

La leña: tradición energética, impactos ambientales y alternativas sostenibles

Jarinzi Corona-Terán *, José Guadalupe Rutiaga-Quiñones

Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

* Autor de correspondencia: cjarinzi@yahoo.com.mx

Artículo de divulgación científica

Recibido: 5 de junio de 2025 Aceptado: 26 de julio de 2025 Publicado: 31 de julio de 2025

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v4i1.475>

Resumen: La leña constituye el principal recurso energético para muchas comunidades rurales, especialmente en México, donde su uso está relacionado a prácticas culturales y necesidades básicas. Se realiza una exploración sobre el uso y manejo de especies forestales como leña, analizando criterios de selección de especies, impactos en los ecosistemas, su relación con la calidad del aire y el cambio climático, los efectos del humo en la salud y la implementación de tecnologías más eficientes.

Palabras clave: calidad del aire; daños a la salud; degradación forestal; estufas de leña; selección de especies

Introducción

A nivel mundial, los bosques aportan aproximadamente el 40% de la energía renovable en forma de dendrocombustible, recurso forestal del que dependen cerca de 2,400 millones de personas para satisfacer sus necesidades energéticas básicas como cocinar, hervir agua y calentar sus hogares, siendo esta dependencia particularmente alta en África, en donde alcanza el 63%, seguida de Asia y Oceanía con un 38%, y América Latina y el Caribe con un 15% (FAO, 2018). En el año 2023, se produjeron 1,900 millones de m³ de leña en todo el mundo. África y Asia representaron la mayor parte de la producción con 37% cada una, América, 18% y Europa 9% (WBA, 2023).

En México, la producción forestal maderable se destinó en un 70.1%, equivalente a 5.8 millones de m³, a madera para aserrío, que incluye escuadría y durmientes; un 10%, correspondiente a 0.8 millones de m³, se utilizó para productos celulósicos; mientras que el 19.9% restante, es decir, 1.7 millones de m³, se empleó en la fabricación de chapa y triplay, postes, pilotes, morillos y combustible como leña y carbón (SEMARNAT, 2018).

Ese mismo año, la producción de leña en México fue de 1,069,380 m³, siendo los estados de Durango, Chihuahua y Oaxaca los principales productores (SEMARNAT, 2018). En los hogares mexicanos, la mayor parte de la energía consumida para usos térmicos, proviene de gas LP, que representa el 79%, seguido de la leña o carbón con 11% y el gas natural con el 7%, empleándose principalmente en la cocción de alimentos y el calentamiento de agua (INEGI, 2018).

Dada la importancia que tiene el uso de especies forestales como fuente de leña por las comunidades rurales, este artículo aborda los criterios utilizados para la selección de especies, afectación al ecosistema, su relación con la calidad del aire y cambio climático, efectos del humo de leña en la salud, así como la implementación de tecnologías eficientes.

Desarrollo

Selección de especies

La selección de especies forestales para su uso como leña depende de diversos factores que interactúan entre sí. Las comunidades rurales eligen las especies de acuerdo a sus características, tales como: facilidad para cortar, secado rápido, baja producción de humo, duración del fuego, que se relaciona con la cocción de diversos alimentos como tortillas o frijoles, duración de la flama, sabor que aporta a los alimentos, facilidad de ignición, baja producción de ceniza y disponibilidad en el entorno (Yescas-Albarrán *et al.*, 2016; Márquez-Reynoso *et al.*, 2017).

Las maderas blandas (por ejemplo, maderas de pino), se prefieren para iniciar el fuego debido a su rápida combustión y llamas intensas, mientras que las maderas duras (maderas de encino) se utilizan para mantener el fuego por más tiempo porque su combustión es más lenta (Bello-Román *et al.*, 2023).

Además, el uso de la leña permanece arraigado en la cultura doméstica, dado que las amas de casa la consideran insustituible para cocinar, debido a que la relacionan con un mejor sabor que adquieren los alimentos, así como a la posibilidad de generar un fuego lento o rápido según las necesidades específicas de ciertos platillos (Cruz-León *et al.*, 2016).

Asimismo, los usuarios clasifican la madera en dos categorías: madera de buena calidad, porque generan poco humo, arden lentamente y producen brasas duraderas; y maderas de baja calidad, que son menos apreciadas por ser maderas blandas. Además, el uso de las especies arbóreas se ve influenciado por las preferencias gastronómicas, especialmente en festividades locales (Quiroz-Carranza y Orellana, 2010).

Impacto al ecosistema

Estudios en bosques templados muestran que la extracción intensiva reduce en un 55% el contenido total de carbono, disminuye la hojarasca y afecta negativamente el carbono orgánico del suelo, así como nutrientes clave como amonio, carbono y nitrógeno en la biomasa microbiana (García-Oliva *et al.*, 2014). La accesibilidad influye en el grado de perturbación: áreas de difícil acceso presentan menos impacto, mientras que zonas accesibles y con actividades como pastoreo y cultivos anuales muestran menor biomasa de especies como pino y encino (Baroody, 2013). Mientras que los bosques tropicales, con baja extracción capturan significativamente más carbono: 213.4 Mg ha⁻¹ en pino y 189.5 Mg ha⁻¹ en encino; que aquellos con alta extracción: 138.2 Mg ha⁻¹ y 92.0 Mg ha⁻¹, respectivamente (Aryal *et al.*, 2018).

Sin embargo, también existen investigaciones que respaldan que la extracción de leña no siempre resulta perjudicial para los ecosistemas, especialmente cuando se realiza bajo prácticas de manejo forestal sostenible. En ese mismo sentido, Masera *et al.* (2011) señalan que la extracción de leña, reduce los daños ambientales asociados a su inadecuada disposición, tales como: la contaminación del aire y agua, aumento de plagas y enfermedades, deterioro del paisaje y calidad de vida de las poblaciones humanas. Cortés-Blobaum *et al.* (2019) reportan que, en ciertas comunidades caracterizadas por pertenecer a áreas naturales protegidas, la percepción local es que la extracción de leña impacta positivamente al bosque, cuando se realiza en un esquema de aprovechamiento de madera muerta y ramas, lo que puede reducir el riesgo de incendios y la presencia de plagas.

Calidad del aire y cambio climático

La quema de leña libera contaminantes, afectan la calidad del aire y contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero. La quema ineficiente e incompleta de leña con métodos tradicionales, es decir, en estufas sin ventilación y chimeneas abiertas, propicia contaminantes que incluyen hidrocarburos aromáticos policíclicos, material particulado, óxido nitroso, monóxido de carbono, carbono negro y dióxido de azufre, y sus concentraciones son dos o tres veces mayores en ambientes interiores (Ali *et al.*, 2021), metano (Sutar *et al.*, 2015), compuestos orgánicos volátiles, formaldehído, materia orgánica y radicales libres (Newell *et al.*, 2022), dióxido de carbono, levoglucosano, potasio, metales y metaloides (Achad *et al.*, 2018).

El uso intensivo de combustibles de madera conlleva a dos problemáticas ambientales: la regeneración de los bosques ocurre lentamente, y cuando la madera se extrae a un ritmo mayor que el de su recuperación, se genera una deforestación insostenible. Esto incrementa la erosión del suelo, destruye hábitats naturales y reduce la biodiversidad. Adicionalmente, la quema de madera extraída de manera insostenible genera emisiones netas de gases de efecto invernadero al liberar más carbono del que puede ser reabsorbido por la regeneración forestal (Ver Beek *et al.*, 2020).

Efectos del humo de leña en la salud

El uso de leña afecta de manera significativa a la salud, especialmente a las vías respiratorias y al sistema cardiovascular, debido a la exposición a contaminantes nocivos (Figura 1). En un estudio realizado con poblaciones indígenas, se analizó la exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos y monóxido de carbono, generados por la quema de biomasa forestal. Los resultados revelaron que el volumen espiratorio forzado promedio fue notablemente bajo, lo que indica función pulmonar comprometida (Rodríguez-Aguilar *et al.*, 2019). También se asocia a una mayor expresión de los reguladores de la inflamación vascular, lo que sugiere un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares entre las mujeres que usan leña (Ruíz-Vera *et al.*, 2018).

Al analizar el potencial daño al ADN asociado con el monóxido de carbono, en la población rural, se observó daño significativo en las mujeres expuestas al humo de la leña, lo que sugiere posibles consecuencias para la salud a largo plazo (Herrera-Portugal *et al.*, 2009). Además del riesgo de cáncer de pulmón, propiciado por la exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos y sus derivados nitrados mediante la inhalación de partículas finas; esta exposición proviene principalmente de las actividades de cocinar en fogatas abiertas (Orakij *et al.*, 2017; Kermani *et al.*, 2021).

Se ha demostrado que la exposición a los aerosoles de humo de madera, puede agravar las enfermedades inflamatorias crónicas de la piel y acelerar su proceso de envejecimiento (Fadadu *et al.*, 2023; Chao *et al.*, 2023). Analizando la respuesta en queratinocitos epidérmicos humanos, se demostró que los compuestos como el furfural y el siringol, inducen respuestas celulares relacionadas con el estrés oxidativo y la inflamación, provocando la formación de envolturas reticuladas, lo que indica daño celular, además se observó una alteración significativa en el perfil proteico de las células expuestas, con un aumento en la proporción de queratina (Karim *et al.*, 2024).

Tecnologías innovadoras

En este contexto, las estufas de leña, resultan una estrategia para promover el uso sustentable de la leña y representan una opción para mejorar la calidad de los habitantes rurales. Con esta tecnología se obtiene una eficiencia energética cercana al 60%, en comparación con el fogón tradicional, lo que representa un mejor aprovechamiento del calor y una reducción de tiempo de trabajo de las mujeres al cocinar. La estufa reduce las emisiones de humo al canalizarlas hacia el exterior de la casa (Flores-Sotelo, 2016).

El uso de estufas de leña reduce la tasa y duración de las infecciones respiratorias en las vías superiores e inferiores (Schilmann *et al.*, 2015). Además de la reducción de los síntomas respiratorios, oculares, función pulmonar, presión arterial y quemaduras (Jamali *et al.*, 2017).

Las mediciones directas de las concentraciones de material particulado y monóxido de carbono, obtenidas con estufas de chimenea tipo plancha Patsari, son de $21 \pm 8 \mu\text{g m}^{-3}$ y $1.7 \pm 0.5 \text{ mg m}^{-3}$, respectivamente. En el caso de estufas tipo Patsari-gas licuado de petróleo, los valores son de $24 \pm 5 \mu\text{g m}^{-3}$ y $3 \pm 1 \text{ mg m}^{-3}$. Ambos resultados están por debajo de los promedios anuales establecidos en el Objetivo Provisional de la Organización Mundial de la Salud, que son $35 \mu\text{g m}^{-3}$ para material particulado y 7 mg m^{-3} para monóxido de carbono (Medina *et al.*, 2019).

Las estufas de cocina mejoradas metálicas demuestran una reducción significativa de la leña en 639.78 t (33.85%) y de las emisiones de CO_2 en 1247.4 t (60.93%) por año (Budhathoki *et al.*, 2024).

Conclusiones

El uso de leña como fuente energética en comunidades rurales sigue siendo relevante por razones culturales, económicas y de acceso. Sin embargo, la extracción y quema tradicionales de leña conllevan riesgos ambientales, como la degradación de los ecosistemas y la reducción de la capacidad de captura de carbono, así como problemas de salud asociados a la exposición a contaminantes. El impacto negativo puede mitigarse mediante prácticas de manejo forestal sostenible, como la utilización de árboles muertos, residuos de aprovechamientos forestales, limpiezas de monte, podas de árboles y de arbustos que no sean refugio para fauna silvestre, ramas de árboles con rápido crecimiento, establecer

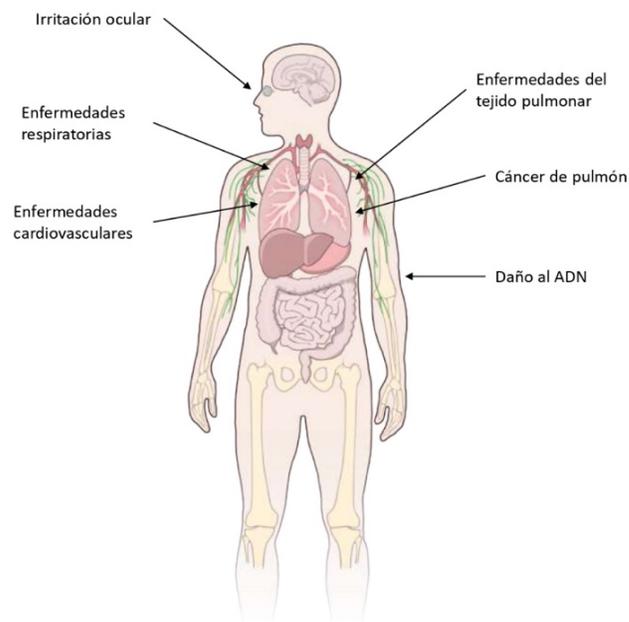


Figura 1. Enfermedades asociadas al humo de leña.
Elaboración propia.

plantaciones forestales para tal fin, así como la adopción de tecnologías innovadoras, como estufas mejoradas, que aumentan la eficiencia y reducen las emisiones.

Bibliografía

- Achad, M., Caumo, S., Pérola de Castro, V. H. B., Gómez, D., & Smichowski, P. (2018). Chemical markers of biomass burning: Determination of levoglucosan, and potassium in size-classified atmospheric aerosols collected in Buenos Aires, Argentina by different analytical techniques. *Microchemical Journal*, *139*, 181-187, <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.02.016>
- Ali, M. U., Yu, Y., Yousaf, B., Munir, M. E. M., Ullah, S., Zheng, C., Kuang, X., & Wong, M. H. (2021). Health impacts of indoor air pollution from household solid fuel on children and women. *Journal of Hazardous Materials*, *416*, 126127, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126127>
- Aryal, D. J., Ruiz-Corzo, R., López-Cruz, A., Velázquez-Sanabria, C., Gómez-Castro, H., Guevara-Hernández, F., Pinto-Ruiz, R., Venegas-Venegas, J. A., Ley de Coss, A., Morales-Ruiz, D., & Euán-Chi, I. (2018). Biomass accumulation in forests with high pressure of fuelwood extraction in Chiapas, Mexico. *Revista Árvore*, *42*(3), <http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882018000300007>
- Baroody, J. (2013). Firewood extraction as a catalyst of pine-oak forest degradation in the Highlands of Chiapas, Mexico. Washington: University of Washington). <https://digital.lib.washington.edu/server/api/core/bitstreams/75f78ffe-c796-422c-91a1-a74c66bb9932/content>
- Bello-Román, M., García-Flores, A., Colin-Bahena, H., Román-Montes de Oca, E., & Beltrán-Rodríguez, L. (2023). Variación en el consumo de leña y factores que lo determinan en una comunidad campesina al suroeste del estado de Morelos, México. Variation in the consumption of firewood and factors that determine it in a peasant community in the southwest of the state of Morelos, Mexico. *Botanical Sciences*, *101*(1), 149-163, <https://doi.org/10.17129/botsci.3147>
- Budhathoki, A., Choochuay, C., & Bhandary, S. (2024). Catalyzing progress: Unveiling the impact of metallic improved cooking stoves on energy security and sustainable development. *Heliyon*, *10*(21), e39733, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39733>
- Chao, L., Feng, B., Liang, H., Zhao, X., & Song, J. (2023). Particulate matter and inflammatory skin diseases: From epidemiological and mechanistic studies. *Science of the Total Environment*, *905*, 167111, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167111>
- Cortés-Blobaum, H. J., Rodríguez-Laguna, R., Otazo-Sánchez, E. M., Prieto-García, F., Fragoso-López, P. I., & Razo-Zárate, R. (2019). Patrones culturales de uso de leña en la primera área protegida de Latinoamérica, El Chico, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, *6*(2), 15-26, <http://reibci.org/publicados/2019/abr/3400108.pdf>
- Cruz-León, A., Uribe-Gómez, M., Lara-Bueno, A., Yescas-Albarrán, C. A., & Maldonado-Torres, R. (2016). Diálogo del saber campesino y la investigación científica: árboles nativos dendroenergéticos en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos, México. *Revue d'ethnoécologie*, <https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.2493>
- Fadadu, R. P., Abuabara, K., Balmes, J. R., Hanifin, J. M., & Wei, M. L. (2023). Air pollution and atopic dermatitis, from molecular mechanismsto population-level evidence: A review. *International Journal Environmental Research and Public Health*, *20*, 2526, <https://doi.org/10.3390/ijerph20032526>
- FAO. (2018). El estado de los bosques del mundo. Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. Roma. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/386cc341-e052-4064-b23b-253b044d765c/content>
- Flores-Sotelo, M. T. (2016). Alcances ambientales de la adopción de la estufa ahorradora de leña tlecalli en dos comunidades rurales del Estado de Morelos, México. *Ambiente y Desarrollo*, *20*(39), 143-157, <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd20-39.aaae>
- García-Oliva, F., Covalada, S., Gallardo, J. F., Prat, C., Velázquez-Durán, R., & Etchevers, J. D. (2014). Firewoods extraction affects carbon pools and nutrients in remnant fragments of temperate forests at the Mexican Transvolcanic Belt. *Bosque*, *35*(3), 311-324, <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002014000300006>
- Herrera-Portugal, C., Franco-Sánchez, G., Pelayes-Cruz, M., Schlottfeldt Trujillo, Y., & Pérez-Solís, B. L. (2009). Daño al ADN en mujeres expuestas al humo de la leña en Chiapas, México. *Acta Toxicológica Argentina*, *17*(2), 56-61, <https://www.scielo.org.ar/pdf/ata/v17n2/v17n2a04.pdf>
- Jamali, T., Fatmi, Z., Shahid, A., Khoso, A., Masood Kadir, M., & Sathiakumar, N. (2017). Evaluation of short-term health effects among rural women and reduction in household air pollution due to improved cooking stoves: quasi experimental study. *Air Quality, Atmosphere & Health*, *10*, 809-819, <https://doi.org/10.1007/s11869-017-0481-0>
- Karim, N., Yang, Y., Salemi, M., Phinney, B. S., Durbin-Johnson, B. P., Rocke, D. M., & Rice, R. H. (2024). Human Keratinocyte Responses to Woodsmoke Chemicals. *Chemical Research in Toxicology*, *37*, 675-684, <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.3c00353>
- Kermani, M., Jafari, A. J., Gholami, M., Farzadkia, M., Shahsavani, A., & Norzaee, S. (2021). Polycyclic aromatic hydrocarbons in PM_{2.5} atmospheric particles in Shiraz, a city in southwest Iran: sources and risk assessment. *Arabian Journal Geosciences*, *14*, 1462, <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07863-0>
- Márquez-Reynoso, M. I., Ramírez-Marcial, N., Cortina-Villar, H. S., & Ochoa-Gaona, S. (2017). Propiedades dendro-energéticas de los árboles utilizados para leña en comunidades de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. En: Vulnerabilidad social y biológica ante el cambio climático en la Reserva Biósfera Selva El Ocote. Editores: Ruíz-Montoya, L., Álvarez-Gordillo, G., Ramírez-Marcial, N., Cruz-Salazar, B. Chiapas, México. El Colegio de la Frontera Sur. 567- 592, <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-retrievefile.pl?id=0e27c5cec49f2040b1781fbff7b46fdc>
- Masera, C. O., Coralli, F., García, B. C., Riegelhaupt, E., Arias, C. T., Vega, J., Díaz, J. G. R., Guerrero, P. G., & Cecotti, L. (2011). La bioenergía en México, situación actual y perspectivas. Red Mexicana de Bioenergía, A. C. <https://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2023/05/CT4.pdf>
- Medina, P., Berrueta, V., Cinco, L., Ruiz-García, V., Edwards, R., Olaya, B., Schilman, A., & Masera, O. (2019). Understanding household energy transitions: evaluating single cookstoves to “clean stacking” alternatives. *Atmosphere*, *10*(11), 693, <https://doi.org/10.3390/atmos10110693>

- Newell, K., Cusack, R. P., Kartsonaki, C., Chaudhary, N., & Kurmi, O. P. (2022). Household air pollution and associated health effects in low and middle income countries. *Encyclopedia of Respiratory Medicine (Second Edition)*, 387-401, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.11494-1>
- Orakij, W., Chetiyankornkul, T., Chuesaard, T., Kaganoi, Y., Uozaki, W., Homma, C., Boongla, Y., Tang, N., Hayakawa, K., & Toriba, A. (2017). Personal inhalation exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and their nitro-derivatives in rural residents in northern Thailand. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189, 510, <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6220-z>
- Quiroz-Carranza, J. & Orellana, R. (2010). Uso y manejo de leña combustible en viviendas de seis localidades de Yucatán, México. Use and management of firewood in dwellings of six localities from Yucatán, México. *Madera y Bosques*, 16(2), 47-67, <https://doi.org/10.21829/myb.2010.1621172>
- Rodríguez-Aguilar, M., Díaz de León-Martínez, L., García-Luna, S., Gómez-Gómez, A., González-Palomo, A. K., Pérez-Vázquez, F. J., Díaz-Barriga, F., Trujillo, J., & Flores-Ramírez, R. (2019). Respiratory health assessment and exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in Mexican indigenous population. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 25825-25833, <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05687-w>
- Ruiz-Vera, T., Ochoa-Martínez, Á. C., Pruneda-Álvarez, L. G., Zarazúa, S., & Pérez-Maldonado, I. N. (2018). Exposure to biomass smoke is associated with an increased expression of circulating miRNA-126 and miRNA-155 in Mexican women: a pilot study. *Drug and Chemical Toxicology*, 42(3), 335-342, <https://doi.org/10.1080/01480545.2018.1526181>
- SEMARNAT. (2018). Anuario estadístico de la producción forestal 2018. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/2021/2018.pdf>
- Schilmann, A., Riojas-Rodríguez, H., Ramírez-Sedeño, K., Berrueta, V. M., Pérez-Padilla, R., & Romieu, I. (2015). Children's respiratory health after an efficient biomass stove (Patsari) intervention. *EcoHealth* 12, 68-76, <https://doi.org/10.1007/s10393-014-0965-4>
- Sutar, K. B., Kohli, S., Ravi, M. R., & Ray, A. (2015). Biomass cookstoves: A review of technical aspects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1128-1166, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.003>
- Yescas-Albarrán, C. A., Cruz-León, A., Uribe-Gómez, M., Lara-Bueno, A., & Maldonado-Torres, R. (2016). Árboles nativos con potencial dendroenergético para el diseño de tecnologías agroforestales en Tepalcingo, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7, 3301-3313, <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i16.398>
- Ver Beek, N., Vindel, E., Kuperus, H. M., & Brockway, P. E. (2020). Quantifying the Environmental Impacts of Cookstove Transitions: A Societal Exergy Analysis Based Model of Energy Consumption and Forest Stocks in Honduras. *Energies*, 13(12), 3206, <https://doi.org/10.3390/en13123206>
- WBA. (2023). Global bioenergy statistics report. World Bioenergy Association. <https://www.worldbioenergy.org/uploads/231219%20GBS%20Report.pdf>