

EVALUACIÓN DE CICLO DE VIDA DE MATERIALES MAMPUESTOS ALTERNATIVOS. USO DE FACTORES DE CARACTERIZACIÓN REGIONALES

Arena, AP (1,2); Mitchell, J (2); Civit, B (1,2)

(1) Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda. INCIHUSA. Cricyt (CONICET)

Av. Ruiz Leal s/n. Parque Gral. San Martín. 5500 Mendoza.

Tel 0261 4287370. Fax: 0261 4287370.

E-mail: aparena@lab.cricyt.edu.ar

(2) Facultad Regional Mendoza – Universidad Tecnológica Nacional

RESUMEN

En un Análisis de Ciclo de Vida (ACV), la etapa de evaluación de impactos (LCIA) relaciona las emisiones identificadas y cuantificadas en la etapa de inventario (LCI), con el efecto producido en las distintas categorías de impacto consideradas mediante factores de caracterización. Estos factores pueden presentar carácter global, o bien, carácter regional. Los factores con carácter regional tienen en cuenta el lugar donde la emisión se produce y las características del ecosistema que la recibe, siendo sólo aplicables en la región para la cual fueron desarrollados, y su uso en otras regiones puede conducir a resultados erróneos. No obstante, la difusión de productos informáticos que contienen bases de datos y metodologías de LCIA incorporadas trae como consecuencia la aplicación indiscriminada, y a veces inconsciente, de factores regionales fuera de su contexto original. Esta situación impulsó el desarrollo de un proyecto de investigación tendiente a establecer factores de caracterización para la región centro oeste-árida argentina. Se presentan los resultados de un caso de estudio, la comparación del impacto ambiental relacionado con el uso de ladrillos tradicionales de arcilla y el uso de ladrillos alternativos de arena-cemento en muros de viviendas de interés social, donde se evidencia que la incorporación de factores regionales no altera el beneficio del uso de ladrillos de arena-cemento, pero si se destaca la importancia de contar con métodos de evaluación de impactos que contemplen la realidad medioambiental de la región considerada.

ABSTRACT

In a Life Cycle Assessment (LCA), the stage of impact assessment (LCIA) relates the emissions identified and quantified in the inventory step (LCI), with the effect produced in the different impact categories considered by means of characterization factors. These factors can present global character or regional character. The regional factors consider the site where the emission takes place and the characteristics of the receiving ecosystem, being valid only for the region where they have been developed, and its use in other regions can lead to erroneous results. However, the use of foreign software packages including different LCIA methods and data bases, brings as consequence the application indiscriminate, and sometimes unconscious, of regional factors outside its original context. This situation impelled the development of a research project aiming to establish characterization factors for the western arid region of Argentina. As case of study, one compares the environmental impact related to the use of traditional clay bricks and the use of alternative sand-cement bricks on walls of houses with social interest. The results indicate on the one hand, significant benefits associated to the sand-cement bricks use; and by the other, the importance of counting on methods of impact assessment that pays attention to the environmental reality of the considered region.

1. INTRODUCCIÓN

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta ampliamente difundida en la mayoría de los países desarrollados para evaluar el impacto ambiental de productos, actividades o servicios. Las etapas de un ACV son (ISO14040): definición de objetivos, inventario, evaluación de impactos e interpretación. La etapa de evaluación de impactos (LCIA), traduce las emisiones identificadas y cuantificadas en la etapa de inventario en una medida del impacto que éstas producen sobre el ambiente. Para ello clasifica las distintas emisiones producidas en función de categorías de impacto, que pueden tener alcance global (calentamiento global, adelgazamiento de la capa de ozono) o bien alcance regional o local (acidificación, eutrofización, formación de ozono fotoquímico, toxicidad humana, etc.), y luego las relaciona mediante factores de caracterización. En el último caso, el impacto sobre el ambiente será diferente según dónde se produzca la acción nociva.

En los últimos años se han comenzado a difundir metodologías de LCIA más sofisticadas (POTTING et al., 2004; GOEDKOOOP and SPRIENSMA, 2001; GUINÉE et al, 2004) y grupos de factores para determinadas categorías (HUIJBREGTS, 2001; KREWITT, 2001; POTTING, 2000; HUIJBREGTS, 1999), que tienen en cuenta no sólo la cantidad de emisiones producidas sino también el lugar donde son liberadas, su destino y el daño que producen, sea sobre el ecosistema natural, artificial o sobre la salud humana. En estas metodologías, los factores de caracterización utilizados reflejan una dependencia del sitio, y serán en general diferentes de un lugar a otro.

La factibilidad y uso de factores de caracterización dependientes del sitio, en particular en la región centro oeste de la Argentina, debe ser analizada sin perder de vista la posición del practicante. La complejidad de la metodología y la gran cantidad de datos necesarios, determina que en la mayoría de los casos estos estudios se realicen utilizando soportes informáticos, que han sido desarrollados en los países donde la metodología se encuentra ya asentada. Esta práctica simplifica la aplicación del ACV, y con algunas consideraciones, los resultados obtenidos reflejan con buena aproximación la situación local o regional, siempre que los factores de caracterización utilizados sean potenciales, es decir, no tengan implícitas consideraciones específicas del sitio. Si en cambio la metodología de impacto que el producto informático utiliza, y sus correspondientes factores de caracterización, evalúan impactos reales (con consideraciones específicas del sitio emisor/receptor), su uso en regiones diferentes a donde fueron originalmente desarrollados conduce a la obtención de resultados erróneos. Esto ha determinado el inicio de una serie de estudios tendientes a desarrollar y calcular indicadores para categorías de impacto locales y regionales para el centro oeste argentina (CIVIT y ARENA, 2007), incluyendo acidificación (CIVIT et al 2005), eutrofización (CIVIT et al, 2006a) y uso del suelo y desertificación (CIVIT et al 2006b; CIVIT y ARENA, 2006c; ARENA y CIVIT, 2006).

2. CASO DE ESTUDIO

El problema se plantea a partir de comprobar que existe una creciente demanda habitacional insatisfecha junto con una alta tasa de crecimiento demográfico notablemente superior al correspondiente en los países desarrollados, que conjuntamente, establecen un cuadro crítico. Este problema se agravaría en el futuro si

no se destinan ingentes cantidades de recursos para contrarrestarlo, lo cual es obviamente muy difícil para los países en vías de desarrollo. Asimismo el sector edilicio tiene una gran influencia sobre el total de los consumos de recursos naturales y de las emisiones producidas en un país, con el consecuente impacto sobre el ambiente (agotamiento de los recursos naturales, calentamiento global, lluvia ácida, smog, acumulación de residuos, etc.). Si se introduce la variable ambiental en este compendiado análisis el escenario se oscurece aún más, ya que la mayor parte de estos países presentan un rápido deterioro de su riqueza ambiental, poseen instituciones débiles y escasa o nula información, monitoreo y análisis ambiental. Por lo tanto, si se dieran todas aquellas anheladas circunstancias que permitieran la mitigación del problema habitacional, se prospectaría un complicado panorama desde el punto de vista del consumo de recursos y de la generación de residuos.

Es necesario, entonces, buscar alternativas constructivas más eficientes, económicas y benignas desde el punto de vista ambiental, para lograr desde el diseño de las viviendas un desarrollo sustentable y una mejora en la calidad de vida. En este sentido adquiere gran relevancia la elección de los materiales que se utilizan en la construcción de las viviendas, ya que pequeñas mejoras comparativas que se obtengan en ellos determinan un notable impacto, al considerar la gran cantidad empleada en un edificio, y la enorme cantidad de viviendas requeridas año a año. El análisis del ciclo de vida es uno de los instrumentos, que permite llevar a cabo las evaluaciones comprendiendo los impactos ambientales ocurridos durante todas las etapas del ciclo de vida del sistema evaluado. En el presente estudio, la aplicación de los factores regionales calculados permitirá realizar una evaluación con mayor exactitud respecto de la que se obtendría empleando factores foráneos para las mismas categorías de impacto consideradas.

2. 1 METODOLOGIA

Se desea conocer cuáles son las ventajas y desventajas del uso de ladrillos de arena-cemento en lugar de ladrillos tradicionales¹ para la construcción de muros en viviendas ubicadas en la localidad de Medrano, en el departamento de Junín, provincia de Mendoza, considerando los resultados al aplicar factores de caracterización calculados para la región donde se emplazan las viviendas.

Los ladrillos alternativos no requieren cocción, y son producidos directamente en el lugar de construcción, sin consumir energía. Poseen en cambio cemento en su composición, lo que implica una serie de consecuencias ambientales por el proceso de producción del clinker y posteriormente del cemento, a partir de la materia prima (caliza, yeso, esquistos, óxido de hierro), para lo cual si se consume una gran cantidad de energía térmica y eléctrica. Se pretende determinar cuál de las dos alternativas es más benigna desde el punto de vista ambiental.

¹ La fabricación local de ladrillos es realizada en gran parte de modo artesanal y precario, obteniendo la materia prima de zonas potencialmente cultivables y que una vez agotadas se abandonan y se utilizan como vaciaderos clandestinos de residuos. En la mayoría de los casos la energía que se consume proviene de leña obtenida de los Algarrobos naturales locales, los cuales no son replantados con lo que se contribuye al fenómeno de la desertificación, problema por demás grave en una zona árida como la analizada. La cocción de los ladrillos efectuada de este modo produce una gran cantidad de elementos con malas características (ladrillos crudos), por lo que se consume mayor cantidad de materia prima, de energía y de mano de obra para cada unidad de ladrillo bien confeccionado. Estos aspectos no han sido cuantificados en el presente trabajo, ya que los datos existentes sobre el sector son escasos y muy dispersos, y se requiere un trabajo profundo de relevamiento para poder hacer estimaciones que tengan una buena relación con la realidad.

En este estudio se utiliza el ACV para la selección de materiales con menor impacto ambiental. Los flujos de materia y de energía consumidos y emitidos en los distintos momentos de la vida útil del sistema considerado intervienen durante: la fabricación, remontando el análisis desde la extracción de materia prima del ambiente; el transporte; el montaje; la puesta en obra (construcción); la operación y el mantenimiento, y por último el desmantelamiento y el tratamiento de los residuos al final de la vida útil, lo que puede incluir el reciclaje de los materiales, su uso en otros procesos industriales, el aprovechamiento energético de los materiales, etc.

2.1.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ANALIZADO

Los componentes que se analizan en el trabajo, corresponden al proyecto de las viviendas de un asentamiento rural, al que se le incorporaron pautas de diseño bioclimático, como resultado de talleres de diseño participativos. Se trata del conjunto de viviendas "Calle Caballero" en un enclave rural del oasis norte de Mendoza. La particularidad del proyecto consiste en el diseño con la gente (MITCHELL, 1996 al 1999), lo que posibilitó la recuperación de una tipología de vivienda rural de adobe, que se adecua a sus modos de vida, incorporándose innovaciones en el diseño y en su tecnología constructiva con el aval de sus futuros usuarios. La vivienda se organiza en un esquema "U" que rodea al espacio semicubierto (parral o galería) y orientada al norte. Posee pleno asoleamiento y los espacios ubicados al sur reciben radiación solar a través de ventanas altas por diferencia de techos.

La vivienda posee los siguientes espacios cubiertos: estar, cocina comedor, tres dormitorios, baños y lavandería-depósito. En la figura 1 se representa una vista en planta de la vivienda, así como su la fachada norte y su corte.

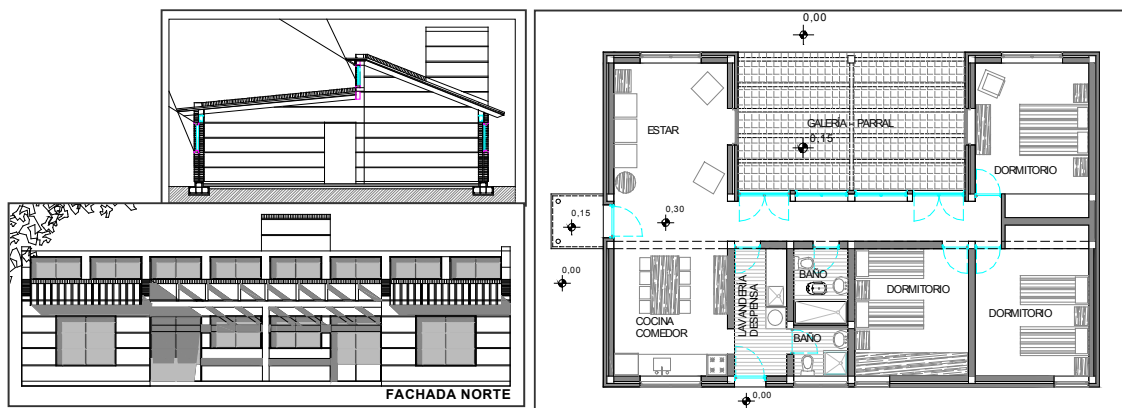


Figura 1. Vivienda analizada: Planta, corte y Fachada Norte

Sobre este esquema de vivienda se considerarán cuatro casos alternativos de construcción de muros perimetrales: dos con ladrillos tradicionales y dos con ladrillos de arena-cemento, en un caso sin aislamiento y en otro con aislamiento. Una representación esquemática de los cuatro muros analizados se presenta en la Figura 2.

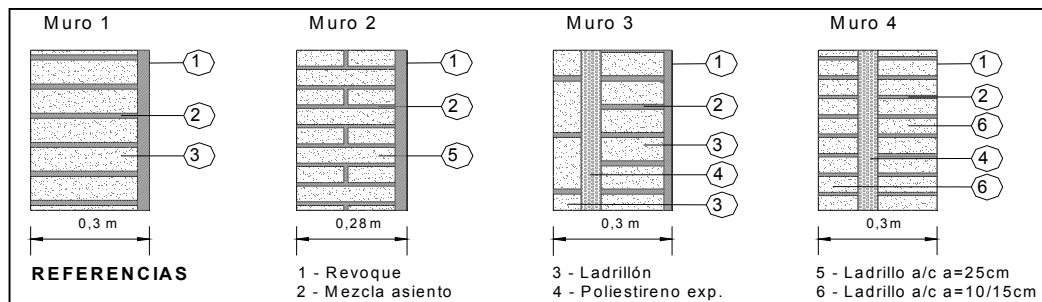


Figura 2. Esquema de los cuatro muros analizados

2.1.2. LA DEFINICIÓN DEL SISTEMA

La definición del sistema es la primera etapa del Análisis del Ciclo de Vida, y determina fuertemente los resultados obtenidos cuando se comparan proyectos alternativos. La Unidad Funcional que se utiliza en este estudio se define como *el impacto ambiental producido por la construcción de los muros de un edificio, de superficie 88 m² destinado a uso vivienda, incluyendo sus áreas de servicio, de duración útil 50 años, comprendiendo las pérdidas de energía para calefacción de las viviendas durante el período invernal que se producen durante su vida útil*. El análisis se efectúa, siguiendo esta definición, para los cuatro casos enunciados. De esta definición se deduce que no se incluirán en el análisis todos los demás componentes de las viviendas (fundaciones, techos, carpinterías, pisos, etc.), ya que son idénticas en los dos casos comparados. Esta definición se adapta por lo tanto a los objetivos del estudio, pero los resultados no serán utilizables para comparación con otros edificios que posean una definición de unidad funcional diferente. De acuerdo con el objetivo del estudio, no se pretende analizar los procesos productivos de la infraestructura sobre la que se apoya el sector, por lo que no se tomarán en cuenta los procesos secundarios (por ejemplo materiales y procesos utilizados para la construcción de los aparatos productivos que soportan la elaboración del cemento, el hierro, etc.), excepto en el caso de los flujos energéticos, los que serán analizados no sólo en la magnitud sino también en su eficiencia de producción, conversión y transporte hasta el lugar de consumo. Por último, dado que no existe en la actualidad en la Provincia de Mendoza una estructura organizada para la recuperación, reciclado y/o reuso de los materiales provenientes de la demolición de edificios (ni para otros sectores económicos), esta fase no será tenida en cuenta.

Los casos considerados poseen las mismas características funcionales (superficie habitable, nivel de confort higrotérmico y lumínico), duración, uso y ubicación. Esto último determina que no se incluyan en el análisis la producción de contaminantes debido al transporte de las personas, materiales y residuos domésticos durante la fase de uso de las viviendas.

Para el cálculo del consumo energético por calefacción asociado a cada uno de los casos se utilizó el método SLR del LANL (Balcomb et al 1983), utilizando los datos climáticos correspondientes al lugar de emplazamiento (1450 GD base 18).

Para el cálculo de los perfiles ambientales se consideró los factores de caracterización del método EDIP 96 (WENZEL et al, 1997), excepto para las categorías de impacto Acidificación y Eutrofización Terrestre, en las cuales se usó factores regionales que se calcularon mediante un modelo que contempla las cantidades de sustancias acidificantes (óxidos de Azufre y Nitrógeno) y eutrofizantes (óxidos de Nitrógeno) emitidas y depositadas, y la sensibilidad de los ecosistemas receptores frente a la acidificación y

eutrofización terrestre. Luego se compara uno de los perfiles ambientales obtenido con los factores de caracterización del EDIP 96 con el mismo perfil en el cual se empleó los factores regionales calculados.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos de la etapa de Inventario del análisis constituyen una gran masa de datos sobre materiales y energía consumida y efluentes producidos, cuya magnitud hace difícil la interpretación. Por esta razón se los ha expresado en unidades comparables, para lo cual se optó por el método de normalización de la persona equivalente, que relaciona un determinado impacto ambiental con el valor promedio de ese impacto a nivel mundial (o local) por cada habitante (WENZEL et al. 1997). Dado que no existen datos sobre emisiones por habitante para la Argentina, se han utilizado factores de normalización correspondientes a la situación europea. Los resultados han sido expresados en millonésimas de persona equivalente. Esto forma parte de la etapa de Evaluación de Impactos del método del Análisis del Ciclo de Vida.

3.1 PERFILES AMBIENTALES PARA 1M2 DE MURO

En la Figura 3 se representan los perfiles ambientales correspondientes a 1 m² de muro, para las distintas configuraciones consideradas. La comparación se realiza entre pares equivalentes, es decir muro simple de ladrillón tradicional (1) con muro simple de ladrillo de arena-cemento (2) y muro compuesto de ladrillón tradicional (3) con muro compuesto de ladrillo de arena-cemento (4). Se observa que el perfil ambiental de los muros construidos con ladrillos de arena-cemento es notablemente mejor que el de correspondiente a los muros constituidos con ladrillos tradicionales prácticamente en todos los impactos analizados, siendo el impacto de los muros de ladrillones tradicionales varios veces superior al de los de arena-cemento, con la excepción del potencial de producción de efecto invernadero. Esto se debe a que se ha supuesto que la leña con la que se provee la energía térmica para la cocción de los ladrillones tradicionales proviene de plantaciones planificadas, por lo que producen una emisión neta de CO₂ neta nula durante su ciclo de vida crecimiento-tala-combustión. Sin embargo esto no es cierto en la mayoría de los casos, ya que se utiliza leña de algarrobo local sin reposición, lo que contribuye al fenómeno de desertificación, obviamente un problema grave en una zona árida como la analizada.

Con el propósito de comparación, atendiendo a los crecientes esfuerzos de los municipios para erradicar la producción de ladrillos en modo artesanal (esfuerzos resistidos por los actuales actores de esta industria que ven peligrar su fuente de trabajo), se investigó cuál sería la situación si en lugar de leña se utilizara gas natural para la cocción, con los mismos rendimientos energéticos. Estos resultados han sido reportados en la figura (derecha). Se observa en este caso que el efecto invernadero asociado a la cocción de los ladrillones asume un rol preponderante en confronto con los demás impactos ambientales analizados, y que en esta situación el uso de ladrillos de arena-cemento adquiere aún mayor atractivo desde la perspectiva ambiental, ya que no requieren energía para su producción. El pequeño valor de producción de efecto invernadero asociado a los muros construidos con estos ladrillos se debe a que en su composición poseen cemento, el cual requiere cantidades de energía para su producción, lo cual trae aparejado la emisión de CO₂.

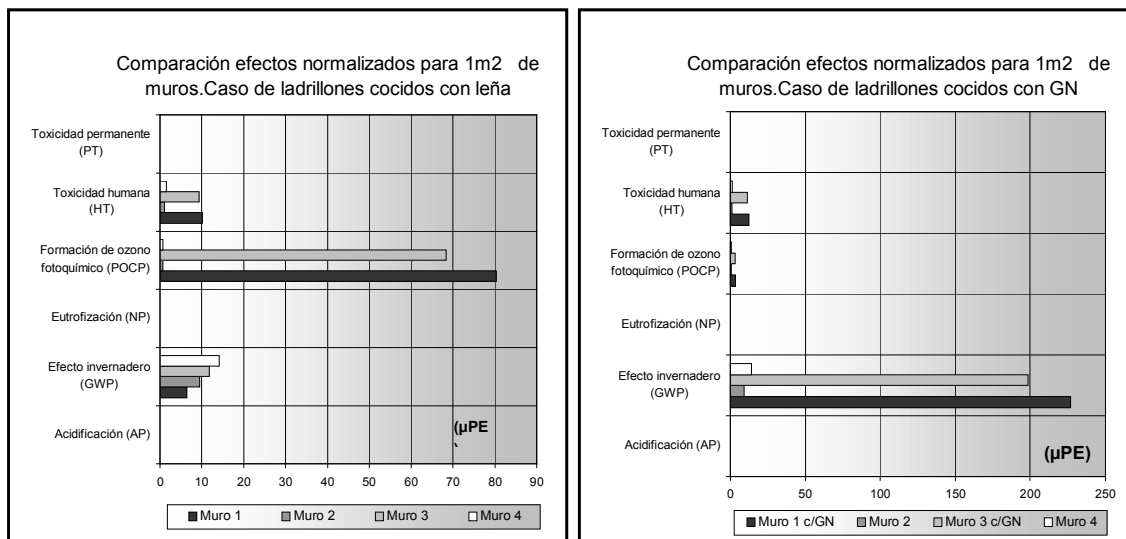


Figura 3. Perfiles ambientales (en μPeq) para 1m² de muro. Izquierda: cocción de ladrillos con leña. Derecha: cocción de ladrillos con gas natural.

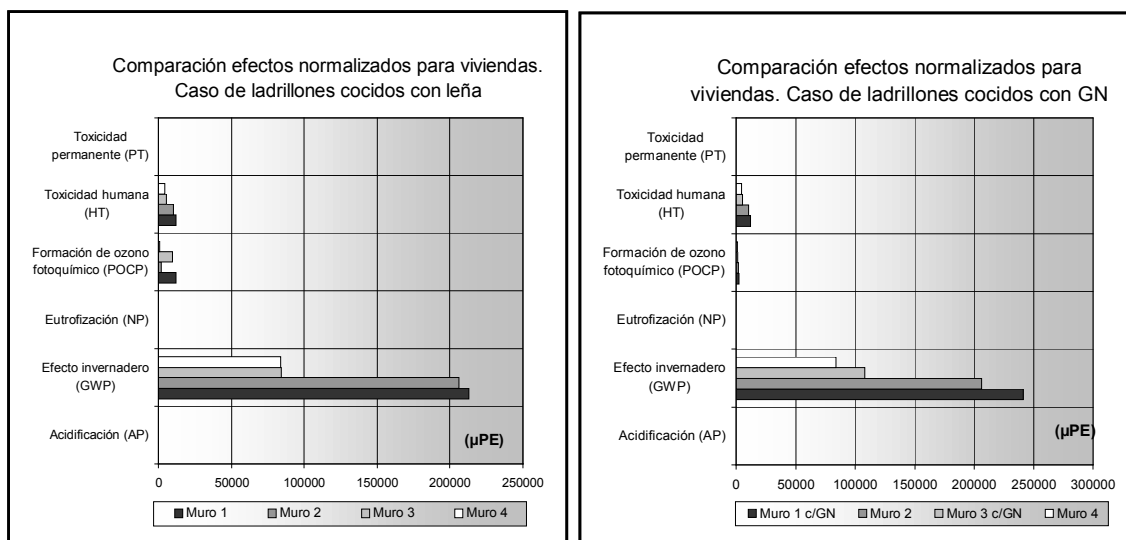


Figura 4. Perfiles ambientales (en μPeq) muros de la vivienda considerada. Izquierda: cocción de ladrillos con leña. Derecha: cocción de ladrillos con gas natural.

3.2 PERFILES AMBIENTALES PARA MUROS DE LA VIVIENDA ANALIZADA

Los perfiles ambientales analizados hasta ahora representan únicamente los impactos asociados a la fase de fabricación de 1 m² de muro, considerando desde la extracción de la materia prima hasta la erección del muro. En la figura siguiente se analiza el perfil ambiental correspondiente a la definición de Unidad Funcional adoptada para este trabajo y explicitada anteriormente. Se considera por lo tanto toda la superficie de los muros externos de la vivienda (127 m²), para los cuatro casos considerados. Como en el análisis precedente, se muestran los resultados para dos situaciones alternativas: cocción de ladrillos con leña y con gas natural, los cuales han sido representados en la parte izquierda y derecha de la citada figura respectivamente. De la comparación de estas figuras con las anteriores resulta obvio que la diferencia entre ambos conjuntos no es sólo un factor de escala por la diferencia de superficie considerada en cada una de ellas,

sino que en la última figura interviene además la influencia ambiental correspondiente a las pérdidas de energía por calefacción producida durante los períodos invernales de los 50 años de vida útil considerados. De este modo se incorpora la fase de uso de la vivienda en el análisis. En la figura de la izquierda se observa que existen ligeras ventajas ambientales para el caso de las viviendas cuyos muros han sido construidos con ladrillos de arena-cemento, para todas las categorías de impacto consideradas. La gran carga ambiental producida por el uso de energía de origen fósil para calefacción hace que las importantes diferencias existentes entre los materiales constitutivos de los muros pierdan el protagonismo inicial. En el caso de cocción de ladrillos con gas natural se observa que aparecen diferencias importantes en el potencial de calentamiento global., Comparando los perfiles de los casos 1 con 3 y 2 con 4, se observan los importantes beneficios ambientales derivados de la aislación de los muros externos de las viviendas.

3.3 COMPARACIÓN DE LOS PERFILES AMBIENTALES EMPLEANDO FACTORES FORÁNEOS Y FACTORES REGIONALES

Los resultados obtenidos aplicando factores regionales y factores de caracterización genéricos son básicamente los mismos en lo que respecta a la selección de la alternativa más benigna ambientalmente. Sin embargo, como se muestra en la figura 5, al aplicar factores regionales se evidencia que las categorías de impacto Acidificación y Eutrofización Terrestre no presentan ninguna relevancia en la región centro oeste árida argentina a la hora de incluirlas en un estudio de ACV puesto que la incidencia de estos impactos es nula, mientras que si tienen un valor significativo para el caso analizado cuando se consideran los factores potenciales para estos mismos impactos.

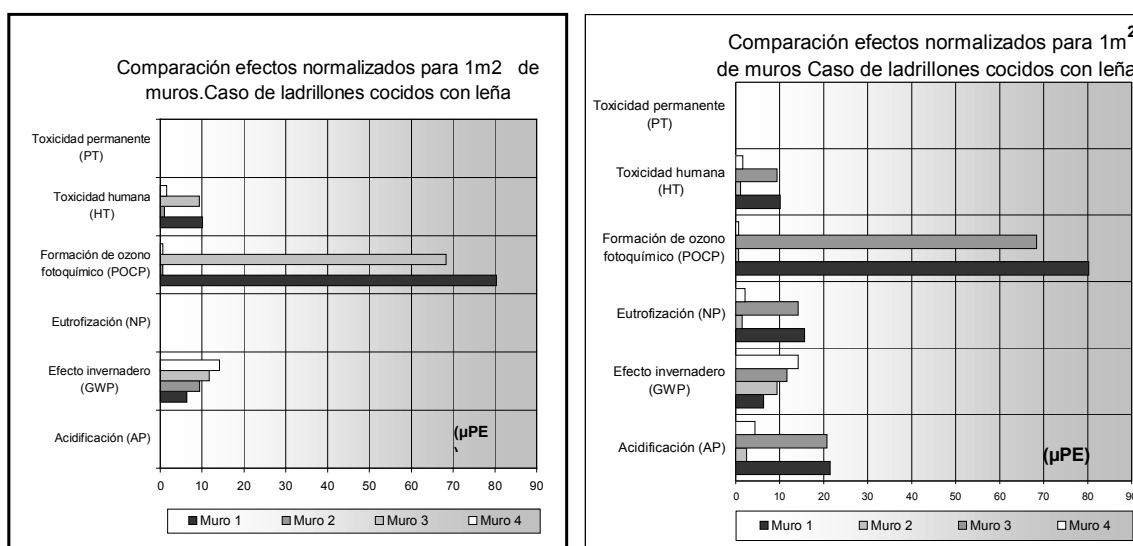


Figura 5. Comparación de los perfiles ambientales empleando factores potenciales (derecha) y factores regionales (izquierda) en las categorías de impacto Acidificación y Eutrofización Terrestre.

4. CONCLUSIONES

Los ladrillos de arena-cemento son una alternativa frente a los ladrillos tradicionales que comúnmente componen los muros de las viviendas en la región. Las diferencias que presentan estos ladrillos en las categorías ambientales consideradas son marcadamente significativas en magnitud al comparar el impacto de un m² de muro construido con uno

y otro tipo de ladrillo. Cuando se incluye en el análisis la fase de uso del edificio, las diferencias porcentuales se hacen menores, debido al gran peso del impacto ambiental relativo a la energía consumida para la calefacción de los ambientes de la vivienda. Sin embargo, estas diferencias adquieren mayor relevancia cuando se trata de una gran cantidad de viviendas, pues el impacto sobre el ambiente en términos reales sería muy grande. Por otra parte, se ha comprobado que con la aislación de los muros se obtienen notables beneficios ambientales durante su vida útil estimada.

Se demuestra también la potencialidad del método del análisis del ciclo de vida para la evaluación energética y ambiental del uso de materiales alternativos en el sector edilicio. Esta búsqueda de materiales más benignos ambientalmente a través de herramientas de análisis como el del Ciclo de Vida es conocida como “Ecomaterials”. Se observa cómo es posible poner en evidencia los impactos ambientales que cada elección determina, y rastrear los materiales o procesos que los causan, cuantificando su influencia.

Por último, este estudio ha permitido aplicar los factores de caracterización con carácter regional en un caso concreto, demostrando la baja relevancia que presentan estos impactos en la región árida considerada y poniendo de manifiesto la necesidad de avanzar metodológicamente en la definición y cálculo de indicadores y factores de categorías que representen la realidad medioambiental de la región, tales como erosión y salinización de los suelos, desertificación y consumo de agua entre otros.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARENA, AP; CIVIT, B (2006) Towards the identification and calculation of characterization factors for land use in western Argentina, Expert Workshop on definition of Best Indicators for Biodiversity and Soil Quality for Life Cycle assessment (LCA), Surrey, England, 11 y 12 de junio.

BALCOMB, J.D.et al. (1983). Passive Solar Design Handbook.ASES. Boulder, Co. USA.

CIVIT, B; ARENA, AP; PULIAFITO, SE (2005) Site-dependent acidification factors for argentinean western arid region, 2nd International Conference on Life Cycle Management, Barcelona, 5 – 7 de septiembre. ISBN 84-609-6564-3

CIVIT, B; ARENA, AP; PULIAFITO, E (2006a) – “Estudio de deposiciones de nitrógeno en suelos para la evaluación de la eutrofización terrestre en la región oeste árida argentina. Caso de estudio”, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. 2006. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

CIVIT, B; ARENA, AP; (2006b) Consideraciones sobre el impacto del uso del suelo en estudios de Análisis de Ciclo de Vida conducentes a la definición de indicadores. Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería, Mendoza, 9, 10 y 11 de octubre – Publicado en Actas de Congreso. ISBN 967-43-9997-X.

CIVIT, B Y ARENA, AP (2006c) Terrestrial Acidification: is it an impact category of relevance for ACV studies in the Argentinean western arid region? 2nd International Conference on Quantified Eco-Efficiency. Analysis for Sustainability- Egmond aan Zee, Netherlands, 28-30 de Junio.

- CIVIT, B; ARENA, AP; (2007) Avances en el desarrollo de factores de equivalencia para ser aplicados en estudios de Análisis de Ciclo de Vida. Región centro oeste árida argentina"- CILCA 2007 – Conferência Internacional Ciclo de Vida – 26 al 28 de febrero. San Pablo, Brasil.
- GOEDKOOOP, M and SPRIENSMA, R. (2001) “The Eco-Indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Methodology Report. 3° Ed. Amesfoort, The Netherlands. Pp 144.
- GUINÉE, J (Final editor) (2004) “CML 2 baseline 2000” Institute of Environmental Sciences- Leiden University Leiden, The Netherlands.
- HAUSCHILD, M and POTTING, J, editors (2004) “Spatial differentiation in life cycle impact assessment: the EDIP 2003 methodology”, Guidelines from the Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen, pp. 285.
- HUIJBREGTS, M (2001) “Uncertainty and variability in environmental life-cycle assessment” Ph.D. Thesis University of Amsterdam- pp 192.
- ISO (1997) - Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework - EN ISO 14040.
- KREWITT W et al (2001) “Country-specific Damage Factors for Air Pollutants. A step Towards Site Dependent Life Cycle Impact Assessment”, Int J LCA 6(4) 199-210 D-86899 Landsberg, Germany.
- MITCHELL, Jorge (1996) Propuesta de mejoramiento de las condiciones del confort térmico interior del Hábitat Social a partir de sobre costo cero". Actas XIX Reunión de ASADES, Mar del Plata. Argentina.
- MITCHELL, Jorge y GASCÓN, Margarita (1998). Teaching peasants how to build more efficient houses. The experience of organizing workshops in a rural area of Mendoza, Argentina. Proceedings of the Sixth International Symposium on Renewable Energy Education (ISREE-6) New Delhi, India.
- MITCHELL, Jorge (1998) Taller de vivienda social - Propuesta de mejoramiento de las condiciones ambientales interiores del Hábitat. Revista AERMA, Salta. Argentina. Vol.II, pp.03/79-82.
- MITCHELL, Jorge (1999). Transferencia a trabajadores rurales de conocimiento sobre sistemas pasivos de energía para la autoconstrucción de su vivienda rural. Talleres con una ONG del departamento de Junín, Mendoza, Argentina. Presentado en ponencia y publicado en las Actas de la Conferencia Científica Internacional Medio Ambiente Siglo XXI. Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Cuba.
- POTTING J., SCHÖPP W. and HAUSCHILD M. (2004) Background for spatial differentiation in life cycle impact assessment. The EDIP2003 methodology. Final Version. Copenhagen. pp 285.
- WENZEL, H., HAUSCHILD, M., ALTING, L (1997). Environmental assessment of Industrial Products, Chapman & Hall, UK.