

ARTÍCULOS

Consumos heterogéneos de energía en las tipologías de hogares del sector residencial del Ecuador

Heterogeneous Energy Consumptions in Household Typologies of Ecuador's Residential Sector

Parra-Jácome, Rony Mauricio; Yánez-Jácome, Génesis Belén; Pinto-Arteaga, Gustavo Raúl; Rea-Toapanta, Antonio Ricardo



Rony Mauricio Parra-Jácome



rmparra@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador.
Quito, Ecuador.

Génesis Belén Yánez-Jácome



gbyanez@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador.
Quito, Ecuador.

Gustavo Raúl Pinto-Arteaga



grpinto@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador.
Quito, Ecuador.

Antonio Ricardo Rea-Toapanta



arrea@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador.
Quito, Ecuador.

FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

ISSN-e: 2602-8484

Periodicidad: Semestral

vol. 17, núm. 1, 2024

revista.figempa@uce.edu.ec

Recepción: 11 diciembre 2023

Aprobación: 26 enero 2024

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v17i1.6104>

RESUMEN

Existe un interés creciente por reducir el consumo de energía en los sectores económicos, donde el sector residencial es un consumidor sustancial de energía en las sociedades y por tanto, un foco de atención para las políticas de eficiencia y de generación energética renovable. En Ecuador, el consumo residencial representa un 1/4 del total de electricidad que demanda el sistema socioeconómico. La conformación de los hogares ha cambiado por la dinámica demográfica, mejoras socioeconómicas y los esfuerzos por la justicia social, lo cual impacta en el consumo de electricidad. El objetivo del estudio es analizar la dinámica del consumo de energía en el sector residencial del Ecuador a partir de la construcción de tipologías de hogares bajo la jerarquización de variables demográficas, geográficas, económicas y técnicas utilizando una metodología top-down y bottom-up y la aplicación de MuSIASEM para lo cual se utilizó información estadística de Encuestas y Censos Nacionales, que permitió construir las tipologías de hogares y su patrón de consumo. Los resultados muestran consumos de electricidad heterogéneos en los 4,5 millones de hogares presentes en 2017 divididos jerárquicamente en 240 tipologías. El patrón varía desde los hogares de menor consumo con 50 KWh/mes hasta los de mayor consumo de 350 KWh/mes. Por ejemplo, en la zona urbana la mayor tasa se concentra en los hogares conformados por más de 8 personas con tasas entre 150 a 180 KWh/mes, mientras que en la zona rural los valores oscilan entre 90 a 120 KWh/mes, pero difieren por ubicación geográfica y por su jefatura masculina o femenina. Igualmente, los datos permitieron escalar a niveles agregados donde se muestra que, del total de consumo anual de electricidad de 6,428 GWh, el 54% del consumo se concentró en la región Costa que concentra el 51% del total de hogares del sector residencial del Ecuador.

Palabras claves: Energía; sector residencial; consumo de electricidad; sistema de jerarquías; MuSIASEM

Financiamiento

El financiamiento de este artículo se realizó con los fondos obtenidos del Proyecto de investigación DI -CONV-2021-05 de la Universidad Central del Ecuador.

Autor de correspondencia:

gbyanez@uce.edu.ec



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

Cómo citar: Parra-Jácome, R. M., Yáñez-Jácome, G.B., Pinto-Arteaga, G.R., & Rea-Toapanta, A.R. (2024). Consumos heterogéneos de energía en las tipologías de hogares del sector residencial del Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 17(1), 102-111. <https://doi.org/10.29166/revfig.v17i1.6104>

ABSTRACT

There is a growing interest in reducing energy consumption in the economic sectors, where the residential sector is a substantial consumer of energy in societies and therefore, a focus of attention for efficiency and renewable energy generation policies. In Ecuador, residential consumption represents 1/4 of the total electricity demanded by the socioeconomic system. Household composition has changed due to demographic dynamics, socioeconomic improvements and social justice efforts, which impacts electricity consumption. The aim of this study is to analyze the dynamics of energy consumption in Ecuador's residential sector based on the construction of household typologies under the hierarchy of demographic, geographic, economic and technical variables using a top-down and bottom-up methodology and the application of MuSIASEM for which statistical information from National Surveys and Censuses was used, which allowed the construction of household typologies and their consumption pattern. The results show heterogeneous electricity consumptions in the 4.5 million households in 2017 hierarchically divided into 240 typologies. The pattern varies from the lowest consumption households with 50 KWh/month to the highest consumption of 350 KWh/month. For example, in the urban area the highest rate is concentrated in households made up of more than 8 people with rates between 150 to 180 KWh/month, while in the rural area the values range from 90 to 120 KWh/month but differ by geographic location and male or female headship. Likewise, the data allowed scaling to aggregate levels where it is shown that, of the total annual electricity consumption of 6,428 GWh, 54% of the consumption was concentrated in the coastal region, which concentrates 51% of the total households in the residential sector of Ecuador.

Keywords: Energy; residential sector; electricity consumption; hierarchical system; MuSIASEM

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los usos finales de la energía se distribuyen en los diferentes sectores de la economía determinadas por el nivel de consumo, siendo el transporte y el sector industrial los mayores consumidores, seguidos por el sector residencial que ocupa el tercer lugar con un aproximado del 30% del total de consumo (IEA, 2023). Se evidencia una escalada del sector residencial hacia un mayor consumo de electricidad frente al crecimiento de otros sectores, fenómeno influenciado por el desarrollo de las economías de los países desarrollados y la mejora en la calidad de vida de la sociedad (Zhang, Zhuang y Yang, 2003). Las fuentes de energía, la eficiencia del gasto y consumo, así también como el nivel económico de las familias, moldean los patrones de consumo en el sector residencial, sin dejar de lado las condiciones que se dan debido a la localización de las viviendas y el clima de la zona.

El análisis metabólico de los hogares considera los flujos de entrada y de salida que permiten conocer no solo el consumo de energía, sino las dinámicas de demanda en servicios, generación de desechos, necesidad de materiales, entre otros. De acuerdo a Van den Brom, Meijer y Visscher (2018) la demanda de electricidad en los hogares está influenciada de manera directa por los ingresos económicos, ya que de este depende que un hogar pueda acceder a un servicio y a la infraestructura eléctrica. En el desarrollo de investigaciones, la evaluación de la intensidad energética depende de la concepción y definición de "hogar" y de las variables que se consideren en la categorización, ya que los mismos son los que determinan las tasas de consumo (Pérez-Sánchez, Velasco-Fernández y Giampietro, 2022).

En Latinoamérica, el sector residencial ha experimentado un ascenso en el consumo de electricidad, siendo responsable del 16% del total de energía agregada y del 25 % de electricidad, dado principalmente por el nivel de ingreso de los hogares, variable que infiere de manera directa en la tasa de consumo (Jiménez Morí y Yépez-García, 2020). En el Ecuador la demanda de electricidad creció en promedio anual entre el 4 y 6% en los últimos 10 años y la categoría residencial es uno de los sectores en los usos finales de la matriz energética con mayor representatividad. En el 2022 concentró el 25 % del total de electricidad (33,2 mil GWh) que se demandó para mantener la dinámica socioeconómica. En estudios recientes, se muestra que la localización y el clima de la zona en la que se ubica la vivienda es representativo en la dinámica del consumo en el Ecuador, siendo el uso de aire acondicionado o calentamiento de agua lo que marca las diferencias entre regiones (Ríos, Guamán y Vargas, 2018; Strydom, Musango y Currie, 2019).

El desarrollo de las sociedades y su inherente adaptación a las innovaciones tecnológicas, además de la respuesta a las políticas de electrificación por la crisis ambiental y social, han llevado a una nueva configuración de los hogares en términos de infraestructura y hábitos de consumo, lo cual precisa un incremento en la demanda de electricidad y el desplazamiento de la participación fósil como fuente energética. Jiménez Morí y Yépez-García sugieren que en la formulación de políticas locales sobre eficiencia energética se tome en cuenta los términos de justicia social en los diferentes estratos de la sociedad y medidas enfocadas a la mitigación del cambio climático (Jiménez Morí y Yépez-García, 2020).

Este trabajo propone el análisis del sector residencial aplicado al estudio de caso en el sistema residencial del Ecuador, bajo la categorización de tipologías de hogares repartidas por niveles, lo cual permite conocer el consumo agregado y sus dinámicas de intensidad energética en el tiempo como insumos de metabolismo de la sociedad, herramienta para la previsión de recursos e insumos para informar la política pública.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio propuesto se enmarca en el entendimiento del consumo energético en los usos finales, desarrollado en la metodología Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism-MuSIASEM presentada por Giampietro (1997), Giampietro y Mayumi (2000) y Giampietro *et al.* (2012), incluida una categorización de los subsectores económicos, en donde, el sector residencial se desagrega a niveles más bajos utilizando los principios teóricos de la jerarquía en los sistemas complejos (Allen y Starr, 1982), y el análisis de flujos y fondos presentado por Georgescu-Roegen (1971) y descritos por Parra en el análisis energético de la extracción de petróleo en el Ecuador (Parra *et al.*, 2018).

Los usos finales de energía (End Use) es una expresión que se refiere a las tareas útiles y/o trabajos que se realizan por los diversos sectores de la sociedad al convertir los portadores de energía en energía utilizada para realizar tareas útiles (Giampietro *et al.*, 2012; Velasco-Fernández, Ramos-Martín y Giampietro, 2015). El análisis se centra en el entendimiento de la dinámica del sector residencial dentro de los usos finales, para lo cual se desagregó todos los hogares en diferentes tipologías en niveles jerárquicos.

Desde la complejidad el uso de niveles jerárquicos es indispensables para entender los sistemas, permitiendo al observador discernir tantos subsistemas como sea necesario dependiendo de la escala o conjunto de escalas elegidas para la representación (Simon, 1962; Koestler, 1968; Pattee, 1973; O'Neill, 1989; Giampietro, 2003; Giampietro *et al.*, 2011).

Algunos sistemas complejos exhiben propiedades emergentes en diferentes niveles de organización, lo que significa que los patrones y comportamientos a nivel global surgen de las interacciones locales a niveles más bajos que facilita la comprensión y gestión de sistemas al dividirlos en niveles menores.

El sector residencial del Ecuador fue desagregado y categorizado en 5 niveles de jerarquía a partir de tipologías de hogares considerando variables demográficas (# integrantes en el hogar), geográficas (región y división política por provincias), socioeconómicas (zonas urbana y rural e ingresos) y de género (jefatura del hogar) (Ver figura 1).

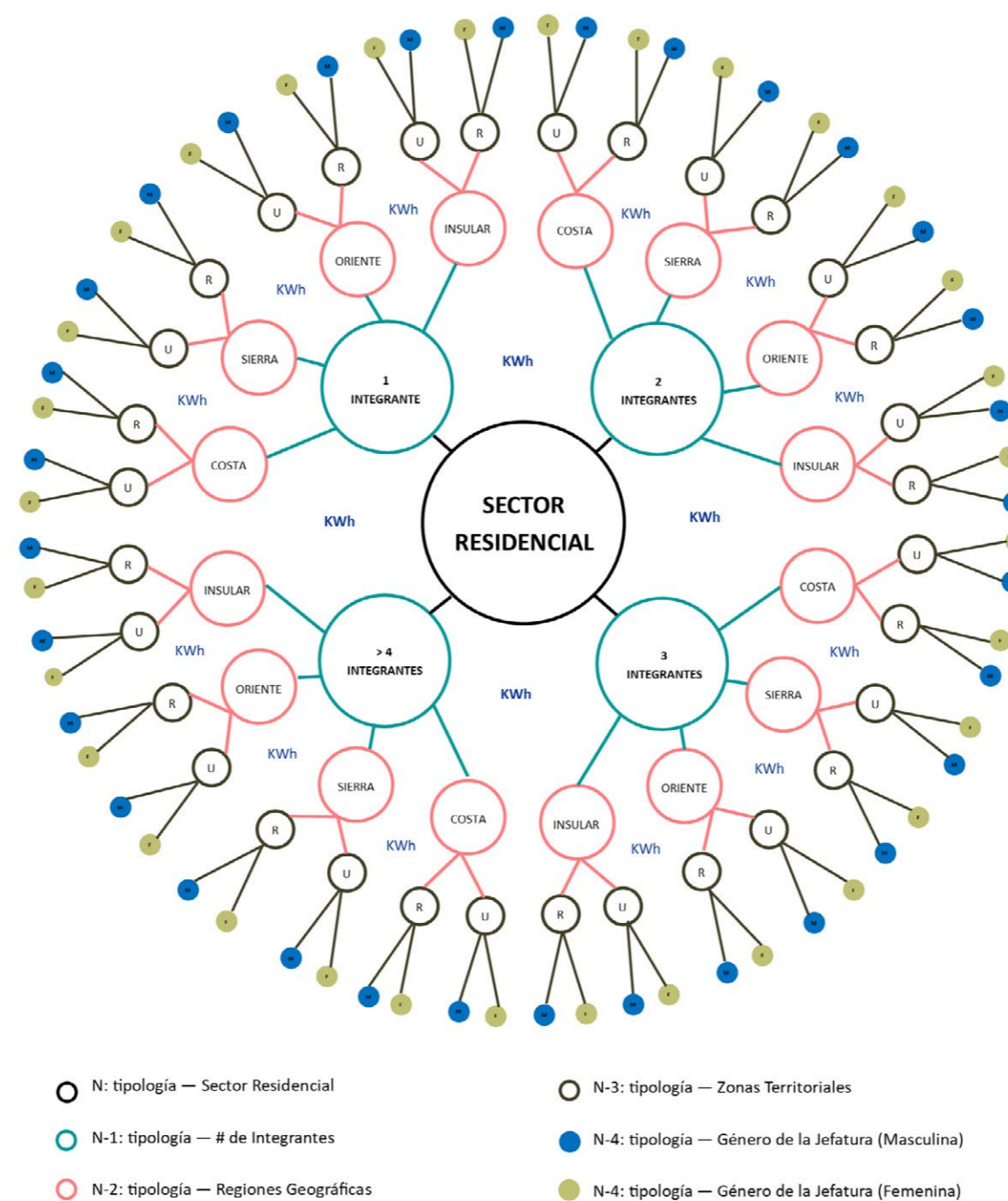


FIGURA 1
Representación del sistema de jerarquización de hogares en el sector residencial del Ecuador

Los niveles además fueron contruidos diferenciando los *elementos funcionales* (proporcionan la función del procesador) y *estructurales* (proporciona la característica del procesador) de MuSIASEM (Parra, Bukkens y Giampietro, 2020). El sistema parte de abajo hacia arriba comenzando con N-4: *Tipología de hogar por jefatura*, aquí se diferencia las estructuras por el género del representante del hogar (masculino/femenino), luego en el N-3: *Tipología de hogar por zona territorial*, en la cual se distinguen familias que viven en zonas urbanas o rurales dado por el acceso a servicios, población y territorio, lo cual genera una función del hogar, en el N-2: *Tipología de hogar por región geográfica*, se distingue la función por diferentes regiones presentes en el Ecuador: Costa, Sierra, Oriente e Insular, además se contempló dentro de la composición de la población aquellas que viven en una zona no delimitada de acuerdo a la división política por provincias. En el N-1: *Tipología por número de integrantes del hogar*, se diferencié hogares que van desde 1 hasta 15 integrantes lo cual permite entender la estructura demográfica de la composición del hogar, finalmente el Nivel mayor N: *Sector residencial* es el agregado nacional en donde confluyen los 4.5 millones de hogares presentes en el sistema socioeconómico del Ecuador.

En el sistema, se diferencia el flujo biofísico, como la demanda de electricidad en KWh que se metaboliza en una tipología de hogar, en donde existe presencia de otros flujos y fondos que entran y/o salen del procesador¹ como: volumen de combustibles, horas humanas, *power capacity*, emisiones de CO₂, etc., que no fueron consideradas ya que este trabajo se enfocó exclusivamente en la contabilidad de electricidad a partir de una metodología de jerarquías.

¹ Procesador metabólico, es un concepto desarrollado en el metabolismo social de MuSIASEM y describe las entradas y salidas de flujos y fondos de un determinado proceso que lo vincula con procesos tanto en el mismo nivel como en diferentes niveles, es decir un procesador permite el metabolismo de flujos y fondos ecosistémicos para mantener la dinámica socioeconómica de un procedo dado en una ruta secuencial (Parra et al., 2018)

Finalmente, se calculó el patrón de consumo de electricidad por cada una de las 240 tipologías obtenidas en KWh/año (valor intensivo) para luego escalar a niveles superiores utilizando el número de hogares presentes en cada tipología (variables extensivas), hasta llegar al agregado nacional, que representa el total del consumo de electricidad en el sector residencial.

OBTENCIÓN DE DATOS

Para la obtención de los datos en el sistema de jerarquías construido en la figura 1, se utilizó información secundaria de estadísticas nacionales presentes en las Encuestas de Condiciones de Vida, los Censos de Población y Vivienda, Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares Urbanos y Rurales, con lo cual se generó un análisis *top-down*. De manera paralela, se realizaron encuestas propias en hogares tipo en el territorio nacional para levantar información primaria y completar los datos faltantes desde el análisis *bottom up*. La información fue procesada de la siguiente manera:

- Análisis estadísticos de las bases de datos en repositorios públicos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC sobre: Encuestas de Calidad de Vida 2017, los Censos de Población y Vivienda 2010, Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares Urbanos y Rurales 2017 (INEC, 2023). Se trabajó con los metadatos y se reclasificó la información de acuerdo a la tipología de hogares preestablecidas.
- Análisis de normalización sobre la base de datos escogida y filtrada, utilizando herramientas estadísticas.
- Análisis de correlaciones entre variables de consumo de energía y variables geográficas, económicas y técnicas.
- Análisis de variables múltiples a partir de algoritmos.
- Análisis de datos primarios recogidos de encuestas focalizadas por tipología de hogares en varias zonas del país

Los datos calculados sobre el consumo de energía a niveles menores fueron corroborados con las cifras estadísticas en niveles superiores, reportados y publicados por las instituciones públicas del sector eléctrico nacional, como el Balance Energético Nacional del 2022, publicado desde el Ministerio de Energía y Minas (2022) y las Estadísticas Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano al 2020, realizado por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables del Ecuador (ARCERNR, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo de electricidad en el sector residencial del Ecuador en el 2017 fue de 6,428 GWh. La demanda en los hogares creció en los últimos 10 años entre 4-6 % anual, lo cual responde no solo al crecimiento de la población, sino a la dinámica en la composición de hogares en su parte interna.

Los resultados muestran heterogeneidad en el consumo cuando se analiza por tipología de hogares. La demanda de electricidad en un hogar difiere por el lugar en donde se encuentre, no tiene el mismo comportamiento un hogar tipo en la Costa que en la Sierra o en la Amazonía y cambia si el hogar se sitúa en la zona urbana o rural. Por su lado, la calidad de vida de los miembros de hogar, el equipamiento y variables demográficas influyen de manera directa en la dinámica del consumo, lo cual es indispensable conócelo para la construcción de políticas públicas en términos de seguridad, sostenibilidad y justicia social.

Contabilidad de energía eléctrica en el sistema multiniveles

La metodología de este trabajo permitió generar una contabilidad completa en los niveles de menor jerarquía con lo cual se obtuvo mayor información para entender el comportamiento del consumo de electricidad del sector residencial, mismo que es considerado como parte del sector no remunerado dentro de la matriz de uso final, sin embargo, demandante de gran parte de los flujos de bienes y materiales que se obtienen en otros sectores de la economía, como por ejemplo los alimentos del sector agricultura o los portadores de energía que se produce en el sector de energía y que son entregados al sector residencial para su metabolismo.

El hogar es el lugar en donde las sociedades pasan la mayor parte del tiempo, no solo dedicamos horas a descansar, sino a realizar parte de las actividades de ocio, recreación, preparación de alimentos, ejercicio, etc., con lo cual el

entender la dinámica de un hogar tipo permite entender la demanda de energía (electricidad) e incluso contabilizar las emisiones de CO₂ que se generarían para mantener la dinámica social.

Al analizar el consumo en nivel mayor N, se observa que el sistema agregado tiene 4.5 millones de hogares y que se consume en promedio 117 KWh /mes, sin embargo, desconocemos del tipo de hogar, si viven 2 o 10 personas, o si este se encuentra en alguna región con un clima diferente como el Oriente o quizás la Sierra. Es decir, en este nivel la información proporcionada es limitada para la generación de política pública ya sea para focalizar el subsidio, definir una tarifa de pago por KWh y/o para proponer medidas de inserción de energía renovable.

En la figura 2, se muestra con un ejemplo el escalonamiento de la información y los diferentes consumos de electricidad en las tipologías de hogares. En el N-1 se observa que a mayor número de integrantes en el hogar se incrementa el patrón de consumo. La tipología con 1 integrante consume en promedio 87 KWh/mes, mientras que el hogar de 15 personas 135 KWh/mes. El incremento es obvio ya que las horas de uso de la infraestructura de consumo se incrementan con el número de integrantes. Es importante señalar que la edad de los integrantes del hogar también impacta en la intensidad eléctrica, sin embargo, este estudio no contempló esta categoría. En valores agregados, el hogar conformado por 4 personas es el que tiene mayor representación en el consumo anual con 1,556 GWh, lo cual se explica no solo tener el mayor patrón, sino por la alta concentración de hogares en esa categoría.

En el nivel N-2, se observa, que pese a que la tipología del ejemplo tiene el mismo número de integrantes (4 personas), el patrón difiere por su ubicación en las diferentes regiones del Ecuador: Costa, Sierra, Oriente o Insular. Las características geográficas afines a un área como: el ecosistema, clima, vegetación, fauna, hidrografía, configuran necesidades y dinámicas especiales en los integrantes de los hogares que se reflejan en la heterogeneidad del consumo de electricidad. En la Costa se consume en promedio 128 KWh/mes, mientras que en el Oriente el mismo hogar demanda de 116 KWh /mes. De la misma forma, en la región Costa se concentra el mayor consumo con 809 GWh, lo cual representa el 52% del total de electricidad que consume un hogar tipo conformado por 4 personas.

El estudio además podría generar una expansión de tipologías, si se considera la división política por provincia y cantones, con lo cual la región Costa se subdividiría aún más en niveles geográficos menores.

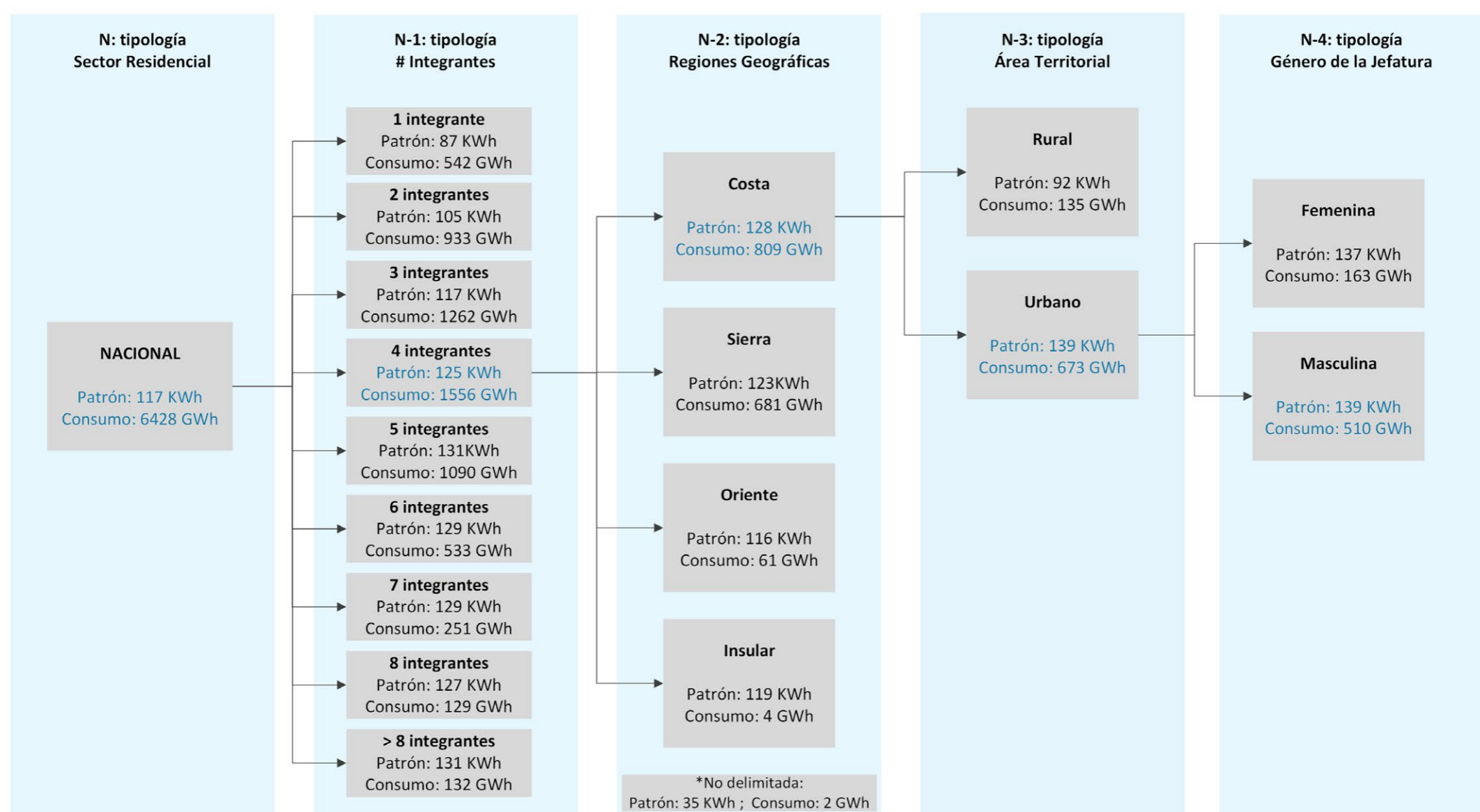


FIGURA 2
Escalonamiento en el patrón de electricidad por tipología de hogar en diferentes niveles

El Nivel N-3 toma en cuenta una desagregación adicional a la geográfica per se, generando una subdivisión dado por las características del territorio ya sea si el hogar se encuentra en el área urbana influenciada por la presencia de instituciones del Estado, accesibilidad a servicios, concentración de viviendas, intensidad de comercio, etc., mismas que difieren del comportamiento de la sociedad en el área rural, con menos acceso a servicios, presencia de extensiones de tierra para cultivo, viviendas separadas unas de otras, sentido de comunidad, etc., lo cual también se refleja en los hábitos de consumo.

Se observa que la tipología del hogar con 4 integrantes ubicado en la región Costa y en el área Urbana consume 139 KWh/mes, mientras que el mismo hogar, pero en el área rural consume 92 KWh/mes en promedio, es decir un hogar en el sector rural consume 34% menos que el que se sitúa en el área urbana. Como es de esperarse en términos agregados los hogares en el área Urbana consumieron 673 GWh en el año representando el 83% del total del consumo de esta categoría.

En el último nivel N-4 se obtiene la diferenciación de la tipología considerando el género de la jefatura del hogar. Este análisis es de gran valor desde la visión de género, equidad y acceso a la energía. De acuerdo a los trabajos realizados por la CAF (Cisneros y Lara, 2020) las mujeres históricamente asumen mayoritariamente el trabajo doméstico, es decir del trabajo no remunerado mientras que los hombres se encargan del trabajo remunerado, lo que permite intuir que los beneficios por el acceso y uso de la energía no son iguales entre mujeres y hombres. Los hábitos en el tiempo de uso de electrodomésticos e infraestructura de consumo de electricidad también generan un comportamiento diferenciado si la jefatura es femenina o masculina.

En el ejemplo, los hogares de 4 personas que se encuentran en la región Costa del área urbana y con jefatura de género masculino consumen 139 KWh/mes, es decir un 2% más que los hogares con jefatura femenina. En el área urbana las diferencias entre jefatura son menores en hogares hasta 5 integrantes, sin embargo, sobre los 5 integrantes se marcan tendencias mayores en el patrón de consumo y esto se agudiza en el área rural.

Consumo agregado de electricidad en el sector residencial Ecuador

El consumo agregado de electricidad en el sector residencial del Ecuador fue de 6,428 GWh en el 2017 repartidos en aproximadamente 4.5 millones de hogares. La demanda de electricidad aumentó en 20 % y los hogares crecieron en el orden del 25% en 7 años.

La dinámica del sector marca una concentración en el consumo eléctrico hacia la región Costa y Sierra que juntas aglutinan el 95 % de total de demanda de electricidad. Por su parte el Oriente representa el 5 %, mientras que la región insular y la zona no delimitada son marginales con menos del 1% del total. En la conformación de hogares, se observa que las tipologías de 3, 4 y 5 integrantes representan juntos el 70% de las 15 tipologías existentes (Ver figura 3).

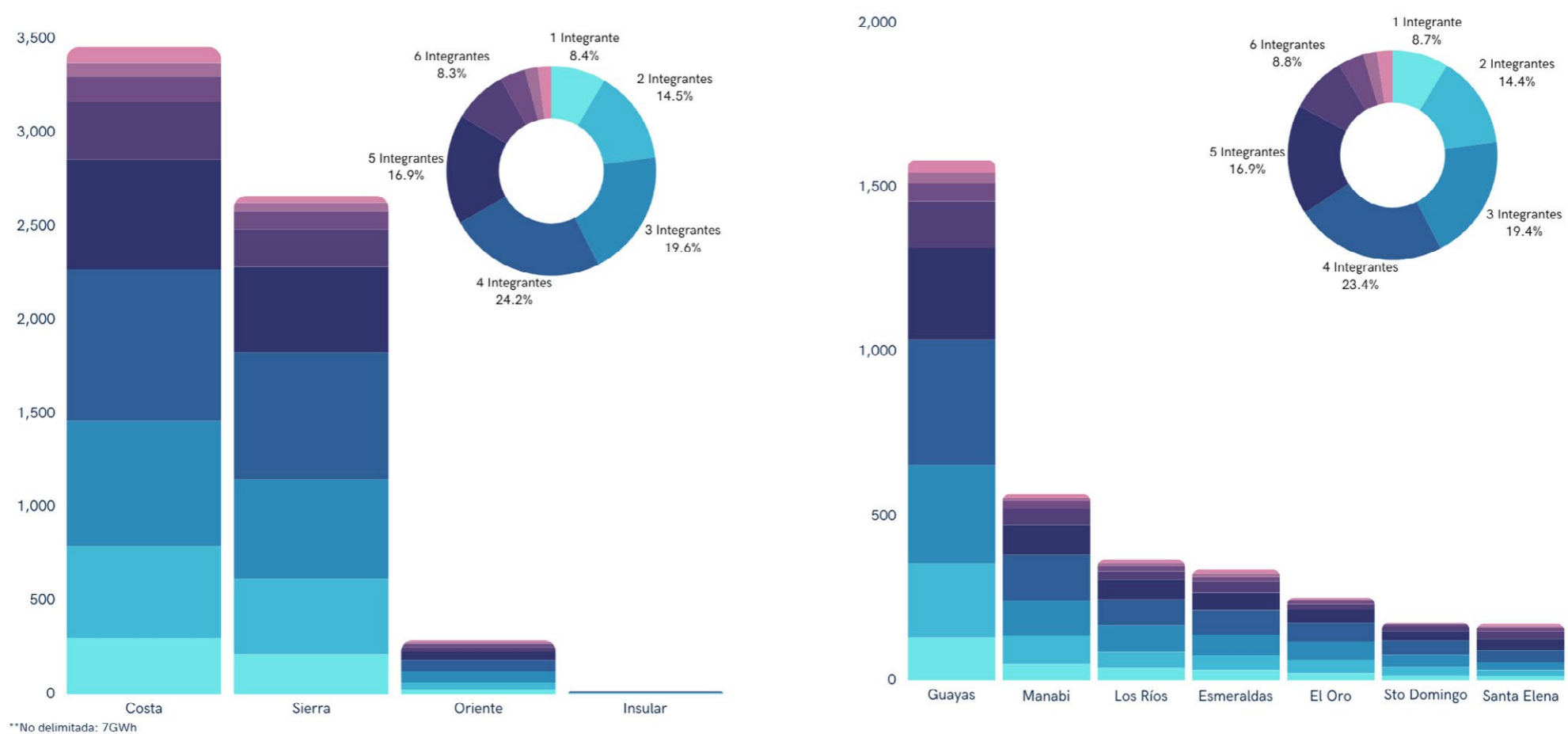


FIGURA 3
Consumo anual de electricidad por región geográfica y por provincia, 2017 (GWh/año)

La región Costa consume 3,457 GWh que es el 54% y a la vez también concentra el 51% de los hogares a nivel nacional. Al desagregarlo por provincias, se observa que Guayas consume 1,586 GWh y es la provincia con mayor concentración de hogares en la Costa con el 44%. Manabí por su parte concentra el 16% del consumo de electricidad y 18% de los hogares, Santa Elena es la provincia con menor consumo con 171 GWh y el 5% de los hogares.

El consumo de electricidad nacional dividido por zona territorial muestra que los hogares de la zona Urbana consumieron 5,200 GWh representando el 81% del total de electricidad, mientras que el sector rural consume significativamente menos con 1,228 GWh con el 19%. La desagregación por género de jefatura muestra una concentración del 73% en la jefatura masculina y el 27% para los hogares con jefatura femenina. Importante detallar que los hogares con jefatura masculina ubicados en la zona urbana consumieron un 5% más que los hogares de jefatura femenina en la misma zona, mientras que este patrón difiere en la zona rural, en donde la jefatura femenina consumió 4% más que los hogares con jefatura masculina (Ver figura 4).

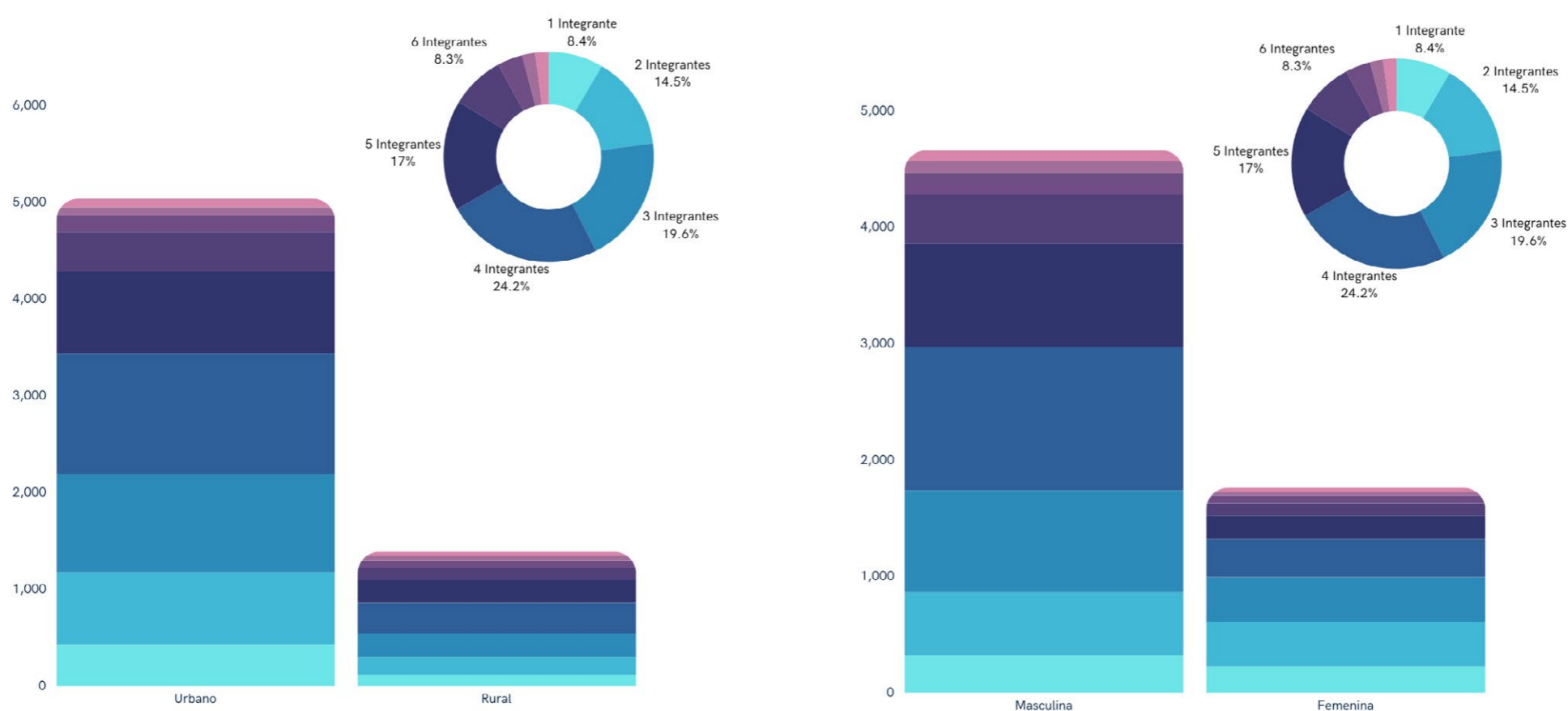


FIGURA 4
Consumo anual de electricidad en el área urbana y rural y tipo de jefatura 2017 (GWh/año)

En la zona urbana la mayor tasa de consumo se concentra en los hogares conformados por 8 personas y oscila entre 150 a 200 KWh/mes, mientras que en la zona rural la concentración del consumo se encuentra en los hogares de 5 personas en adelante con tasas menores que van de 90 a 120 KWh /mes. Entender la dinámica de consumo de los hogares en niveles de jerarquía, permite obtener mayor detalle en la información, lo cual es una herramienta que puede ayudar, entre otras cosas, a discutir los principios de una política tarifaria en el sector residencial. En el Ecuador el pliego tarifario vigente norma la categoría residencial, correspondiente al servicio público de energía eléctrica destinado exclusivamente al uso doméstico de los consumidores, es decir, en la residencia de la unidad familiar independientemente del tamaño de la carga conectada (ARCONEL, 2019).

La tarifa residencial se incluye dentro del nivel de voltaje bajo (< 600 V) que está caracterizada por a) cargo de comercialización fija (USD/consumidor-mes), independiente del consumo de energía y b) cargos incrementales por energía en función de la energía consumida (USD/KWh). Por otro lado, existen incentivos para los usuarios registrados en el programa emblemático de eficiencia energética para la cocción por inducción y/o el calentamiento de agua sanitaria con electricidad en sustitución del GLP y se mantienen tarifas preferenciales para aquellos usuarios de la categoría residencial cuyo consumo no supere los 500 KWh/mes (ARCONEL, 2020).

Sin embargo, no existe una distinción tarifaria en base de la dinámica de consumos en los diferentes tipos de hogares considerando su naturaleza heterogénea. Como se observó en este estudio, el consumo de electricidad difiere por el lugar en donde se encuentre la residencia, no tendrá el mismo comportamiento un hogar tipo en la Costa que en la Sierra o en la Amazonía y cambiará si el hogar se sitúa en la zona urbana o rural, además los patrones cambian con el género de la jefatura. Finalmente, este trabajo genera información valiosa para poder discutir la política tarifaria de electricidad hacia políticas diferenciadas bajo principios de sostenibilidad y correspondencia social.

CONCLUSIONES

Este trabajo presentó un análisis del comportamiento del consumo de electricidad en el sector residencial del Ecuador, bajo la comprensión de los principios de sistemas complejos que exhiben propiedades emergentes en diferentes niveles de organización, lo que significa que el comportamiento de un sistema a nivel global surge de las interacciones locales a niveles más bajos. Esto fue reflejado con el desarrollo metodológico de este trabajo al identificar que los patrones de consumo son heterogéneos en los 4,5 millones de hogares presentes en el 2017, diferenciado por las 240 tipologías en 5 niveles jerárquicos.

Se observó que el patrón varía desde los hogares de menor consumo cercanos a los 50 KWh/mes hasta los de mayor consumo de 350 KWh/mes. Así en la zona urbana la mayor tasa se concentra en los hogares conformados por más de 8 personas con tasas entre 150 a 180 KWh/mes, mientras que en la zona rural los valores oscilan entre 90 a 120 KWh/mes, pero difieren por ubicación geográfica y además por su jefatura masculina o femenina. De igual forma, los datos permitieron escalar a niveles agregados en donde se muestra que, del total de consumo anual de electricidad de 6428 GWh, el 54% del consumo se concentró en la región Costa ya que también concentra el 51% del total de hogares del sector residencial del Ecuador.

RECOMENDACIONES

Los resultados mostrados, tiene valores de los patrones de consumo que van desde los 50 KWh/mes hasta los 350 KWh/mes, sin embargo, la desagregación de niveles desarrollado en este trabajo no permite observar aquellos hogares que existen y que consumen menos que 50 y más 350 KWh/mes por lo cual, es necesario incluir una variable socioeconómica para evaluar el comportamiento de los hogares por nivel de ingreso.

Este estudio generó información importante para discutir el impacto del género de las jefaturas en el consumo de electricidad en los hogares, por lo que se recomienda a la academia e institución que regula el sistema energético en el Ecuador que temas de energía y género sean tratados a profundidad para discutir sobre la influencia de la inserción de las mujeres al trabajo remunerado de la economía y los cambios de consumos de energía en los hogares en el Ecuador.

REFERENCIAS

Allen, T.F.H. and Starr, T.B. (1982) *Hierarchy*. Chicago: University of Chicago Press.

ARCERNNR (2020). *Resolución Nro. ARCERNNR-033-2020*. Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. <http://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/servicio-publico-de-energia-electrica-spee/>

ARCONEL (2019) *Resolución Nro. ARCONEL-035-19*. Agencia de Regulación y Control de Electricidad. https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/resoluci%C3%B3n_nro_arconel-035-19_certificado_1.pdf

ARCONEL (2020) *Resolución Nro. ARCONEL-005-20*. Agencia de Regulación y Control de Electricidad. <https://www.gob.ec/regulaciones/regulacion-no-arcernnr-00520>

Cisneros, P. y Lara, E. (2020) ¿Por qué es importante la perspectiva de género en el sector energético? *Banco de Desarrollo de América Latina y El Caribe CAF*. <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2020/08/por-que-es-importante-la-perspectiva-de-genero-en-el-sector-energetico/>

Georgescu-Roegen, N. (1971) *The entropy law and the economic process*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Giampietro, M. (1997) Socioeconomic pressure, demographic pressure, environmental loading and technological changes in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 65(3), pp. 201-229. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(97\)00050-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(97)00050-9)

Giampietro, M. (2003). *Multi-scale integrated analysis of agro-ecosystems*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Giampietro, M. and Mayumi, K. (2000) Multiple-scale integrated assessment of societal metabolism: Introducing the approach. *Population and Environment*, 22(2), pp 109–153. <https://doi.org/10.1023/A:1026691623300>

- Giampietro, M., Mayumi, K., and Sorman, A.H. (2011) *The Energetics of Modern Societies – Cutting through the confusion*. Springer. ISBN 9781461400219
- Giampietro, M., Mayumi, K., and Sorman, A.H. (2012) *The Metabolic pattern of societies: where economists fall short*. London: Routledge.
- IEA (2023) Buildings - Energy System. Available at: <https://www.iea.org/energy-system/buildings>
- Jiménez Morí, R. A. y Yépez-García, A. (2020) ¿Cómo consumen energía los hogares?: Evidencia en América Latina y el Caribe. *Banco Interamericano de Desarrollo*. <http://dx.doi.org/10.18235/0002874>
- Koestler, A. (1968) *The ghost in the machine*. New York: The MacMillan Co.
- Ministerio de Energía y Minas (2022) *Balance Energético Nacional BEN 2022*. <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2023/08/wp-1692740456472.pdf>
- O'Neill, R.V. (1989) 10. Perspectives in hierarchy and scale. In: Roughgarden, J., May, R.M., Levin, S. (Eds). *Perspectives in Ecological Theory*, pp. 140-156. Princeton, NJ: Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400860180.140>
- Parra, R., et al. (2018) The metabolism of oil extraction: A bottom-up approach applied to the case of Ecuador. *Energy Policy*, 122, pp. 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.07.017>.
- Parra, R., Bukkens, S.G.F. and Giampietro, M. (2020) Exploration of the environmental implications of ageing conventional oil reserves with relational analysis. *Science of the Total Environment*, 749. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142371>.
- Pattee, H.H. (ed.) (1973) *Hierarchy theory: the challenge of complex systems*. International library of systems theory and philosophy. New York: George Braziller, Inc. ISBN 080760674X. OCLC 638741
- Pérez-Sánchez, L., Velasco-Fernández, R. and Giampietro, M. (2022) Factors and actions for the sustainability of the residential sector. The nexus of energy, materials, space, and time use. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112388>.
- Ríos, A., Guamán, J. and Vargas, C. (2018) Analysis of the implementation of a Strategy for Energy Consumption Reduction in the Residential Sector of Ecuador: Impact Evaluation in the Energy Matrix. *Revista Técnica energía*, 15 (1), pp. 98-109. ISSN 2602-8492. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v15.n1.2018.328>
- Simon, H. A. (1962) The architecture of complexity. *Proceedings of the American philosophical society*, 106 (6), pp. 467-482. <https://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/ArchitectureOfComplexity.HSimon1962.pdf>
- Strydom, A., Musango, J.K., and Currie, P. K. (2019) Conceptualizing Household Energy Metabolism: A Methodological Contribution. *Energies*, MDPI, 12(21), pp. 1-19. <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/21/4125/pdf>
- Van den Brom, P., Meijer, A. and Visscher, H. (2018) Performance gaps in energy consumption: household groups and building characteristics. *Building Research and Information*, 46(1), pp. 54–70. <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1312897>.
- Velasco-Fernández, R., Ramos-Martín, J. and Giampietro, M. (2015) The energy metabolism of China and India between 1971 and 2010: Studying the bifurcation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41(1), pp. 1052–1066. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.065>.
- Zhang, Q., Zhuang, S. and Yang, H. (2003) Comparison of Residential Energy Consumption in China, Japan, Canada and USA. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 2(1), pp. 101–106. <https://doi.org/10.3130/jaabe.2.101>.