUTE	0.0036	0.0069	0.0009	0.0028
142	PEDERNALES	0.0037	0.0062	0.0012	0.0024
143	PEDRO CARBO	0.0026	0.0035	0.0027	0.0019
144	PEDRO MONCAYO	0.0104	0.0067	0.0017	0.0152
145	PEDRO VICENTE MALDONADO	0.0039	0.0079	0.0017	0.0014
146	PENIPE	0.0035	0.0093	0.0015	0.0021
147	PICHINCHA	0.0028	0.0090	0.0036	0.0007
148	PIMAMPIRO	0.0021	0.0055	0.0017	0.0004
149	PINDAL	0.0029	0.0066	0.0044	0.0014
150	PIÑAS	0.0053	0.0080	0.0033	0.0024
151	PLAYAS	0.0039	0.0057	0.0027	0.0005
152	PORTOVELO	0.0051	0.0063	0.0058	0.0004
153	PORTOVIEJO	0.0077	0.0071	0.0138	0.0026
154	PUCARA	0.0026	0.0119	0.0021	0.0003
155	PUEBLOVIEJO	0.0071	0.0067	0.0056	0.0076
156	PUERTO LOPEZ	0.0032	0.0051	0.0015	0.0016
157	PUERTO QUITO	0.0049	0.0086	0.0025	0.0038
158	PUJILI	0.0025	0.0056	0.0024	0.0010
159	PUTUMAYO	0.0713	0.0036	0.3431	0.0009
160	PUYANGO	0.0032	0.0060	0.0034	0.0012
161	QUERO	0.0015	0.0057	0.0020	0.0002
162	QUEVEDO	0.0078	0.0081	0.0071	0.0073
163	QUIJOS	0.0055	0.0074	0.0035	0.0024
164	QUILANGA	0.0038	0.0078	0.0031	0.0025
165	QUININDE	0.0098	0.0068	0.0130	0.0111

Continuación Tabla 56.

#	Cantones	ELP _{PW} (USD/hr) 10 ³	ELP _{SG} (USD/hr) 10 ³	ELP _{PS} (USD/hr) 10 ³	ELP _{AG} (USD/hr) 10 ³
166	QUINSALOMA	0.0035	0.0121	0.0036	0.0010
167	QUITO	0.0115	0.0112	0.0140	0.0023
168	RIOBAMBA	0.0070	0.0065	0.0136	0.0021
169	RIOVERDE	0.0059	0.0070	0.0014	0.0064
170	ROCAFUERTE	0.0022	0.0048	0.0018	0.0003
171	RUMIÑAHUI	0.0102	0.0108	0.0097	0.0047
172	SALCEDO	0.0047	0.0065	0.0040	0.0037
173	SALINAS	0.0069	0.0071	0.0073	0.0060
174	SAMBORONDON	0.0123	0.0149	0.0107	0.0071
175	SAN CRISTOBAL	0.0099	0.0111	0.0065	0.0066
176	SAN FERNANDO	0.0035	0.0047	0.0019	0.0036
177	SAN JOSE DE CHIMBO	0.0031	0.0050	0.0035	0.0015
178	SAN JUAN BOSCO	0.0043	0.0069	0.0054	0.0025
179	SAN LORENZO	0.0031	0.0050	0.0015	0.0020
180	SAN MIGUEL	0.0031	0.0045	0.0047	0.0018
181	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	0.0047	0.0049	0.0028	0.0052
182	SAN MIGUEL DE URCUQUI	0.0044	0.0072	0.0046	0.0033
183	SAN PEDRO DE HUACA	0.0046	0.0044	0.0135	0.0031
184	SAN PEDRO DE PELILEO	0.0033	0.0065	0.0023	0.0021
185	SAN VICENTE	0.0034	0.0052	0.0034	0.0015
186	SANTA ANA	0.0026	0.0064	0.0018	0.0006
187	SANTA CLARA	0.0066	0.0102	0.0047	0.0040
188	SANTA CRUZ	0.0094	0.0102	0.0064	0.0086
189	SANTA ELENA	0.0053	0.0045	0.0097	0.0015
190	SANTA ISABEL	0.0032	0.0064	0.0018	0.0012
191	SANTA LUCIA	0.0026	0.0039	0.0043	0.0018
192	SANTA ROSA	0.0071	0.0055	0.0039	0.0117
193	SANTIAGO	0.0039	0.0072	0.0040	0.0006
194	SANTIAGO DE PILLARO	0.0028	0.0049	0.0043	0.0006
195	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	0.0061	0.0064	0.0075	0.0037
196	SAQUISILI	0.0023	0.0047	0.0024	0.0006
197	SARAGURO	0.0030	0.0073	0.0018	0.0017
198	SEVILLA DE ORO	0.0335	0.0074	0.0850	0.0022
199	SHUSHUFINDI	0.0321	0.0085	0.1125	0.0018
200	SIGCHOS	0.0014	0.0070	0.0019	0.0004
201	SIGSIG	0.0018	0.0067	0.0004	0.0006
202	SIMON BOLIVAR	0.0075	0.0056	0.0103	0.0078
203	SOZORANGA	0.0030	0.0064	0.0064	0.0016
204	SUCRE	0.0052	0.0056	0.0116	0.0018
205	SUCUA	0.0050	0.0096	0.0042	0.0004
206	SUCUMBIOS	0.0027	0.0055	0.0031	0.0011
207	SUSCAL	0.0036	0.0134	0.0034	0.0004
208	TAISHA	0.0024	0.0092	0.0065	0.0001
209	TENA	0.0054	0.0084	0.0045	0.0018

Continuación Tabla 56.

#	Cantones	ELP _{PW} (USD/hr) 10 ³	ELP _{SG} (USD/hr) 10 ³	ELP _{PS} (USD/hr) 10 ³	ELP _{AG} (USD/hr) 10 ³
210	TISALEO	0.0017	0.0047	0.0014	0.0002
211	TIWINTZA	0.0023	0.0050	0.0018	0.0007
212	TOSAGUA	0.0052	0.0080	0.0048	0.0033
213	TULCAN	0.0066	0.0072	0.0086	0.0036
214	URBINA JADO	0.0019	0.0052	0.0027	0.0006
215	URDANETA	0.0048	0.0051	0.0052	0.0045
216	VALENCIA	0.0105	0.0068	0.0025	0.0129
217	VENTANAS	0.0056	0.0064	0.0049	0.0050
218	VINCES	0.0041	0.0059	0.0038	0.0029
219	YACUAMBI	0.0025	0.0086	0.0015	0.0007
220	YAGUACHI	0.0048	0.0034	0.0057	0.0057
221	YANTZAZA	0.0053	0.0091	0.0042	0.0008
222	ZAMORA	0.0062	0.0085	0.0054	0.0008
223	ZAPOTILLO	0.0029	0.0063	0.0061	0.0008
224	ZARUMA	0.0051	0.0082	0.0054	0.0005

Fuente: Elaboración propia.

Anexo K. Ubicación de los cantones ecuatorianos según su demarcación hidrográfica.

Tabla 57

Ubicación de los 221 cantones ecuatorianos según su demarcación hidrográfica.

#	Demarcación hidrográfica	Cantón
1	D.H. ESMERALDAS	ATACAMES
2	D.H. ESMERALDAS	CAYAMBE
3	D.H. ESMERALDAS	EL CARMEN
4	D.H. ESMERALDAS	ELOY ALFARO
5	D.H. ESMERALDAS	ESMERALDAS
6	D.H. ESMERALDAS	LA CONCORDIA
7	D.H. ESMERALDAS	MEJIA
8	D.H. ESMERALDAS	MUISNE
9	D.H. ESMERALDAS	PEDRO MONCAYO
10	D.H. ESMERALDAS	PEDRO VICENTE MALDONADO
11	D.H. ESMERALDAS	PTO. QUITO
12	D.H. ESMERALDAS	QUININDE
13	D.H. ESMERALDAS	QUITO
14	D.H. ESMERALDAS	RIOVERDE
15	D.H. ESMERALDAS	RUMIÑAHUI
16	D.H. ESMERALDAS	SAN LORENZO
17	D.H. ESMERALDAS	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS
18	D.H. ESMERALDAS	SANTO DOMINGO
19	D.H. MANABÍ	24 DE MAYO
20	D.H. MANABÍ	BOLIVAR DE MANABÍ
21	D.H. MANABÍ	CHONE
22	D.H. MANABÍ	FLAVIO ALFARO
23	D.H. MANABÍ	JAMA
24	D.H. MANABÍ	JARAMIJO
25	D.H. MANABÍ	JIPIJAPA
26	D.H. MANABÍ	JUNIN
27	D.H. MANABÍ	MANTA
28	D.H. MANABÍ	MONTECRISTI
29	D.H. MANABÍ	OLMEDO MANABÍ
30	D.H. MANABÍ	PAJAN
31	D.H. MANABÍ	PEDERNALES
32	D.H. MANABÍ	PICHINCHA
33	D.H. MANABÍ	PORTOVIEJO
34	D.H. MANABÍ	PUERTO LOPEZ
35	D.H. MANABÍ	ROCAFUERTE
36	D.H. MANABÍ	SAN VICENTE
37	D.H. MANABÍ	SANTA ANA
38	D.H. MANABÍ	SUCRE
39	D.H. MANABÍ	TOSAGUA
40	D.H. MIRA	ANTONIO ANTE
41	D.H. MIRA	BOLIVAR DEL CARCHI
42	D.H. MIRA	COTACACHI
43	D.H. MIRA	ESPEJO
44	D.H. MIRA	IBARRA

Continuación de Tabla 57.

#	Demarcación hidrográfica	Cantón
45	D.H. MIRA	MIRA
46	D.H. MIRA	MONTUFAR
47	D.H. MIRA	OTAVALO
48	D.H. MIRA	PIMAMPIRO
49	D.H. MIRA	SAN MIGUEL DE URCUQUI
50	D.H. MIRA	SAN PEDRO DE HUACA
51	D.H. MIRA	TULCAN
52	D.H. GUAYAS	ALAUSI
53	D.H. GUAYAS	ALFREDO BAQUERIZO MORENO
54	D.H. GUAYAS	BABA
55	D.H. GUAYAS	BABAHOYO
56	D.H. GUAYAS	BALZAR
57	D.H. GUAYAS	BIBLIAN
58	D.H. GUAYAS	BUENA FE
59	D.H. GUAYAS	CALUMA
60	D.H. GUAYAS	CAÑAR
61	D.H. GUAYAS	CHILLANES
62	D.H. GUAYAS	CHIMBO
63	D.H. GUAYAS	CHUNCHI
64	D.H. GUAYAS	COLIMES
65	D.H. GUAYAS	CRNEL. MARCELINO MARIDUEÑA
66	D.H. GUAYAS	CUMANDA
67	D.H. GUAYAS	DAULE
68	D.H. GUAYAS	DURAN
69	D.H. GUAYAS	ECHEANDIA
70	D.H. GUAYAS	EL TAMBO
71	D.H. GUAYAS	EL TRIUNFO
72	D.H. GUAYAS	EMPALME
73	D.H. GUAYAS	GNRAL. ANTONIO ELIZALDE
74	D.H. GUAYAS	GUARANDA
75	D.H. GUAYAS	GUAYAQUIL
76	D.H. GUAYAS	ISABELA
77	D.H. GUAYAS	ISIDRO AYORA
78	D.H. GUAYAS	LA LIBERTAD
79	D.H. GUAYAS	LA MANA
80	D.H. GUAYAS	LA TRONCAL
81	D.H. GUAYAS	LAS NAVES
82	D.H. GUAYAS	LOMAS DE SARGENTILLO
83	D.H. GUAYAS	MILAGRO
84	D.H. GUAYAS	MOCACHE
85	D.H. GUAYAS	MONTALVO
86	D.H. GUAYAS	NARANJITO
87	D.H. GUAYAS	NOBOL
88	D.H. GUAYAS	PALENQUE
89	D.H. GUAYAS	PALESTINA
90	D.H. GUAYAS	PALLATANGA
91	D.H. GUAYAS	PANGUA

Continuación de Tabla 57.

#	Demarcación hidrográfica	Cantón
92	D.H. GUAYAS	PEDRO CARBO
93	D.H. GUAYAS	PLAYAS
94	D.H. GUAYAS	PUEBLOVIEJO
95	D.H. GUAYAS	QUEVEDO
96	D.H. GUAYAS	QUINSALOMA
97	D.H. GUAYAS	SALINAS
98	D.H. GUAYAS	SALITRE
99	D.H. GUAYAS	SAMBORONDON
100	D.H. GUAYAS	SAN CRISTÓBAL
101	D.H. GUAYAS	SAN JACINTO DE YAGUACHI
102	D.H. GUAYAS	SAN MIGUEL
103	D.H. GUAYAS	SANTA CRUZ
104	D.H. GUAYAS	SANTA ELENA
105	D.H. GUAYAS	SANTA LUCIA
106	D.H. GUAYAS	SIMON BOLIVAR
107	D.H. GUAYAS	SUSCAL
108	D.H. GUAYAS	URDANETA
109	D.H. GUAYAS	VALENCIA
110	D.H. GUAYAS	VENTANAS
111	D.H. GUAYAS	VINCES
112	D.H. JUBONES	ARENILLAS
113	D.H. JUBONES	BALAO
114	D.H. JUBONES	CAMILO PONCE ENRIQUEZ
115	D.H. JUBONES	CHILLA
116	D.H. JUBONES	EL GUABO
117	D.H. JUBONES	GIRON
118	D.H. JUBONES	HUAQUILLAS
119	D.H. JUBONES	LAS LAJAS
120	D.H. JUBONES	MACHALA
121	D.H. JUBONES	NABON
122	D.H. JUBONES	NARANJAL
123	D.H. JUBONES	OÑA
124	D.H. JUBONES	PASAJE
125	D.H. JUBONES	PUCARA
126	D.H. JUBONES	SAN FERNANDO
127	D.H. JUBONES	SANTA ISABEL
128	D.H. JUBONES	SANTA ROSA
129	D.H. JUBONES	SARAGURO
130	D.H. JUBONES	YACUAMBI
131	D.H. NAPO	AGUARICO
132	D.H. NAPO	ARAJUNO
133	D.H. NAPO	ARCHIDONA
134	D.H. NAPO	CARLOS JULIO AROSEMENA TOLA
135	D.H. NAPO	CASCALES
136	D.H. NAPO	CUYABENO
137	D.H. NAPO	EL CHACO
138	D.H. NAPO	GONZALO PIZARRO

Continuación de Tabla 57.

#	Demarcación hidrográfica	Cantón
139	D.H. NAPO	LA JOYA DE LOS SACHAS
140	D.H. NAPO	LAGO AGRIO
141	D.H. NAPO	LORETO
142	D.H. NAPO	ORELLANA
143	D.H. NAPO	PUTUMAYO
144	D.H. NAPO	QUIJOS
145	D.H. NAPO	SANTA CLARA
146	D.H. NAPO	SHUSHUFINDI
147	D.H. NAPO	SUCUMBIOS
148	D.H. NAPO	TENA
149	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	ATAHUALPA
150	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	BALSAS
151	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	CALVAS
152	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	CATAMAYO
153	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	CELICA
154	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	CHAGUARPAMBA
155	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	ESPINDOLA
156	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	GONZANAMA
157	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	MACARA
158	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	MARCABELI
159	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	OLMEDO LOJA
160	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	PALTAS
161	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	PINDAL
162	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	PIÑAS
163	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	PORTOVELO
164	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	PUYANGO
165	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	QUILANGA
166	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	SOZORANGA
167	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	ZAPOTILLO
168	D.H. PUYANGO-CATAMAYO	ZARUMA
169	D.H. PASTAZA	AMBATO
170	D.H. PASTAZA	BAÑOS DE AGUA SANTA
171	D.H. PASTAZA	CEVALLOS
172	D.H. PASTAZA	CHAMBO
173	D.H. PASTAZA	COLTA
174	D.H. PASTAZA	GUAMOTE
175	D.H. PASTAZA	GUANO
176	D.H. PASTAZA	HUAMBOYA
177	D.H. PASTAZA	LATACUNGA
178	D.H. PASTAZA	MERA
179	D.H. PASTAZA	MOCHA
180	D.H. PASTAZA	PABLO SEXTO
181	D.H. PASTAZA	PALORA
182	D.H. PASTAZA	PASTAZA
183	D.H. PASTAZA	PATATE
184	D.H. PASTAZA	PENIPE
185	D.H. PASTAZA	PUJILI

Continuación de Tabla 57.

#	Demarcación hidrográfica	Cantón
186	D.H. PASTAZA	QUERO
187	D.H. PASTAZA	RIOBAMBA
188	D.H. PASTAZA	SALCEDO
189	D.H. PASTAZA	SAN PEDRO DE PELILEO
190	D.H. PASTAZA	SANTIAGO DE PILLARO
191	D.H. PASTAZA	SAQUISILI
192	D.H. PASTAZA	SIGCHOS
193	D.H. PASTAZA	TISALEO
194	D.H. SANTIAGO	AZOGUES
195	D.H. SANTIAGO	CENTINELA DEL CONDOR
196	D.H. SANTIAGO	CHINCHIPE
197	D.H. SANTIAGO	CHORDELEG
198	D.H. SANTIAGO	CUENCA
199	D.H. SANTIAGO	DELEG
200	D.H. SANTIAGO	EL PAN
201	D.H. SANTIAGO	EL PANGUI
202	D.H. SANTIAGO	GUACHAPALA
203	D.H. SANTIAGO	GUALACEO
204	D.H. SANTIAGO	GUALAQUIZA
205	D.H. SANTIAGO	LIMON INDANZA
206	D.H. SANTIAGO	LOGROÑO
207	D.H. SANTIAGO	LOJA
208	D.H. SANTIAGO	MORONA
209	D.H. SANTIAGO	NANGARITZA
210	D.H. SANTIAGO	PALANDA
211	D.H. SANTIAGO	PAQUISHA
212	D.H. SANTIAGO	PAUTE
213	D.H. SANTIAGO	SAN JUAN BOSCO
214	D.H. SANTIAGO	SANTIAGO
215	D.H. SANTIAGO	SEVILLA DE ORO
216	D.H. SANTIAGO	SIGSIG
217	D.H. SANTIAGO	SUCUA
218	D.H. SANTIAGO	TAISHA
219	D.H. SANTIAGO	TIWINTZA
220	D.H. SANTIAGO	YANTZAZA
221	D.H. SANTIAGO	ZAMORA

Fuente: Secretaria del Agua et al., 2017.

Anexo L. Uso de agua neto según su demarcación hidrográfica.

Tabla 58

Uso de agua neto (NWU) para las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.

#	DEMARCA CIÓN HIDROGR ÁFICA	GWU (l/hr)	NWU _{HH} (l/hr)	NWU _{AG} (l/hr)	NWU _{PS} sin generaci ón de energía (l/hr)	NWU _{PS} en Generación de energía (l/hr)	NWU _{PS} (l/hr)	NWU _{SG} (l/hr)
1	Esmeraldas	10180800	187200	5223600	122400	4644000	4766400	3600
2	Manabí	1303200	1105200	126000	72000	0	72000	0
3	Mira	12978000	111600	9795600	32400	3031200	3063600	7200
4	Guayas	20282400	21600	18543600	1717200	0	1717200	0
5	Jubones	4824000	68400	4392000	363600	0	363600	0
6	Napo	1.61E+09	7200	0	723600	1608840000	160956360 0	0
7	Puyango- Catamayo	3146400	360000	2786400	0	0	0	0
8	Pastaza	14702400	241200	13831200	316800	302400	619200	1080 0
9	Santiago	39520800	453600	1314000	295200	37458000	37753200	0

Fuente: Elaboración propia.

Anexo M. Tasas metabólicas del agua

Tabla 59

Tasas metabólicas del agua (WMR) en litros por horas de actividad humana (l/hr), para cada uno de los niveles y cada uno de las 9 demarcaciones hidrográficas de Ecuador.

#	DEMARCA CIÓN HIDROGRÁFICA	WMR _{SA} (l/hr)	WMR _{HH} (l/hr)	WMR _{PW} (l/hr)	WMR _{AG} (l/hr)	WMR _{PS} (l/hr)	WMR _{SG} (l/hr)
1	Esmeraldas	0.00033	6.5995E-06	0.00346	0.01511	0.00685	1.95252E-06
2	Manabí	0.00012	0.000105745	0.00026	0.00058	0.00045	0
3	Mira	0.00245	2.28883E-05	0.03132	0.09900	0.02912	3.48353E-05
4	Guayas	0.00045	5.2178E-07	0.00572	0.02562	0.00224	0
5	Jubones	0.00075	1.16189E-05	0.00901	0.02650	0.00368	0
6	Napo	0.43069	2.08577E-06	5.64283	0.00000	28.73193	0
7	Puyango-Catamayo	0.00122	0.000149953	0.01579	0.03721	0.00000	0
8	Pastaza	0.00127	2.3003E-05	0.01364	0.04125	0.00250	2.26013E-05
9	Santiago	0.00398	5.0206E-05	0.00346	0.01511	0.00685	0

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N. Coordenadas geográficas por cantones en Ecuador.

Tabla 60

Coordenada geográfica a_i y b_i (UTM-Zona 18N).

#	Cantones	a_i	b_i
1	24 DE MAYO	571012.308	9846606.56
2	AGUARICO	1044942.3	9900891.54
3	ALAUSI	745134.098	9749228.01
4	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	664940.683	9787939.53
5	AMBATO	757398.02	9860629.71
6	ANTONIO ANTE	812221.353	10037008.1
7	ARAJUNO	955956.193	9858758.94
8	ARCHIDONA	842094.988	9917317.94
9	ARENILLAS	601331.72	9600039.74
10	ATACAMES	626201.896	10086457.2
11	ATAHUALPA	642285.961	9607503.89
12	AZOGUES	747850.713	9708681.29
13	BABA	650935.643	9818244.26
14	BABAHOYO	677016.281	9793383.91
15	BALAO	641057.999	9679910.06
16	BALSAS	628480.853	9582182.04
17	BALZAR	625675.406	9857510.65
18	BAÑOS	803166.418	9849471.84
19	BIBLIAN	724836.095	9702688.35
20	BOLIVAR	607871.88	9896189.56
21	BOLIVAR	841553.5	10053837.5
22	BUENA FE	668293.654	9918187.85
23	CALUMA	699088.184	9823189.75
24	CALVAS	656505.829	9520868.77
25	CAMILO PONCE ENRIQUEZ	643048.833	9664397.44
26	CAÑAR	716676.589	9723388.23
27	CARLOS JULIO AROSEMENA	843572.802	9871323.18
28	CASCALES	919634.969	10016380
29	CATAMAYO	677556.329	9561191.19
30	CAYAMBE	823851.419	10000119.9
31	CELICA	605091.793	9538383.68
32	CENTINELA DEL CONDOR	751202.294	9562804.82
33	CEVALLOS	766107.733	9850989.89
34	CHAGUARPAMBA	647249.429	9574457.26
35	CHAMBO	772246.662	9807646.41
36	CHILLA	652079.351	9620948.58
37	CHILLANES	710440.537	9776205.73
38	CHINCHIPE	706077.502	9465145.5
39	CHONE	626652.266	9957834.32
40	CHORDELEG	751322.852	9671160.91
41	CHUNCHI	731145.628	9743386.45
42	COLIMES	604783.682	9830722.06
43	COLTA	739250.718	9799435.9
44	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	680068.727	9751034.43
45	COTACACHI	773231.131	10035857.7

Continuación Tabla 60.

#	Cantones	a_i	b_i
46	CUENCA	704854.642	9685739.7
47	CUMANDA	711103.963	9756113.33
48	CUYABENO	1063086.89	9976440.87
49	DAULE	615758.83	9791601.02
50	DELEG	729538.267	9694787.16
51	DURAN	636886.95	9754377.63
52	ECHEANDIA	693634.964	9839016.95
53	EL CARMEN	657936.676	9961287.88
54	EL CHACO	875838.064	9976316.19
55	EL EMPALME	653139.493	9892088.56
56	EL GUABO	637155.482	9650573.99
57	EL PAN	760731.826	9687134.89
58	EL PANGUI	766336.142	9599262.3
59	EL TAMBO	731240.78	9724717
60	EL TRIUNFO	676255.207	9745425.74
61	ELOY ALFARO	723046.338	10104281.7
62	ESMERALDAS	656465.846	10089335
63	ESPEJO	828563.61	10078981.5
64	ESPINDOLA	675949.964	9499471.84
65	FLAVIO ALFARO	630010.501	9962053.3
66	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	701950.651	9762472.37
67	GIRON	701672.563	9647519.65
68	GONZALO PIZARRO	877925.96	10010694
69	GONZANAMA	670915.535	9539555.39
70	GUACHAPALA	756622.495	9694596.19
71	GUALACEO	746427.814	9676956.15
72	GUALAQUIZA	761631.375	9629271.87
73	GUAMOTE	760542.264	9774172.91
74	GUANO	763703.617	9829874.24
75	GUARANDA	714692.409	9843732.87
76	GUAYAQUIL	606850.437	9713389.98
77	HUAMBOYA	831580.284	9779188.18
78	HUAQUILLAS	592395.773	9618977.62
79	IBARRA	815458.852	10054289.4
80	ISIDRO AYORA	593426.903	9789163.69
81	JAMA	587371.498	9975266.81
82	JARAMIJO	544265.487	9892741.08
83	JIPIJAPA	546390.389	9834049.95
84	JUNIN	590804.11	9894655.52
85	LA CONCORDIA	673422.426	9995572.71
86	LA JOYA DE LOS SACHAS	959502.71	9972043.35
87	LA MANA	706639.681	9907474.36
88	LA TRONCAL	680023.694	9729944.09
89	LAGO AGRIO	975819.249	10012537.6
90	LAS LAJAS	602675.258	9579859.94
91	LAS NAVES	689333.25	9857031.21
92	LATACUNGA	759758.614	9910752.56

Continuación Tabla 60.

#	Cantones	a _i	b _i
93	LIBERTAD	512674.81	9751514.48
94	LIMON INDANZA	790462.893	9664624.24
95	LOGROÑO	823571.286	9701925.7
96	LOJA	690641.888	9553005.03
97	LOMAS DE SARGENTILLO	602737.905	9796883.02
98	LORETO	903036.073	9927345.51
99	MACARA	619453.424	9520831.6
100	MACHALA	615220.398	9633575.18
101	MANTA	515260.877	9879300.22
102	MARCABELI	619401.515	9581540.98
103	MEJIA	761627.461	9947721.49
104	MERA	829984.694	9841228.89
105	MILAGRO	661017.949	9764520.2
106	MIRA	813493.886	10079500.1
107	MOCACHE	659379.047	9868035.45
108	MOCHA	757771.164	9843202.02
109	MONTALVO	685719.563	9800502.44
110	MONTECRISTI	537125.837	9875206.55
111	MONTUFAR	855089.001	10064909.9
112	MORONA	822203.306	9737131.39
113	MUISNE	616362.108	10061888.9
114	NABON	708113.411	9632381.88
115	NANGARITZA	750205.224	9528941.12
116	NARANJAL	660012.694	9721404.13
117	MONTALVO	679823.603	9764037.41
118	MONTECRISTI	607123.114	9785068.37
119	MONTUFAR	656243.183	9565005.82
120	MORONA	587676.199	9851016.94
113	MUISNE	705982.772	9616357.28
114	NABON	967512.372	9919875.11
115	NANGARITZA	791962.996	10026829
116	NARANJAL	806624.326	9794899.06
117	NARANJITO	566374.677	9812391.77
118	NOBOL	710335.145	9492714.34
119	OLMEDO	639307.972	9853444.96
120	OLMEDO	621932.082	9820060.06
121	OÑA	729984.385	9776987.18
122	ORELLANA	815404.465	9817716.85
123	OTAVALO	635362.567	9557303.88
124	PABLO VI	708196.982	9877592.18
125	PAJAN	790462.893	9664624.24
126	PALANDA	823571.286	9701925.7
127	PALENQUE	690641.888	9553005.03
128	PALESTINA	602737.905	9796883.02
129	PALLATANGA	903036.073	9927345.51
130	PALORA	619453.424	9520831.6
131	PALTAS	615220.398	9633575.18

Continuación Tabla 60.

#	Cantones	a_i	b_i
132	PANGUA	515260.877	9879300.22
133	PAQUISHA	766458.088	9562262.82
134	PASAJE	644938.028	9633013.84
135	PASTAZA	922250.585	9823472.84
136	PATATE	783828.361	9858401.29
137	PAUTE	749969.912	9694007.04
138	PEDERNALES	631546.847	10015270.5
139	PEDRO CARBO	579151.638	9796153.76
140	PEDRO MONCAYO	805070.924	10005530.6
141	PEDRO VICENTE MALDONADO	716030.206	10016270.8
142	PENIPE	782991.94	9827187.19
143	PICHINCHA	625182.542	9900406.43
144	PIMAMPIRO	841726.763	10032722.5
145	PINDAL	596623.413	9549115.93
146	PIÑAS	633076.931	9590124.13
147	PLAYAS	563844.79	9715476.75
148	PORTOVELO	663362.151	9586812.9
149	PORTOVIEJO	574744.477	9888401.71
150	PUCARA	661839.592	9647943.41
151	PUEBLOVIEJO	661327.156	9830281.83
152	PUERTO LOPEZ	528271.751	9828516.02
153	PUERTO QUITO	695555.41	10014585.3
154	PUJILI	731378.905	9890966.18
155	PUTUMAYO	1053340.87	10000475.4
156	PUYANGO	601423.255	9559378.17
157	QUERO	764854.334	9840598.63
158	QUEVEDO	670213.37	9883561.34
159	QUIJOS	843418.975	9945913.89
160	QUILANGA	679636.432	9518490.4
161	QUININDE	670728.203	10034186.6
162	QUINSALOMA	682173.501	9875732.12
163	QUITO	774870.167	9990934.77
164	RIOBAMBA	765131.332	9810081.5
165	RIOVERDE	685919.558	10099202.2
166	ROCAFUERTE	567719.139	9900621.1
167	RUMIÑAHUI	784990.99	9955513.09
168	SALCEDO	766068.749	9882432.13
169	SALINAS	509707.276	9749754.83
170	SAMBORONDON	638128.233	9784422.58
171	SAN FERNANDO	694311.169	9652545.9
172	SAN JOSE DE CHIMBO	708498.299	9815841.68
173	SAN JUAN BOSCO	785212.257	9642412.67
174	SAN LORENZO	754535.725	10120599
175	SAN MIGUEL	714482.677	9801628.78
176	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	729631.138	9996937.76
177	SAN MIGUEL DE URCUQUI	804375.012	10057993.8
178	SAN PEDRO DE HUACA	864792.768	10068767.6

Continuación Tabla 60.

#	Cantones	a _i	b _i
179	SAN PEDRO DE PELILEO	774884.386	9849902.88
180	SAN VICENTE	575490.826	9952578.67
181	SANTA ANA	590196.539	9867645.64
182	SANTA CLARA	851225.533	9859489.78
183	SANTA ELENA	544945.085	9766959.23
184	SANTA ISABEL	679715.58	9648324.84
185	SANTA LUCIA	606407.168	9810819.55
186	SANTA ROSA	610929.321	9620295.77
187	SANTIAGO	791879.558	9701299.61
188	SANTIAGO DE PILLARO	780315.025	9876937.78
189	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	696699.125	9970853.68
190	SAQUISILI	752586.298	9908167.18
191	SARAGURO	686957.679	9611552.65
192	SEVILLA DE ORO	1187.14815	#¡DIV/0!
193	SHUSHUFINDI	988535.312	9973574.12
194	SIGCHOS	731508.12	9926593.56
195	SIGSIG	736947.333	9654374.97
196	SIMON BOLIVAR	680496.971	9774498.72
197	SOZORANGA	635900.083	9525421.81
198	SUCRE	578796.355	9942166.58
199	SUCUA	810796.376	9724610.84
200	SUCUMBIOS	875596.344	10046205
201	SUSCAL	715071.535	9727335.54
202	TAISHA	890753.876	9733446.64
203	TENA	878230.509	9893513.22
204	TISALEO	757650.007	9849078.95
205	TIWINTZA	846341.122	9677395.2
206	TOSAGUA	580173.329	9913702.99
207	TULCAN	827244.361	10097475.4
208	URBINA JADO	630985.3	9803400.6
209	URDANETA	680310.207	9826977.96
210	VALENCIA	686435.971	9915036.51
211	VENTANAS	676158.872	9854091.67
212	VINCES	639915.525	9834944.11
213	YACUAMBI	726058.759	9603046.46
214	YAGUACHI	650078.167	9757302.8
215	YANTZAZA	757399.75	9589981.71
216	ZAMORA	721476.076	9561640.73
217	ZAPOTILLO	577605.342	9533839.71
218	ZARUMA	664631.729	9609853.06

Fuente: Elaboración propia a partir de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2007

Anexo O. Contribuciones Relativas del factor q-ésimo al elemento fila i.

Tabla 61

Contribuciones Relativas del factor q-ésimo al elemento fila i.

#	Cantones	Eje 1	Eje 2	Eje 3
1	24 DE MAYO	861.8	138.1	0.12
2	AGUARICO	995.6	3.54	0.89
3	ALAUSI	383.4	609	7.6
4	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	869	130.8	0.17
5	AMBATO	936.3	61.99	1.74
6	ANTONIO ANTE	260.6	736.7	2.71
7	ARAJUNO	995.1	0.02	4.92
8	ARCHIDONA	920.9	76.62	2.48
9	ARENILLAS	939.9	12.44	47.61
10	ATACAMES	955.7	37.8	6.56
11	ATAHUALPA	996	3.81	0.18
12	AZOGUES	999.7	0.11	0.22
13	BABA	343.7	523.1	133.2
14	BABAHOYO	935.7	61.39	2.93
15	BALAO	974.3	25.36	0.32
16	BALSAS	963.3	34.35	2.34
17	BALZAR	186.8	812.7	0.51
18	BAÑOS	986.5	0.2	13.32
19	BIBLIAN	979.4	17.98	2.58
20	BOLIVAR	699.6	293.8	6.54
21	BOLIVAR	905.6	90.73	3.65
22	BUENA FE	868.7	131	0.33
23	CALUMA	989.5	9.78	0.77
24	CALVAS	845.9	154	0.08
25	CAMILO PONCE ENRIQUEZ	30.39	707.2	262.5
26	CAÑAR	989.7	8.88	1.41
27	CARLOS JULIO AROSEMENA	989.9	9.9	0.24
28	CASCALES	841	158.5	0.5
29	CATAMAYO	885.1	104.9	10.01
30	CAYAMBE	953.5	46.51	0.01
31	CELICA	989.4	10.58	0
32	CENTINELA DEL CONDOR	992.4	7.14	0.47
33	CEVALLOS	994	5.39	0.65
34	CHAGUARPAMBA	961.2	38.79	0.01
35	CHAMBO	997.6	1.71	0.69
36	CHILLA	953	46.42	0.56
37	CHILLANES	969.2	30.81	0.03
38	CHINCHIPE	561.8	436.9	1.27
39	CHONE	951.8	47.44	0.76
40	CHORDELEG	979.6	19.6	0.84
41	CHUNCHI	919.3	78.85	1.86
42	COLIMES	178.4	816.9	4.7
43	COLTA	989.7	8.88	1.41
44	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	115.8	884.2	0.04

Continuación Tabla 61.

#	Cantones	Eje 1	Eje 2	Eje 3
45	COTACACHI	637.2	362.7	0.07
46	CUENCA	992.37	5.6	2.02
47	CUMANDA	997.6	1.37	1.01
48	CUYABENO	4.48	826.5	169
49	DAULE	960.1	9.25	30.65
50	DELEG	997.3	2.54	0.19
51	DURAN	994.3	4.8	0.94
52	ECHEANDIA	980.8	19.15	0.07
53	EL CARMEN	305.4	692.9	1.71
54	EL CHACO	992.6	6.92	0.45
55	EL EMPALME	68.5	931.3	0.17
56	EL GUABO	612.6	316	71.4
57	EL PAN	994.8	5.22	0
58	EL PANGUI	996.7	3.17	0.11
59	EL PIEDRERO	929.1	70.25	0.65
60	EL TAMBO	971.2	21.32	7.51
61	EL TRIUNFO	65.15	761.3	173.6
62	ELOY ALFARO	656.1	334.7	9.26
63	ESMERALDAS	964.5	35.46	0.09
64	ESPEJO	996.6	0.97	2.47
65	ESPINDOLA	979.3	19.32	1.4
66	FLAVIO ALFARO	12.51	194	793.5
67	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	978.8	19.27	1.93
68	GIRON	974.5	24.89	0.62
69	GONZALO PIZARRO	70.86	920.8	8.39
70	GONZANAMA	982.4	16.43	1.21
71	GUACHAPALA	994.9	5.13	0.01
72	GUALACEO	404.3	595.7	0.01
73	GUALAQUIZA	956.9	43.08	0.06
74	GUAMOTE	238	736.7	25.28
75	GUANO	257.4	741.8	0.84
76	GUARANDA	567.3	410.4	22.3
77	GUAYAQUIL	998.97	0.97	0.06
78	HUAMBOYA	986.2	11.3	2.52
79	HUAQUILLAS	22.47	965.9	11.62
80	IBARRA	943.6	53.45	2.98
81	ISABELA	840.6	146.9	12.52
82	ISIDRO AYORA	992.9	6.99	0.08
83	JAMA	950	50.03	0
84	JARAMIJO	0.05	987.5	12.47
85	JIPIJAPA	7	992.9	0.09
86	JUNIN	888	60.45	51.57
87	LA CONCORDIA	374.8	563.6	61.54
88	LA JOYA DE LOS SACHAS	64.58	565.2	370.3
89	LA MANA	459.6	538.8	1.55
90	LA TRONCAL	573.7	275.6	150.7
91	LAGO AGRIO	723.2	65.95	210.9

Continuación Tabla 61.

#	Cantones	Eje 1	Eje 2	Eje 3
92	LAS GOLONDRINAS	935.2	64.1	0.69
93	LAS LAJAS	997.3	2.72	0
94	LAS NAVES	999.4	0.29	0.27
95	LATACUNGA	994.3	5.21	0.54
96	LIBERTAD	907.6	88.08	4.28
97	LIMON INDANZA	992.8	6.85	0.4
98	LOGROÑO	996.1	2.63	1.24
99	LOJA	904.7	89.74	5.55
100	LOMAS DE SARGENTILLO	978.4	18.03	3.59
101	LORETO	0.01	998.8	1.23
102	MACARA	953.5	46.47	0
103	MACHALA	973.5	25.22	1.28
104	MANGA DEL CURA	939.3	50.72	10.03
105	MANTA	999.4	0.01	0.58
106	MARCABELI	998.1	1.84	0.01
107	MEJIA	979.6	20.19	0.26
108	MERA	981.2	16.85	1.92
109	MILAGRO	898.6	100.1	1.34
110	MIRA	989.1	10.75	0.17
111	MOCACHE	421.2	482	96.79
112	MOCHA	982.1	17.22	0.65
113	MONTALVO	254.9	734	11.08
114	MONTECRISTI	753.6	224.5	21.94
115	MONTUFAR	814.1	184.8	1.08
116	MORONA	429.4	528.7	41.94
117	MUISNE	965.1	34.82	0.1
118	NABON	932	67.94	0.02
119	NANGARITZA	994.6	4.77	0.6
120	NARANJAL	782.3	213.3	4.42
113	MONTALVO	508.7	489	2.37
114	MONTECRISTI	804.6	130.6	64.77
115	MONTUFAR	993.3	3.33	3.41
116	MORONA	990.5	9.45	0.07
117	MUISNE	996.1	3.36	0.58
118	NABON	331.6	364.8	303.7
119	NANGARITZA	733.5	247.3	19.27
120	NARANJAL	995.6	1.29	3.09
121	NARANJITO	747.1	250.7	2.18
122	NOBOL	988.8	10.82	0.39
123	OLMEDO	937.3	52.69	10.01
124	OLMEDO	996.3	3.18	0.49
125	OÑA	979.6	20.19	0.26
126	ORELLANA	981.2	16.85	1.92
127	OTAVALO	898.6	100.1	1.34
128	PABLO VI	989.1	10.75	0.17
129	PAJAN	421.2	482	96.79
130	PALANDA	982.1	17.22	0.65

Continuación Tabla 61.

#	Cantones	Eje 1	Eje 2	Eje 3
131	PALENQUE	254.9	734	11.08
132	PALESTINA	753.6	224.5	21.94
133	PALLATANGA	966.8	33.11	0.05
134	PALORA	994.9	4.27	0.8
135	PALTAS	897.4	102.2	0.41
136	PANGUA	880.2	118.8	1
137	PAQUISHA	999.2	0.76	0.01
138	PASAJE	785	209.8	5.21
139	PASTAZA	416	41.13	542.9
140	PATATE	956.1	43.87	0.07
141	PAUTE	902	97.81	0.25
142	PEDERNALES	41.92	163.4	794.7
143	PEDRO CARBO	74.46	903.9	21.6
144	PEDRO MONCAYO	721.3	271.2	7.6
145	PEDRO VICENTE MALDONADO	987.1	12.08	0.8
146	PENIPE	995	4.44	0.59
147	PICHINCHA	891.1	104.7	4.21
148	PIMAMPIRO	953.3	46.54	0.14
149	PINDAL	982.9	16.93	0.13
150	PIÑAS	994.4	4.72	0.84
151	PLAYAS	734.6	228.4	37.01
152	PORTOVELO	10.21	893.1	96.72
153	PORTOVIEJO	918.6	78.82	2.57
154	PUCARA	996.9	2.18	0.88
155	PUEBLOVIEJO	1.06	987.9	11.07
156	PUERTO LOPEZ	946.2	53.04	0.73
157	PUERTO QUITO	968.3	28.1	3.62
158	PUJILI	45.65	947.8	6.5
159	PUTUMAYO	69.12	529.1	401.8
160	PUYANGO	960	39.82	0.21
161	QUERO	869.9	130.1	0.02
162	QUEVEDO	924	75.04	0.93
163	QUIJOS	457.4	515	27.58
164	QUILANGA	995.7	3.59	0.68
165	QUININDE	879.9	105	15.17
166	QUINSALOMA	994.6	4.12	1.33
167	QUITO	989.92	9.36	0.72
168	RIOBAMBA	941.4	57.18	1.44
169	RIOVERDE	941.9	52.58	5.53
170	ROCAFUERTE	19.91	872.6	107.5
171	RUMIÑAHUI	639	318.7	42.24
172	SALCEDO	180.4	800.2	19.49
173	SALINAS	821.5	160.9	17.59
174	SAMBORONDON	875.3	66.78	57.88
175	SAN CRISTOBAL	7.78	984.1	8.12
176	SAN FERNANDO	992.3	7.58	0.1
177	SAN JOSE DE CHIMBO	942.3	57.13	0.53

Continuación Tabla 61.

#	Cantones	Eje 1	Eje 2	Eje 3
178	SAN JUAN BOSCO	997.7	1.8	0.47
179	SAN LORENZO	489.3	510.5	0.26
180	SAN MIGUEL	845.1	154.6	0.26
181	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	960.6	37.34	2.08
182	SAN MIGUEL DE URCUQUI	984.1	15.08	0.82
183	SAN PEDRO DE HUACA	994.6	5.19	0.26
184	SAN PEDRO DE PELILEO	206.8	792.1	1.12
185	SAN VICENTE	950.8	48.73	0.44
186	SANTA ANA	135.5	864.5	0.02
187	SANTA CLARA	990.8	7.28	1.88
188	SANTA CRUZ	106.6	878	15.46
189	SANTA ELENA	966.1	33.83	0.1
190	SANTA ISABEL	952.8	44.89	2.34
191	SANTA LUCIA	737.7	256.2	6.09
192	SANTA ROSA	883.7	115.5	0.8
193	SANTIAGO	994	5.91	0.06
194	SANTIAGO DE PILLARO	459.4	540.2	0.43
195	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	931.1	68.71	0.24
196	SAQUISILI	833.6	165.8	0.63
197	SARAGURO	795.5	200.4	4.04
198	SEVILLA DE ORO	639.3	182.5	178.2
199	SHUSHUFINDI	103.2	551.9	345
200	SIGCHOS	870.2	129.2	0.53
201	SIGSIG	782.4	217.5	0.04
202	SIMON BOLIVAR	17.46	981.5	1.06
203	SOZORANGA	985.6	13.88	0.54
204	SUCRE	0.04	989.3	10.69
205	SUCUA	989.2	9.67	1.14
206	SUCUMBIOS	988.1	11.86	0
207	SUSCAL	996.7	3.23	0.04
208	TAISHA	951.8	44.87	3.38
209	TENA	215.5	761.4	23.12
210	TISALEO	936.8	62.6	0.56
211	TIWINTZA	976.2	23.8	0
212	TOSAGUA	316.9	665.4	17.77
213	TULCAN	658.9	318.6	22.55
214	URBINA JADO	173.3	826.6	0.1
215	URDANETA	144.4	854.5	1.09
216	VALENCIA	57.24	635.8	307
217	VENTANAS	365.2	628	6.8
218	VINCES	137.2	858.4	4.36
219	YACUAMBI	989.7	10.03	0.23
220	YAGUACHI	18.77	935.5	45.74
221	YANTZAZA	987.7	9.95	2.39
222	ZAMORA	999.4	0.42	0.22
223	ZAPOTILLO	979.8	20.1	0.06
224	ZARUMA	999.3	0.56	0.15

Fuente: Elaboración propia.

Anexo P: Ángulos entre variables

Anexo P. Ángulos entre variables.
 Tabla 62. Ángulos entre variables.

	THA	HAAG	HAps	HASG	HApw	HAHH	TET	ETHH	ETpw	ETSG	ETAG	ETps	EMR _{SA}	EMR _{HH}	EMR _{SG}	EMR _{AG}	EMR _{PS}	EMR _{PW}	GDP	GDP _{SG}	GDP _{PS}	GDP _{AG}	ELP _{PW}	ELP _{SG}	ELP _{PS}	ELP _{AG}
THA	0	7.59	2.6	1.67	0.4	0.04	44.51	64	29.72	38.45	1.17	22.29	85.91	92.44	88.85	24.86	73.36	76.93	42.58	3.49	72.55	3.21	92.7	66.35	95.57	51.8
HAAG	7.59	0	10.19	9.26	7.99	7.55	52.1	71.59	37.31	46.04	8.76	29.88	93.5	100.03	96.44	32.45	80.95	84.52	50.17	11.08	80.14	10.8	100.29	73.94	103.16	59.39
HAps	2.6	10.19	0	0.94	2.2	2.64	41.91	61.4	27.11	35.85	1.43	19.69	83.31	89.84	86.25	22.26	70.75	74.33	39.98	0.89	69.95	0.61	90.09	63.75	92.97	49.2
HASG	1.67	9.26	0.94	0	1.27	1.7	42.84	62.33	28.05	36.79	0.49	20.63	84.25	90.78	87.18	23.2	71.69	75.27	40.91	1.82	70.89	1.55	91.03	64.68	93.91	50.13
HApw	0.4	7.99	2.2	1.27	0	0.44	44.11	63.6	29.32	38.05	0.77	21.9	85.51	92.04	88.45	24.46	72.96	76.54	42.18	3.09	72.16	2.82	92.3	65.95	95.17	51.4
HAHH	0.04	7.55	2.64	1.7	0.44	0	44.55	64.04	29.75	38.49	1.21	22.33	85.95	92.48	88.89	24.9	73.39	76.97	42.61	3.53	72.59	3.25	92.73	66.39	95.61	51.84
TET	44.51	52.1	41.91	42.84	44.11	44.55	0	19.49	14.79	6.06	43.34	22.22	41.4	47.93	44.34	19.65	28.85	32.42	1.93	41.02	28.04	41.3	48.19	21.84	51.06	7.29
ETHH	64	71.59	61.4	62.33	63.6	64.04	19.49	0	34.28	25.55	62.83	41.71	21.91	28.44	24.85	39.14	9.36	12.94	21.42	60.51	8.55	60.78	28.7	2.35	31.57	12.2
ETpw	29.72	37.31	27.11	28.05	29.32	29.75	14.79	34.28	0	8.74	28.54	7.42	56.2	62.73	59.13	4.85	43.64	47.22	12.86	26.22	42.84	26.5	62.98	36.63	65.86	22.08
ETSG	38.45	46.04	35.85	36.79	38.05	38.49	6.06	25.55	8.74	0	37.28	16.16	47.46	53.99	50.4	13.59	34.9	38.48	4.13	34.96	34.1	35.24	54.24	27.9	57.12	13.35
ETAG	1.17	8.76	1.43	0.49	0.77	1.21	43.34	62.83	28.54	37.28	0	21.12	84.74	91.27	87.68	23.69	72.18	75.76	41.41	2.32	71.38	2.04	91.52	65.18	94.4	50.63
ETps	22.29	29.88	19.69	20.63	21.9	22.33	22.22	41.71	7.42	16.16	21.12	0	63.62	70.15	66.56	2.57	51.06	54.64	20.28	18.8	50.26	19.08	70.4	44.06	73.28	29.5
EMR _{SA}	85.91	93.5	83.31	84.25	85.51	85.95	41.4	21.91	56.2	47.46	84.74	63.62	0	6.53	2.94	61.05	12.56	8.98	43.33	82.42	13.36	82.7	6.78	19.56	9.66	34.11
EMR _{HH}	92.44	100.03	89.84	90.78	92.04	92.48	47.93	28.44	62.73	53.99	91.27	70.15	6.53	0	3.59	67.58	19.09	15.51	49.86	88.95	19.89	89.23	0.25	26.09	3.13	40.64
EMR _{SG}	88.85	96.44	86.25	87.18	88.45	88.89	44.34	24.85	59.13	50.4	87.68	66.56	2.94	3.59	0	63.99	15.49	11.91	46.27	85.36	16.3	85.63	3.85	22.5	6.72	37.05
EMR _{AG}	24.86	32.45	22.26	23.2	24.46	24.9	19.65	39.14	4.85	13.59	23.69	2.57	61.05	67.58	63.99	0	48.49	52.07	17.72	21.37	47.69	21.65	67.84	41.49	70.71	26.94
EMR _{PS}	73.36	80.95	70.75	71.69	72.96	73.39	28.85	9.36	43.64	34.9	72.18	51.06	12.56	19.09	15.49	48.49	0	3.58	30.78	69.87	0.8	70.14	19.34	7.01	22.22	21.56
EMR _{PW}	76.93	84.52	74.33	75.27	76.54	76.97	32.42	12.94	47.22	38.48	75.76	54.64	8.98	15.51	11.91	52.07	3.58	0	34.36	73.44	4.38	73.72	15.76	10.58	18.64	25.14
GDP	42.58	50.17	39.98	40.91	42.18	42.61	1.93	21.42	12.86	4.13	41.41	20.28	43.33	49.86	46.27	17.72	30.78	34.36	0	39.09	29.98	39.36	50.12	23.77	52.99	9.22
GDP _{SG}	3.49	11.08	0.89	1.82	3.09	3.53	41.02	60.51	26.22	34.96	2.32	18.8	82.42	88.95	85.36	21.37	69.87	73.44	39.09	0	69.06	0.28	89.21	62.86	92.08	48.31
GDP _{PS}	72.55	80.14	69.95	70.89	72.16	72.59	28.04	8.55	42.84	34.1	71.38	50.26	13.36	19.89	16.3	47.69	0.8	4.38	29.98	69.06	0	69.34	20.14	6.2	23.02	20.75
GDP _{AG}	3.21	10.8	0.61	1.55	2.82	3.25	41.3	60.78	26.5	35.24	2.04	19.08	82.7	89.23	85.63	21.65	70.14	73.72	39.36	0.28	69.34	0	89.48	63.13	92.36	48.58
ELP _{PW}	92.7	100.29	90.09	91.03	92.3	92.73	48.19	28.7	62.98	54.24	91.52	70.4	6.78	0.25	3.85	67.84	19.34	15.76	50.12	89.21	20.14	89.48	0	26.35	2.88	40.9
ELP _{SG}	66.35	73.94	63.75	64.68	65.95	66.39	21.84	2.35	36.63	27.9	65.18	44.06	19.56	26.09	22.5	41.49	7.01	10.58	23.77	62.86	6.2	63.13	26.35	0	29.22	14.55
ELP _{PS}	95.57	103.16	92.97	93.91	95.17	95.61	51.06	31.57	65.86	57.12	94.4	73.28	9.66	3.13	6.72	70.71	22.22	18.64	52.99	92.08	23.02	92.36	2.88	29.22	0	43.77
ELP _{AG}	51.8	59.39	49.2	50.13	51.4	51.84	7.29	12.2	22.08	13.35	50.63	29.5	34.11	40.64	37.05	26.94	21.56	25.14	9.22	48.31	20.75	48.58	40.9	14.55	43.77	0

Anexo Q. Cantones que componen el clúster 1.

Tabla 63

Cantones que componen el clúster 1.

#	Cantones	Provincia	Región
1	AMBATO	TUNGURAHUA	SIERRA
2	CUENCA	AZUAY	SIERRA
3	DURAN	GUAYAS	COSTA
4	ESMERALDAS	ESMERALDAS	COSTA
5	GUAYAQUIL	GUAYAS	COSTA
6	LATACUNGA	COTOPAXI	SIERRA
7	LOJA	LOJA	SIERRA
8	MACHALA	EL ORO	COSTA
9	MANTA	MANABI	COSTA
10	MILAGRO	GUAYAS	COSTA
11	PORTOVIEJO	MANABI	COSTA
12	QUITO	PICHINCHA	SIERRA
13	RIOBAMBA	CHIMBORAZO	SIERRA
14	RUMIÑAHUI	PICHINCHA	SIERRA
15	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	SANTO DOMINGO	SIERRA

Fuente: Elaboración propia.

Anexo R. Cantones que componen el clúster 2.

Tabla 64

Cantones que componen el clúster 2.

#	Cantones	Provincia	Región
1	24 DE MAYO	MANABI	COSTA
2	AGUARICO	ORELLANA	AMAZONIA
3	ALASI	CHIMBORAZO	SIERRA
4	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	GUAYAS	COSTA
5	ANTONIO ANTE	IMBABURA	SIERRA
6	ARAJUNO	PASTAZA	AMAZONIA
7	ARCHIDONA	NAPO	AMAZONIA
8	ARENILLAS	EL ORO	COSTA
9	ATACAMES	ESMERALDAS	COSTA
10	ATAHUALPA	EL ORO	COSTA
11	AZOGUES	CAÑAR	SIERRA
12	BABA	LOS RIOS	COSTA
13	BABAHOYO	LOS RIOS	COSTA
14	BALAO	GUAYAS	COSTA
15	BALSAS	EL ORO	COSTA
16	BALZAR	GUAYAS	COSTA

Continuación de Tabla 64.

#	Cantones	Provincia	Región
17	BAÑOS	TUNGURAHUA	SIERRA
18	BIBLIAN	CAÑAR	SIERRA
19	BOLIVAR	MANABI	COSTA
20	BOLIVAR	CARCHI	SIERRA
21	BUENA FE	LOS RIOS	COSTA
22	CALUMA	BOLIVAR	SIERRA
23	CALVAS	LOJA	SIERRA
24	CAMILO PONCE ENRIQUEZ	AZUAY	SIERRA
25	CAÑAR	CAÑAR	SIERRA
26	CARLOS JULIO AROSEMENA	NAPO	AMAZONIA
27	CASCALES	SUCUMBIOS	AMAZONIA
28	CATAMAYO	LOJA	SIERRA
29	CAYAMBE	PICHINCHA	SIERRA
30	CELICA	LOJA	SIERRA
31	CENTINELA DEL CONDOR	ZAMORA CHINCHIPE	AMAZONIA
32	CEVALLOS	TUNGURAHUA	SIERRA
33	CHAGUARPAMBA	LOJA	SIERRA
34	CHAMBO	CHIMBORAZO	SIERRA
35	CHILLA	EL ORO	COSTA
36	CHILLANES	BOLIVAR	SIERRA
37	CHINCHIPE	ZAMORA CHINCHIPE	AMAZONIA
38	CHONE	MANABI	COSTA
39	CHORDELEG	AZUAY	SIERRA
40	CHUNCHI	CHIMBORAZO	SIERRA
41	COLIMES	GUAYAS	COSTA
42	COLTA	CHIMBORAZO	SIERRA
43	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	GUAYAS	COSTA
44	COTACACHI	IMBABURA	SIERRA
45	CUMANDA	CHIMBORAZO	SIERRA
46	DAULE	GUAYAS	COSTA
47	DELEG	CAÑAR	SIERRA
48	ECHEANDIA	BOLIVAR	SIERRA
49	EL CARMEN	MANABI	COSTA
50	EL CHACO	NAPO	AMAZONIA
51	EL EMPALME	GUAYAS	COSTA
52	EL GUABO	EL ORO	COSTA
53	EL PAN	AZUAY	SIERRA

Continuación de Tabla 64.

#	Cantones	Provincia	Región
54	EL PANGUI	ZAMORA CHINCHIPE	AMAZONIA
55	EL PIEDRERO	ZONAS NO DELIMITADAS	ZONAS NO DELIMITADAS
56	EL TAMBO	CAÑAR	SIERRA
57	EL TRIUNFO	GUAYAS	COSTA
58	ELOY ALFARO	ESMERALDAS	COSTA
59	ESPEJO	CARCHI	SIERRA
60	ESPINDOLA	LOJA	SIERRA
61	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	GUAYAS	COSTA
62	GIRON	AZUAY	SIERRA
63	GONZALO PIZARRO	SUCUMBIOS	AMAZONIA
64	GONZANAMA	LOJA	SIERRA
65	GUACHAPALA	AZUAY	SIERRA
66	GUALACEO	AZUAY	SIERRA
67	GUALAQUIZA	MORONA SANTIAGO	AMAZONIA
68	GUAMOTE	CHIMBORAZO	SIERRA
69	GUANO	CHIMBORAZO	SIERRA
70	GUARANDA	BOLIVAR	SIERRA
71	HUAMBOYA	MORONA SANTIAGO	AMAZONIA
72	HUAQUILLAS	EL ORO	COSTA
73	IBARRA	IMBABURA	SIERRA
74	ISABELA	GALAPAGOS	GALAPAGOS
75	ISIDRO AYORA	GUAYAS	COSTA
76	JAMA	MANABI	COSTA
77	JARAMIJO	MANABI	COSTA
78	JIPIJAPA	MANABI	COSTA
79	JUNIN	MANABI	COSTA
80	LA CONCORDIA	ESMERALDAS	COSTA
81	LA MANA	COTOPAXI	SIERRA
82	LA TRONCAL	CAÑAR	SIERRA
83	LAGO AGRIO	SUCUMBIOS	AMAZONIA
84	LAS GOLONDRINAS	ZONAS NO DELIMITADAS	ZONAS NO DELIMITADAS
85	LAS LAJAS	EL ORO	COSTA
86	LAS NAVES	BOLIVAR	SIERRA
87	LIBERTAD	SANTA ELENA	COSTA
88	LIMON INDANZA	MORONA SANTIAGO	AMAZONIA

Continuación de Tabla 64.

#	Cantones	Provincia	Región
89	LOGROÑO	MORONA SANTIAGO	AMAZONIA
90	LOMAS DE SARGENTILLO	GUAYAS	COSTA
91	LORETO	ORELLANA	AMAZONIA
92	MACARA	LOJA	SIERRA
93	MANGA DEL CURA	ZONAS NO DELIMITADAS	ZONAS NO DELIMITADAS
94	MARCABELI	EL ORO	COSTA
95	MEJIA	PICHINCHA	SIERRA
96	MERA	PASTAZA	AMAZONIA
97	MIRA	CARCHI	SIERRA
98	MOCACHE	LOS RIOS	COSTA
99	MOCHA	TUNGURAHUA	SIERRA
100	MONTALVO	LOS RIOS	COSTA
101	MONTECRISTI	MANABI	COSTA
102	MONTUFAR	CARCHI	SIERRA
103	MORONA	MORONA SANTIAGO	AMAZONIA
104	MUISNE	ESMERALDAS	COSTA
105	NABON	AZUAY	SIERRA
106	NANGARITZA	ZAMORA CHINCHIPE	AMAZONIA
107	NARANJAL	GUAYAS	COSTA
108	NARANJITO	GUAYAS	COSTA
109	NOBOL	GUAYAS	COSTA
110	OLMEDO	LOJA	SIERRA
111	OLMEDO	MANABI	COSTA
112	OÑA	AZUAY	SIERRA
113	ORELLANA	ORELLANA	AMAZONIA
114	OTAVALO	IMBABURA	SIERRA
115	PABLO VI	MORONA SANTIAGO	AMAZONIA
116	PAJAN	MANABI	COSTA
117	PALANDA	ZAMORA CHINCHIPE	AMAZONIA
118	PALENQUE	LOS RIOS	COSTA
119	PALESTINA	GUAYAS	COSTA
120	PALLATANGA	CHIMBORAZO	SIERRA
121	PALORA	MORONA SANTIAGO	AMAZONIA
122	PALTAS	LOJA	SIERRA
123	PANGUA	COTOPAXI	SIERRA

Continuación de Tabla 64.

#	Cantones	Provincia	Región
124	PAQUISHA	ZAMORA CHINCHIPE	AMAZONIA
125	PASAJE	EL ORO	COSTA
126	PASTAZA	PASTAZA	AMAZONIA
127	PATATE	TUNGURAHUA	SIERRA
128	PAUTE	AZUAY	SIERRA
129	PEDRO CARBO	GUAYAS	COSTA
130	PEDRO MONCAYO	PICHINCHA	SIERRA
131	PEDRO VICENTE MALDONADO	PICHINCHA	SIERRA
132	PENIPE	CHIMBORAZO	SIERRA
133	PICHINCHA	MANABI	COSTA
134	PIMAMPIRO	IMBABURA	SIERRA
135	PINDAL	LOJA	SIERRA
136	PIÑAS	EL ORO	COSTA
137	PLAYAS	GUAYAS	COSTA
138	PORTOVELO	EL ORO	COSTA
139	PUCARA	AZUAY	SIERRA
140	PUEBLOVIEJO	LOS RIOS	COSTA
141	PUERTO LOPEZ	MANABI	COSTA
142	PUERTO QUITO	PICHINCHA	SIERRA
143	PUJILI	COTOPAXI	SIERRA
144	PUTUMAYO	SUCUMBIOS	AMAZONIA
145	PUYANGO	LOJA	SIERRA
146	QUERO	TUNGURAHUA	SIERRA
147	QUEVEDO	LOS RIOS	COSTA
148	QUIJOS	NAPO	AMAZONIA
149	QUILANGA	LOJA	SIERRA
150	QUININDE	ESMERALDAS	COSTA
151	QUINSALOMA	LOS RIOS	COSTA
152	RIOVERDE	ESMERALDAS	COSTA
153	ROCAFUERTE	MANABI	COSTA
154	SALCEDO	COTOPAXI	SIERRA
155	SALINAS	SANTA ELENA	COSTA
156	SAMBORONDON	GUAYAS	COSTA
157	SAN CRISTOBAL	GALAPAGOS	GALAPAGOS
158	SAN FERNANDO	AZUAY	SIERRA
159	SAN JOSE DE CHIMBO	BOLIVAR	SIERRA
160	SAN JUAN BOSCO	MORONA SANTIAGO	AMAZONIA
161	SAN LORENZO	ESMERALDAS	COSTA
162	SAN MIGUEL	BOLIVAR	SIERRA

Continuación de Tabla 64.

#	Cantones	Provincia	Región
163	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	PICHINCHA	SIERRA
164	SAN MIGUEL DE URCUQUI	IMBABURA	SIERRA
165	SAN PEDRO DE HUACA	CARCHI	SIERRA
166	SAN PEDRO DE PELILEO	TUNGURAHUA	SIERRA
167	SAN VICENTE	MANABI	COSTA
168	SANTA ANA	MANABI	COSTA
169	SANTA CLARA	PASTAZA	AMAZONIA
170	SANTA CRUZ	GALAPAGOS	GALAPAGOS
171	SANTA ELENA	SANTA ELENA	COSTA
172	SANTA ISABEL	AZUAY	SIERRA
173	SANTA LUCIA	GUAYAS	COSTA
174	SANTA ROSA	EL ORO	COSTA
175	SANTIAGO	MORONA SANTIAGO	AMAZONIA
176	SANTIAGO DE PILLARO	TUNGURAHUA	SIERRA
177	SAQUISILI	COTOPAXI	SIERRA
178	SARAGURO	LOJA	SIERRA
179	SEVILLA DE ORO	AZUAY	SIERRA
180	SHUSHUFINDI	SUCUMBIOS	AMAZONIA
181	SIGCHOS	COTOPAXI	SIERRA
182	SIGSIG	AZUAY	SIERRA
183	SIMON BOLIVAR	GUAYAS	COSTA
184	SOZORANGA	LOJA	SIERRA
185	SUCRE	MANABI	COSTA
186	SUCUA	MORONA SANTIAGO	AMAZONIA
187	SUCUMBIOS	SUCUMBIOS	AMAZONIA
188	SUSCAL	CAÑAR	SIERRA
189	TAISHA	MORONA SANTIAGO	AMAZONIA
190	TENA	NAPO	AMAZONIA
191	TISALEO	TUNGURAHUA	SIERRA
192	TIWINTZA	MORONA SANTIAGO	AMAZONIA
193	TOSAGUA	MANABI	COSTA
194	TULCAN	CARCHI	SIERRA
195	URBINA JADO	GUAYAS	COSTA
196	URDANETA	LOS RIOS	COSTA
197	VALENCIA	LOS RIOS	COSTA
198	VENTANAS	LOS RIOS	COSTA
199	VINCES	LOS RIOS	COSTA

Continuación de Tabla 64.

#	Cantones	Provincia	Región
200	YACUAMBI	ZAMORA CHINCHIPE	AMAZONIA
201	YAGUACHI	GUAYAS	COSTA
202	YANTZAZA	ZAMORA CHINCHIPE	AMAZONIA
203	ZAMORA	ZAMORA CHINCHIPE	AMAZONIA
204	ZAPOTILLO	LOJA	SIERRA
205	ZARUMA	EL ORO	COSTA

Fuente: Elaboración propia.

Anexo S. Cantones que componen el clúster 3.

Tabla 65

Cantones que componen el clúster 3.

#	Cantones	Provincia	Región
1	CUYABENO	SUCUMBIOS	AMAZONIA
2	FLAVIO ALFARO	MANABI	COSTA
3	LA JOYA DE LOS SACHAS	ORELLANA	AMAZONIA
4	PEDERNALES	MANABI	COSTA

Fuente: Elaboración propia.

Anexo T: Cargas del PCA

Anexo T. Cargas del PCA global.
Tabla 66. Cargas del PCA global.

Variable	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Comp. 5	Comp. 6	Comp. 7	Comp. 8	Comp. 9	Comp. 10	Comp. 11	Comp. 12	Comp. 13	Comp. 14	Comp. 15	Comp. 16	Comp. 17	Comp. 18	Comp. 19	Comp. 20	Comp. 21	Comp. 22	Comp. 23	Comp. 24	Comp. 25	Comp. 26
THA	0.2524	0.0586	0.0202	0.0020	0.0092	0.0005	0.0346	0.0009	0.0941	0.0229	-0.0503	-0.0585	0.0936	0.0053	0.0209	0.1517	0.0012	-0.0091	-0.1052	0.2476	-0.3903	-0.2682	0.1968	0.0001	-0.3740	0.0000
HA _{AG}	0.1918	0.0610	0.0227	0.0544	0.1560	0.2108	0.1072	0.4987	0.0711	0.5696	-0.1983	0.2138	0.2480	0.3276	0.0863	-0.0703	0.0203	-0.0457	0.0435	-0.1241	0.0893	0.0276	-0.0197	0.0000	0.0022	0.0366
HA _{PS}	0.2495	0.0619	0.0246	0.0203	0.0048	0.0540	0.0918	0.0502	0.1422	-0.0401	-0.0746	-0.0453	-0.0041	-0.0594	0.0402	0.1669	0.1256	-0.1629	-0.1053	0.5295	0.6890	-0.0615	0.0136	0.0000	0.0093	0.1570
HA _{SG}	0.2499	0.0623	0.0228	0.0195	0.0045	0.0257	0.0742	0.0532	0.1609	-0.0405	-0.0982	-0.0720	0.0358	-0.1082	-0.0064	0.1808	-0.0149	-0.0295	0.0284	-0.0206	-0.3140	0.5676	-0.3184	-0.0002	0.0247	0.4168
HA _{FW}	0.2504	0.0632	0.0237	0.0155	0.0051	0.0448	0.0690	0.0197	0.1532	-0.0040	-0.0998	-0.0488	0.0389	-0.0707	0.0113	0.1649	0.0237	-0.0659	-0.0052	0.1166	-0.0324	0.3797	-0.2187	-0.0001	-0.0004	-0.6004
HA _{MI}	0.2525	0.0581	0.0199	0.0006	0.0096	0.0041	0.0310	0.0011	0.0879	0.0256	-0.0452	-0.0595	0.0993	0.0132	0.0219	0.1502	-0.0012	-0.0032	-0.1155	0.2611	-0.4274	-0.3354	0.2399	0.0001	0.3389	0.0000
TET	0.2442	0.0295	0.1394	0.0207	0.0407	0.1328	0.0266	0.0635	0.0092	-0.0101	0.1451	0.0927	0.0075	0.1147	-0.2414	-0.1288	0.0202	-0.0638	0.0146	-0.0354	0.0169	-0.0003	-0.0127	0.0000	0.2217	0.5533
ET _{MI}	0.1994	0.0429	0.3596	0.1283	0.0702	0.0279	0.0073	0.0240	0.0898	-0.0368	0.0165	-0.1588	0.1423	0.1087	-0.6842	-0.3454	0.1433	0.0255	-0.0077	0.0146	0.0158	0.0143	0.0060	0.0000	-0.0910	-0.2271
ET _{FW}	0.2446	0.0180	0.0123	0.0481	0.1047	0.1828	0.0356	0.0808	0.0694	0.0076	0.2084	0.2378	-0.0767	0.1056	0.0594	0.0195	-0.0582	-0.1119	0.0268	-0.0623	0.0157	-0.0092	-0.0228	0.0000	-0.7377	0.0678
ET _{SG}	0.2350	0.0550	0.0157	0.0270	0.2125	0.1442	0.0149	0.0294	0.0361	-0.0154	-0.0147	0.6413	-0.1539	-0.1386	-0.1108	-0.0938	-0.4224	-0.1545	-0.0771	0.0307	-0.0043	-0.0402	-0.0542	0.0000	0.2692	-0.1984
ET _{AG}	0.2384	0.0316	0.0116	0.0404	0.0172	0.2423	0.1187	0.0540	0.1290	0.0004	0.2203	-0.1547	0.1884	0.2614	0.0586	0.2137	-0.3255	0.6763	-0.0096	-0.0087	0.1817	0.0683	0.0030	0.0000	0.0915	-0.0674
ET _{PS}	0.2383	0.0052	0.0079	0.0700	0.0121	0.1887	0.0246	0.1400	0.0781	0.0344	0.4291	-0.0726	-0.0848	0.3042	0.2390	0.0691	0.4383	-0.3469	0.1505	-0.1778	-0.0250	-0.0035	0.0034	0.0000	0.2491	-0.1835
EMR _{SA}	0.0268	0.2745	0.5587	0.1197	0.0041	0.0537	0.0323	0.0358	0.0504	0.0256	-0.0405	0.1227	-0.0880	-0.0848	0.2150	0.1491	0.0348	0.0428	-0.0175	-0.0221	0.0225	0.3543	0.5993	0.0000	0.0000	0.0000
EMR _{MI}	0.0137	0.1385	0.5980	0.2000	0.1199	0.0362	0.0334	0.0476	0.0262	-0.0259	-0.0041	-0.0539	-0.0145	-0.0185	0.2851	0.1029	-0.1295	-0.0398	0.0181	0.0207	-0.0329	-0.3448	-0.5728	0.0000	0.0000	0.0000
EMR _{SG}	0.0123	0.3762	0.0932	0.0650	0.5347	0.0424	0.0946	0.4232	0.2594	-0.1057	0.1542	-0.3639	0.0726	0.0708	0.0867	-0.1375	-0.2500	-0.1851	-0.0035	-0.0054	0.0162	0.0174	0.0297	0.0000	0.0000	0.0000
EMR _{AG}	0.1960	0.0661	0.0117	0.1084	0.1402	0.2340	0.0726	0.0124	0.6629	-0.0748	-0.5414	-0.2421	0.1458	-0.0319	0.0416	-0.0629	0.0086	-0.1930	0.0307	-0.0417	0.0250	0.0101	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000
EMR _{PS}	0.0237	0.2944	0.0290	0.4486	0.1875	0.1957	0.2145	0.4283	0.0107	0.4100	0.0954	-0.2506	0.0016	-0.0308	-0.0190	-0.0949	-0.3568	-0.1679	-0.0351	0.0024	0.0180	0.0060	0.0149	0.0000	0.0000	0.0000
EMR _{FW}	0.0380	0.4742	0.0418	0.2434	0.3228	0.0638	0.2159	0.0147	0.0266	0.1461	-0.1017	0.2077	-0.0535	-0.0832	-0.0986	0.1170	0.4830	0.3960	0.0466	0.0380	-0.0391	-0.1182	-0.1991	0.0000	0.0000	0.0000
GDP	0.2467	0.0012	0.0684	0.0902	0.0557	0.0130	0.0484	0.0869	0.1807	-0.0416	-0.1110	-0.0483	0.0076	-0.2148	0.1237	-0.1222	0.0174	0.0866	0.0898	-0.3052	0.0939	-0.1295	0.0685	0.8052	0.0000	0.0000
GDP _{SG}	0.2445	0.0647	0.0235	0.0368	0.0148	0.0575	0.0842	0.0862	0.2552	-0.0707	-0.1861	-0.0705	0.0116	-0.2197	-0.0532	0.2058	-0.0559	0.0056	0.3019	-0.5156	0.1644	-0.2413	0.1228	-0.5022	0.0000	0.0000
GDP _{PS}	0.2244	0.0996	0.1363	0.2001	0.1448	0.0487	0.0371	0.1243	0.0610	-0.0045	-0.0107	0.0076	0.0343	-0.1462	0.4132	-0.6459	0.1281	0.2093	-0.2507	0.0382	-0.0221	0.0537	-0.0191	-0.3136	0.0000	0.0000
GDP _{AG}	0.1679	0.0671	0.0157	0.2639	0.2118	0.0973	0.4609	0.3786	0.0553	0.1051	0.2289	-0.1793	-0.3208	-0.5169	-0.0985	0.0221	0.0579	0.0412	-0.0207	0.0420	-0.0014	-0.0038	-0.0117	-0.0325	0.0000	0.0000
ELPP _W	0.0211	0.4123	0.2620	0.3409	0.2741	0.0032	0.0458	0.0052	0.0761	-0.0283	0.0024	0.0046	-0.0007	0.0856	-0.1722	0.3221	0.0134	-0.1239	-0.5746	-0.2645	0.0539	-0.0219	-0.0328	-0.0001	0.0000	0.0000
ELP _{SG}	0.0491	0.0461	0.0326	0.1644	0.3710	0.4820	0.6777	0.3525	0.0097	0.0739	-0.0018	-0.0248	0.0733	0.0199	0.0174	-0.0032	0.0214	-0.0123	0.0151	0.0227	-0.0104	0.0054	-0.0017	0.0000	0.0000	0.0000
ELP _{PS}	0.0123	0.3700	0.2642	0.4022	0.2869	0.0432	0.0183	0.0186	0.1009	0.0567	0.0171	0.0411	-0.0361	0.0176	-0.0587	0.0023	-0.0978	-0.0085	0.6544	0.2893	-0.0586	0.0182	0.0270	0.0001	0.0000	0.0000
ELP _{AG}	0.0360	0.2778	0.0069	0.4618	0.2973	0.1256	0.2306	0.0496	0.1909	-0.6045	-0.1161	0.1608	0.1942	0.2300	0.0822	-0.0528	-0.0055	-0.0342	0.0715	0.0204	-0.0068	0.0116	0.0108	0.0000	0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración propia.

Anexo U: Matriz de correlación

Anexo U. Matriz de correlación global.

Tabla 67. Matriz de correlación global (Correlaciones inferiores a -0.5 y superiores +0.5 en negrita).

Variable	THA	HA _{AG}	HA _{PS}	HA _{SG}	HA _{FW}	HA _{MU}	TET	ET _{MU}	ET _{FW}	ET _{SG}	ET _{AG}	ET _{PS}	EMR _{SA}	EMR _{MU}	EMR _{SG}	EMR _{AG}	EMR _{PS}	EMR _{FW}	GDP	GDP _{SG}	GDP _{PS}	GDP _{AG}	ELP _{FW}	ELP _{SG}	ELP _{PS}	ELP _{AG}
THA	1	0.764	0.991	0.994	0.996	1.000	0.931	0.754	0.936	0.892	0.923	0.917	0.030	0.002	-0.004	0.724	0.050	0.070	0.972	0.978	0.864	0.621	0.025	0.162	-0.004	0.093
HA _{AG}		1	0.726	0.723	0.752	0.765	0.644	0.542	0.635	0.613	0.642	0.608	0.015	0.007	-0.014	0.500	0.025	0.016	0.695	0.695	0.599	0.702	0.013	0.097	-0.013	0.142
HA _{PS}			1	0.996	0.997	0.990	0.913	0.744	0.915	0.878	0.885	0.896	0.028	-0.002	-0.004	0.685	0.053	0.074	0.976	0.989	0.865	0.558	0.028	0.174	-0.001	0.075
HA _{SG}				1	0.999	0.993	0.918	0.750	0.919	0.883	0.896	0.896	0.027	-0.001	-0.003	0.692	0.048	0.068	0.980	0.993	0.866	0.568	0.026	0.172	-0.003	0.078
HA _{FW}					1	0.995	0.915	0.748	0.916	0.880	0.892	0.893	0.027	0.000	-0.004	0.690	0.048	0.067	0.978	0.991	0.864	0.583	0.026	0.171	-0.003	0.082
HA _{MU}						1	0.932	0.754	0.938	0.893	0.926	0.919	0.030	0.003	-0.004	0.728	0.051	0.070	0.970	0.976	0.863	0.625	0.025	0.161	-0.004	0.094
TET							1	0.887	0.958	0.920	0.931	0.935	0.297	0.249	0.061	0.755	0.085	0.161	0.899	0.892	0.816	0.617	0.033	0.172	0.004	0.110
ET _{MU}								1	0.717	0.680	0.711	0.705	0.596	0.608	-0.010	0.543	0.036	0.043	0.733	0.740	0.651	0.454	0.008	0.137	-0.012	0.058
ET _{FW}									1	0.966	0.963	0.973	0.078	-0.001	0.097	0.801	0.107	0.216	0.902	0.887	0.827	0.649	0.045	0.174	0.014	0.130
ET _{SG}										1	0.885	0.884	0.114	-0.001	0.206	0.788	0.070	0.311	0.869	0.862	0.792	0.585	0.064	0.217	0.031	0.114
ET _{AG}											1	0.958	0.028	0.000	0.002	0.805	0.050	0.077	0.874	0.856	0.802	0.684	0.024	0.143	-0.001	0.117
ET _{PS}												1	0.052	-0.001	0.007	0.751	0.159	0.149	0.877	0.856	0.812	0.655	0.029	0.126	-0.001	0.142
EMR _{SA}													1	0.949	0.194	0.093	0.179	0.297	0.033	0.026	0.039	0.035	0.081	0.049	0.055	0.111
EMR _{MU}														1	-0.014	-0.007	-0.004	-0.013	-0.003	0.000	-0.006	-0.010	-0.016	0.020	-0.015	-0.016
EMR _{SG}															1	0.111	0.014	0.696	0.036	0.000	0.089	0.024	0.363	0.136	0.310	0.089
EMR _{AG}																1	0.119	0.294	0.670	0.646	0.624	0.584	0.055	0.116	0.017	0.166
EMR _{PS}																	1	0.626	0.051	0.038	0.048	0.199	0.089	-0.085	0.010	0.606
EMR _{FW}																		1	0.095	0.062	0.131	0.143	0.326	0.069	0.234	0.449
GDP																			1	0.978	0.943	0.556	0.192	0.195	0.171	0.088
GDP _{SG}																				1	0.856	0.522	0.026	0.194	-0.001	0.068
GDP _{PS}																					1	0.488	0.444	0.182	0.443	0.064
GDP _{AG}																						1	0.051	0.081	-0.014	0.512
ELP _{FW}																							1	0.110	0.982	0.141
ELP _{SG}																								1	0.079	-0.051
ELP _{PS}																									1	0.019
ELP _{AG}																										1

Fuente: Elaboración propia.

Anexo V. Funciones Kernel.

Tabla 68

Función Kernel Bis-square.

Bis-square	
Adaptive bandwidth(number of nearest neighbours)	CV Score
135	3673.181
168	5426.385
117	4010.509
149	3823.368
129	3713.194
141	3705.925
133	3641.534
130	3680.666
133	3641.534

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 69

Función Kernel Box-car.

Box-car	
Adaptive bandwidth(number of nearest neighbours)	CV Score
135	16140.53
85	6668.192
52	3781.495
66	3789.304
46	5526.289
58	3991.281
50	4358.541
55	4078.821
52	3781.495

Fuente: Elaboración propia.