

MODELO DE IMPACTO DE USO DEL SUELO. EVALUACIÓN DE SELLAMIENTO DE SUELO EN DIFERENTES ALTERNATIVAS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS DE UN CONJUNTO DE VIVIENDAS SOCIALES EN UN MEDIO RURAL.

B. Civit^{1,2}, A P. Arena^{1,2}, J Mitchell¹, M Basso¹

1. INCIHUSA – Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda – Cricyt – CONICET

2. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza

RESUMEN

Las actividades humanas se asocian en mayor o menor medida con la ocupación y/o transformación del suelo, y este uso del suelo puede causar diversos impactos ambientales que se manifiestan en la pérdida de diversidad biológica o en la disminución de la calidad del suelo. Este trabajo aplica un modelo de impacto de uso del suelo. El mismo contempla diversos factores intervinientes en el proceso de degradación que el suelo podría sufrir como consecuencia de su uso. Se presenta su aplicación en la selección de la infraestructura de servicios de un barrio con carácter social que se construirá en un área rural. Se analizan tres alternativas de diseño diferentes considerando como único factor para su selección el sellamiento del suelo. Los resultados obtenidos muestran un menor impacto para la alternativa propuesta que responde a criterios de sostenibilidad energético ambiental.

Palabras clave: uso del suelo, impacto por el uso del suelo, sellamiento superficial.

EL USO DEL SUELO Y LOS IMPACTOS POR EL USO DEL SUELO

El término “uso del suelo”¹ se asocia a la clasificación de las actividades humanas que ocupan una porción de tierra y que están relacionadas en mayor o menor medida a la transformación y ocupación del suelo conduciendo a la generación de impactos ambientales sobre la diversidad biológica y/o la calidad del suelo, referida a las funciones de soporte de vida. En este contexto, definiremos *ocupación* del suelo tal como la define Weidema y col. (2001) y como lo expresa Antón (2004): “...al impacto que se produce sobre la flora, fauna, suelo y superficie de suelo mientras se mantiene una actividad humana ...”, y a la *transformación* del suelo como el “proceso por el que se produce un cambio en la flora, fauna, suelo o superficie del suelo de un estado original a otro estado alterado”. El término *transformación* denota que una porción de tierra se toma durante un cierto período de tiempo para desarrollar un determinado proceso, y las propiedades ambientales de la misma se mantienen sin alteraciones que perduren luego del cese de la actividad. El término *ocupación*, en cambio, denota el cambio de las propiedades ambientales de la porción de tierra ocupada, y tal cambio puede prevalecer luego del cese de dicha actividad.

Las actividades antrópicas, como la minería, la industria, la agricultura, la ganadería y el asentamiento humano están asociadas en mayor o menor medida a la transformación y ocupación de las tierras y traen aparejadas, por una parte, la necesidad de contar con una diferenciación espacial para la actividad realizada, y por otra, se debe tener en cuenta una diferenciación temporal de la misma, de modo tal que se contemple el período de tiempo durante el cual se lleva a cabo la actividad. Es decir, que al evaluar el impacto causado por el uso del suelo de una determinada actividad del sistema producto, se debe incluir en el análisis el lugar donde la actividad se realiza (región, localidad), el tipo de actividad y el período de tiempo que dura dicha actividad.

En los países latinoamericanos, y específicamente en la Argentina, los problemas socioeconómicos y el aumento de la población (Según el INDEC la tasa de crecimiento registrada en el último censo del año 2001 indica que la población argentina creció un 10,4% respecto del censo realizado una década antes, frente a una tasa de 0.9 % registrada en EEUU para el mismo período, como ejemplo de crecimiento de población de un país desarrollado) conducen en un alto grado al uso no sustentable del suelo, ya sea por prácticas agrícolas inadecuadas, sobrepastoreo, mal uso del recurso agua, edificación sin planificación, entre otros. Es por esto que para promover los sistemas sostenibles se necesita identificar y analizar los factores que afectan la calidad del suelo con su uso, con el objeto de considerarlos en los análisis ambientales, y plantear propuestas de mitigación, control y prevención de los impactos producidos.

¹ Nos referiremos a suelo, en sentido amplio, no sólo como el estrato de la corteza terrestre que da sustento al desarrollo biológico y que sufre modificaciones geomorfológicas, sino como la superficie de la tierra que permite el desarrollo de diversas actividades humanas las cuales pueden tener su impacto sobre la biodiversidad y la disminución en la calidad del suelo. En este sentido sería más apropiado emplear la expresión “uso de la tierra”, para no confundir el significado de suelo; sin embargo en este trabajo nos referiremos a uso del suelo como sinónimo de uso de la tierra.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV), una herramienta objetiva de evaluación ambiental, encuentra su aplicación en el sector edilicio permitiendo seleccionar entre diferentes materiales el que presente menor impacto ambiental, y desde la perspectiva del uso de los recursos que el sector consume, permite su optimización mediante la implementación de soluciones proyectuales que persiguen una relación adecuada entre la envolvente y el medio (Arena, 1999). Uno de los recursos indispensables para el desarrollo de la actividad edilicia, como ocurre también con otras actividades, es el suelo, donde se instalará la construcción y su infraestructura de servicios. La evaluación del impacto por ocupación o transformación de la tierra expresados en términos de su calidad, en el contexto del Análisis de Ciclo de Vida, comenzó de manera cualitativa. Goedkoop y Spriensma (2001) en el Eco-Indicador 99 consideraban el uso del suelo cuantificando el daño sobre la calidad del ecosistema, y en los últimos seis años se han realizado numerosos trabajos que se centran en la determinación de indicadores que permitan cuantificar el impacto potencial o el daño causado sobre la calidad del suelo y/o la biodiversidad de especies como consecuencia del uso del suelo, y se han aplicado a diversos casos de estudio con el objeto de validarlos y demostrar su aplicabilidad en el marco del ACV (Jolliet et al, 2005; Mila i Canals, 2005; Antón, 2005; Cowell and Cliff, 2002; Weidema, 2001; Lindeijer, 2000a; Lindeijer, 2000b; Köllner, 2000). Sin embargo, no existe consenso entre los grupos de investigación abocados a la temática en cuanto a definir cuál es el indicador más adecuado para cada variable involucrada. Por otra parte, no se ha establecido aún un indicador que permita cuantificar el impacto producido por el cambio en el uso del suelo. El caso que se presenta en este trabajo, el que será expuesto en secciones posteriores, es un ejemplo claro de cambio en el uso del suelo, puesto que se refiere a la construcción de un conjunto habitacional en una zona netamente agrícola. Es decir, se evidencia el cambio de una actividad en un sistema agrícola² por una actividad en un sistema construido. Si bien hasta el momento no podemos cuantificar el impacto debido al cambio en el uso del suelo, se intenta formular un modelo de impacto por uso del suelo, y analizar su aplicabilidad en un caso concreto con el fin de evaluar si efectivamente el modelo representa los elementos identificados en el proceso de degradación del suelo por su uso.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es aplicar el modelo desarrollado de evaluación de impacto por uso del suelo. El mismo se aplicó en la selección de alternativas más adecuadas de diseño de infraestructura de servicios a un conjunto de viviendas con carácter social en un medio rural que considera el uso sostenible del suelo. Es relevante mencionar que este trabajo forma parte de un estudio integral del factor de uso del suelo, que involucra otros parámetros y variables dependiendo de las diferentes actividades que ocupan el suelo y de su incidencia en el detrimento de la calidad del mismo donde éstas se realizan. En el caso que se presenta, se ha considerado sólo uno de estos factores, el sellamiento de suelo definido como la relación entre la superficie efectivamente sellada con respecto a la superficie disponible sin cubrir.

MATERIALES Y MÉTODOS

El caso de estudio es un barrio rurbano de 31 viviendas de interés social, ubicado en el distrito de Medrano, departamento de Junín en la provincia de Mendoza, zona netamente rural cuya actividad principal es la producción agrícola, y forma parte del Proyecto de la ANPCyT: PID N°23120/04. "VIVIENDAS SOCIALES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES PARA DISTINTAS LOCALIZACIONES GEOGRÁFICAS Y CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA PROVINCIA DE MENDOZA". Dicho proyecto se encuentra en el marco del Convenio de Colaboración suscripto entre el Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (grupo de investigación) y el Instituto Provincial de la Vivienda de Mendoza (ente público o entidad adoptante, principal productor de viviendas de interés social) con interés en la incorporación de potenciales y nuevos desarrollos tecnológicos, cuyo objetivo fundamental es alcanzar una producción de un hábitat ambiental y energéticamente sustentable para la vivienda de interés social mediante el mejoramiento de la calidad de las viviendas y su entorno a través de estrategias sustentables en el diseño edilicio y su infraestructura de servicios con la finalidad de optimizar la relación entre Confort, Eficiencia energética y Costo. Otro de los objetivos del proyecto es el diseño participativo de los usuarios en el proceso de diseño de la vivienda y en la planificación de los conjuntos habitacionales (Mitchell et al, 2007). Para dicho proyecto se determinaron 6 zonas climáticas. El objetivo final es la propuesta de una nueva operatoria de vivienda de interés social sustentable.

Descripción del Conjunto Habitacional

El barrio está rodeado por cultivos de frutales, olivos y vides (ver figura 1a y b). Las casas están dispuestas en una manzana central y sobre las calles laterales que la rodean (ver figura 2), y han sido proyectadas según pautas de arquitectura bioclimática, con el objeto de contribuir a un mejoramiento sustancial del comportamiento ambiental y energético. El área que ocupa el proyecto es de 2.477 ha. Las viviendas, los accesos y las veredas perimetrales conforman una superficie de 3840 m² (0.384 ha). Este es el primer barrio que se construirá de los seis programados, cada uno de ellos en una zona bioclimática diferente de la provincia de Mendoza.

² Las actividades humanas tienen lugar en diversos sistemas, sobre los que producen su impacto. En la bibliografía encontramos diferentes clasificaciones para los sistemas que dan lugar al desarrollo de estas actividades, entre los que podemos mencionar los propuestos por Heijungs y col. (1992), ellos se resumen en a) sistemas naturales, b) sistemas modificados, c) sistemas cultivados, d) sistemas construidos y e) sistemas degradados.



Figura 1 a y b. Ubicación del terreno donde se construirá el barrio 1, marcado como "Terreno IPV". Fuente: Google Earth®.

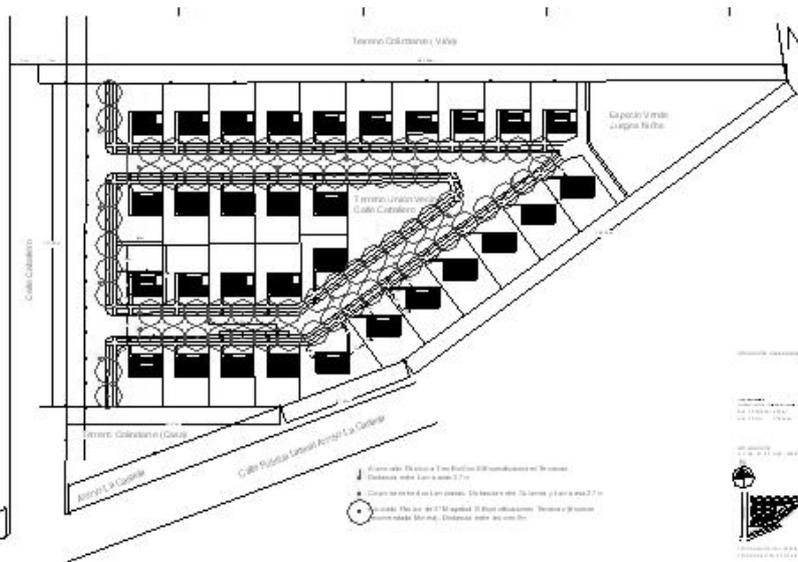


Figura 2. Disposición de las viviendas en el terreno

Indicadores de Uso del Suelo

La región considerada presenta tierras áridas en toda su extensión (Abraham, 2002), por lo que el impacto producido por el uso del suelo se manifiesta en el fenómeno de desertificación, quedando excluidos los "oasis"³ que se han creado en la provincia, los cuales concentran la mayor densidad de población, y por lo tanto, los centros urbanos, las actividades industriales, agrícolas, comerciales, educacionales. Existe consenso entre los países de América Latina y el Caribe en la definición de un conjunto de indicadores de desertificación que contempla indicadores de estado, presión, respuesta e impacto. Se han definido 28 indicadores de estado, siendo algunos de ellos el índice de aridez, el índice de pobreza hídrica, las especies de flora y fauna en peligro de extinción; 13 indicadores de presión, entre los que podemos mencionar el porcentaje de suelo desnudo, el consumo de agua, el grado de erosión hídrica; 20 indicadores de respuesta como por ejemplo el número de instituciones vinculadas al estudio del agua y la existencia de normativa referida al suelo tanto a nivel nacional como provincial; y por último 6 indicadores de impacto, entre los que figuran tasa neta de migración y el porcentaje de población por debajo de la línea de pobreza (Abraham, 2004). En este marco, la Argentina toma los indicadores propuestos que son aplicables a las condiciones regionales y locales y se propone una extensa lista de indicadores a escala nacional y local que incluye factores abióticos (clima, agua, suelo), factores bióticos (flora y fauna), factores socio-económicos (uso del suelo, población, pobreza) y factores institucionales (organizaciones sociales, políticas gubernamentales y no gubernamentales). En trabajos anteriores (Arena y Civit, 2006; Civit y Arena, 2006) se seleccionaron los indicadores de desertificación que encuentran aplicabilidad en la metodología de evaluación de impactos del ciclo de vida, incluyendo solamente aquellos que denoten presión, mientras que los indicadores de estado se contemplaron como una medida de la sensibilidad o riesgo de desertificación. A partir de ello se comenzó a analizar la opción más adecuada para definir el modelo de impacto para la categoría desertificación. Hasta el momento se han obtenido avances de significativa importancia. Sin embargo, su aplicación no contempla el uso del suelo dentro de los oasis debido a que en estos no se presentaría riesgo de desertificación mientras las condiciones de oasis se mantengan. Por esta razón, se adaptó el modelo que planteamos

³ Entendemos oasis como el opuesto a desierto, siendo la condición fundamental para su existencia la disponibilidad del recurso agua, sin el cual no es posible el desarrollo de la agricultura, lo que determina la economía de una región o país (George, 1966).

inicialmente⁴, de manera tal que permita cuantificar el impacto producido por actividades antrópicas que tengan lugar en los oasis.

El modelo que se propone para cuantificar el impacto causado por una actividad antrópica que ocupa o transforma una porción de suelo se expresa mediante la ecuación 1,

$$F_{\text{uso de suelo}} = A (\sum F_i) RD_j t \quad \text{Eq. (1)}$$

Donde $F_{\text{uso de suelo}}$ es el factor de caracterización de uso del suelo; A es el área total ocupada; $(\sum F_i)$ es la suma de todos los factores que afectan la biodiversidad o la calidad del suelo por su uso; RD_j^5 es el factor de riesgo de desertificación, y t es el tiempo que dura la actividad. El factor de uso del suelo resulta expresado en unidad de área x unidad de tiempo (m^2 año ó ha año), pues tanto los factores F_i como RD_j son factores adimensionales. Los factores considerados son: erosión, que se obtiene aplicando la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE); sellamiento de suelo, variando entre 0 y 1; consumo de leña como combustible, variando entre 0 y 1; sobrepastoreo, calculado como el número de animales por unidad de superficie respecto de la capacidad de carga del área considerada, variando entre 0 y 1; por último la variación de la cobertura vegetal calculada como la relación entre la cobertura vegetal final y la cobertura vegetal inicial respecto de la cobertura vegetal de referencia. Cada uno de los factores que aparecen involucrados en la sumatoria de la ecuación 1, presentan a su vez interrelaciones, de manera tal que al modificar alguno de ellos pueden modificarse uno o todos los factores restantes. Sin embargo, ante la ausencia de datos que permitan establecer tales interrelaciones, se ha supuesto en esta primera fase una independencia de los factores considerados y asumimos que varían de forma lineal, puesto que para un mismo caso analizado los términos A , RD y t permanecen constantes. La relación entre el factor de uso del suelo y el sellamiento superficial, como único componente variable en el modelo, se muestra en la figura 3. El factor de riesgo de desertificación se determinó a partir del mapa de riesgo de desertificación realizado por F. Roig et al, 1991.

El factor de uso del suelo debe representar la extensión de superficie de suelo que durante un determinado período de tiempo sufre una disminución de la calidad del suelo y/o la pérdida de biodiversidad por su uso. Asimismo debe permitir establecer una equivalencia entre el estado inicial al desarrollo de la actividad y estado final una vez que la actividad ha cesado. Esta variación es la medida del impacto que tal actividad ha generado durante su desarrollo.

En el caso de estudio de este trabajo A es el área disponible para calles, veredas y acequias, en unidad de área; F_i se consideró solamente como el sellamiento de suelo; y el factor de riesgo de desertificación para este caso es igual a 1, correspondiendo a la categoría "Oasis" dentro de la clasificación establecida.

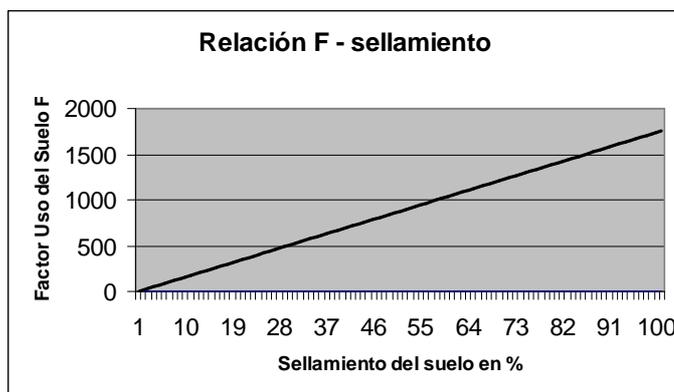


Figura 3. Relación entre el porcentaje de sellamiento del suelo y el factor de uso del suelo.

ALTERNATIVAS EVALUADAS

Se analizan tres alternativas de diseño de infraestructura de servicios:

La primera de ellas (Alternativa I) considera veredas de 1.5m de ancho de suelo cemento, calles enripiadas, lo que permite una buena infiltración hídrica, y las acequias sin recubrir (fondo y lateral interior). Esta alternativa se propuso contemplando la prestación de servicio y criterios de sostenibilidad energético ambiental (Correa, 2006). La segunda alternativa (Alternativa II) se seleccionó siguiendo la especificación establecida en la ley de loteos, siendo esta la alternativa mínima aceptable para el desarrollo de hábitat social en Mendoza. La misma incluye veredas de 1 m de ancho con suelo de hormigón, calles enripiadas y acequias recubiertas con hormigón. Por último, la tercera opción (Alternativa III) responde a los potenciales deseos de los ocupantes de las viviendas, que se conocen de manera informal por la experiencia en trabajo relacionado a la

⁴ El modelo fue presentado por Civit y Arena en una reunión de trabajo llevada a cabo en la Universidad Autónoma de Barcelona, en julio de 2007, en la cual se discutieron temas relacionados con la cuantificación del impacto de desertificación en tierras áridas y el uso del suelo agrícola, entre otros.

⁵ Los factores de riesgo de desertificación que hemos calculado, siguiendo la clasificación propuesta por Roig et al (1991) son: Oasis, 1; Bajo, 1.41; Moderado, 1.59; Alto, 1.72; Muy Alto, 1.93 y Desierto Andino, 0.

vivienda social, y considera veredas de 3 m con baldosas calcáreas, calles asfaltadas y acequias recubiertas con hormigón. Esta última constituye una alternativa de máxima. Se excluye del análisis la superficie de las viviendas, de los accesos y de las veredas perimetrales porque son idénticos en los tres casos, y se evalúan los elementos que presentan variación en cuanto al material de construcción y a la superficie cubierta que ocupan. Estos, en números totales, son: las calles con 4928 m², veredas y acequias con 3100 m² y espacio comunitario con 390 m².

Alternativa I	Alternativa II	Alternativa III
Veredas 1.5m, suelo cemento	Veredas 1m, lajas de hormigón	Veredas 3m c/ baldosas calcáreas
Calles enripiadas	Calles enripiadas	Calles asfaltadas
Acequias sin recubrir	Acequias hormigón	Acequias hormigón

Tabla 1. Resumen de las características de cada alternativa propuesta

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Se aplicó la Eq. 1 a cada alternativa propuesta, considerando una vida útil para las viviendas de 50 años. Las equivalencias entre superficies cubiertas y superficies selladas se calcularon teniendo en cuenta los factores de permeabilidad de cada material empleado en las alternativas evaluadas. El sellamiento del suelo expresado en porcentaje corresponde al 24.22 % para la alternativa I, al 30.68 % para la alternativa II y al 100 % para la alternativa III (ver figura 4a). Estos porcentajes se han calculado considerando las superficies selladas de calles, veredas y acequias respecto del área total disponible para las mismas. En cuanto al factor de uso del suelo, la alternativa I presenta un factor de 10.19 ha año, con una superficie cubierta de 6609 m² los que equivalen a 1601.18 m² sellados. La alternativa II presenta un factor igual a 12.91 ha año, con una superficie cubierta de 7038 m², que equivalen a 2159.28 m² sellados. Por último, la alternativa III resultó con un factor de 42.09 ha año, con una superficie sellada de 8418 m² (ver figura 4b). Esto significa que las 0.8418 ha iniciales destinadas a ser ocupadas con infraestructura de servicios en un oasis rural, en el cual se cambia el uso tradicional agrícola, durante un período de 50 años, equivale al sellamiento de 10.19ha año, 12.91ha año y 42.09 ha año respectivamente. Como se desprende de los resultados expuestos, la variación entre las tres alternativas propuestas se encuentra entre el 69 y el 75 %, lo que se explica, desde el punto de vista del sellamiento superficial, porque tanto el asfalto como las baldosas calcáreas y el suelo cemento presentan muy baja permeabilidad, mientras que el ripio permite una percolación total y podría considerarse como si no estuviese el suelo sellado. Es de significativa importancia resaltar que el tránsito vehicular que sufrirán las calles será escaso debido a que es un conjunto de viviendas cerrado. Por otra parte, sólo el 30 % de los ocupantes del mismo poseen vehículos. De todos modos las tres opciones imposibilitan a la superficie para el desarrollo de otra actividad diferente al tránsito vehicular o peatonal, que en definitiva es la función que la infraestructura de servicios cumple.

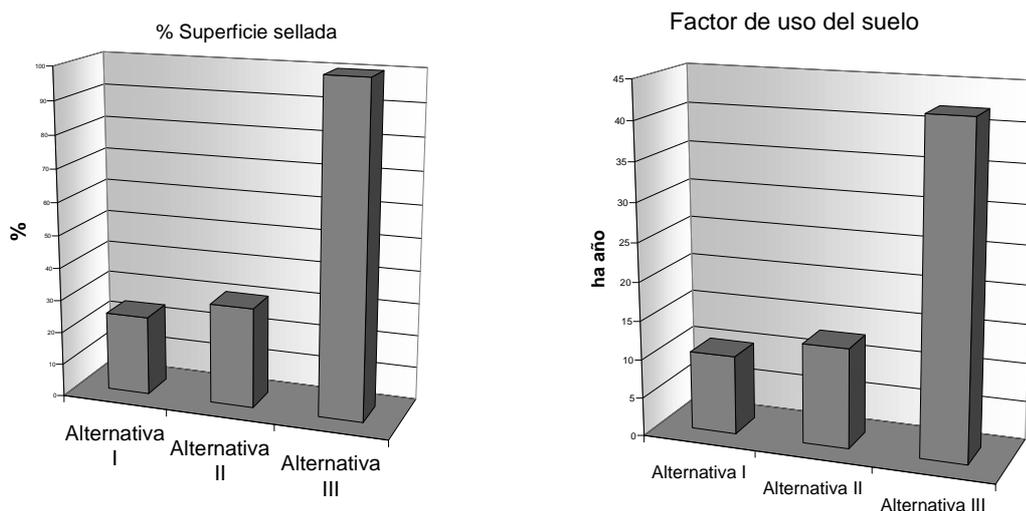


Figura 4.a) Porcentaje de suelo sellado en cada alternativa analizada; b) Factor de uso del suelo para cada alternativa propuesta.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, podemos concluir que la Alternativa I, la cual contempla veredas de suelo cemento, calles enripiadas y acequias sin recubrimiento, es la alternativa más benigna desde el punto de vista del sellamiento superficial, mientras que la Alternativa III es sin lugar a dudas la menos favorable. Entre la Alternativa I y la II no se evidencia una diferencia significativa, por lo que podría considerarse una opción viable ya que es probable que los propietarios de las viviendas del conjunto habitacional prefieran contar con las acequias cubiertas.

Con este indicador se complementaría la información referida a los consumos energéticos y de recursos que cada material de sellamiento insume en su fabricación y colocación, y a las emisiones liberadas al medio, que se obtienen de un estudio de Análisis de Ciclo de Vida completo. Este indicador si bien constituye un avance en la consideración del impacto del uso del suelo, algo no incluido adecuadamente hasta ahora en los estudios de ACV, requiere de mayor elaboración para poder incluir en el análisis las interrelaciones que presentan los factores involucrados en el modelo.

Los resultados obtenidos avalan la necesidad de continuar con el desarrollo de indicadores que permitan hacer una evaluación integral del caso, teniendo en cuenta todos los factores que se ven afectados por la ocupación o transformación de una superficie, tales como el tipo de material empleado, el grado de escorrentía superficial, las variaciones en la cobertura vegetal, la erosión hídrica, el cambio en el uso del suelo, entre otros.

REFERENCIAS

- Abraham, EM (2004) "Recopilación y armonización de indicadores de desertificación a ser utilizados por el programa" – Programa de Combate de la Desertificación y Mitigación de la Sequía en América del Sur. TC-01-01-07-2- RG, 2004.
- Abraham, E (2002) Lucha contra la Desertificación en las Tierras Secas de Argentina; el Caso de Mendoza, en El agua en Iberoamérica: De la escasez a la desertificación. CYTED XVII, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Aprovechamiento y Gestión de los Recursos Hídricos. Ed. A. Fernández Cirelli y E. Abraham, CYTED XVII y CETA, 27-44
- Antón, MA (2004) Utilización del Análisis de Ciclo de Vida en la Evaluación del Impacto Ambiental del Cultivo bajo Invernadero Mediterráneo. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya, Programa de Doctorat Enginyeria Ambiental, Barcelona – España.
- Antón, MA et al (2005) Land use indicators in life cycle assessment. Case study: the environmental impact of Mediterranean greenhouses. *Journal of Cleaner Production* 2005.10.001 pp 1-7.
- Arena, AP (1999) un instrumento para el análisis y evaluación ambiental de productos y Tecnologías. El análisis de ciclo de vida. II – adecuación para el sector edilicio. *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Volumen 3, Nº 2, Año 1999. *Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente*.
- Arena, AP y 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
- Civit, B y Arena, AP (2006) Consideraciones sobre el impacto del uso del suelo en estudios de Análisis de Ciclo de Vida conducentes a la definición de indicadores., en Rivera S y Núñez McLeod (ed) *Desarrollo e investigaciones Científico – Tecnológicas en Ingenierías*. Impreso en Argentina. Pág 299 - 305
- Correa, E (2006) Propuestas para el proyecto PID N°23120/04. "VIVIENDAS SOCIALES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES PARA DISTINTAS LOCALIZACIONES GEOGRÁFICAS Y CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA PROVINCIA DE MENDOZA". Informe presentado
- Cowell S y Clift, R (2000) A methodology for assessing soil quality and quality in life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production* 8 (2000) 321-331
- George, P (1966) Ensayo de tipología de los oasis. *Boletín de Estudios Geográficos*. Nº 51 Vol XIII. Universidad Nacional de Cuyo, impreso en Argentina.
- Goedkoop, M y Spriensma, R (2001) Eco-Indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Methodology Report. Anex 1. (3° edition) Amesfoort.
- Jolliet, O et al (2005) Progresses in Life Cycle Impact Assessment within the UNEP/SETAC Life Cycle Initiative *Int J LCA* 10 (6) 447 – 448 (2005)
- Köllner, T (2000) Species-poll effect potentials (SPEP) as a yardstick to evaluate land-use on biodiversity. *Journal of Cleaner Production*. 8:293-311

- Lindeijer, E et al (2000a) Review of land use impact methodologies, *Journal of Cleaner Production*, Vol 8, 273–281
- Lindeijer, E (2000b) Biodiversity and life support impacts of land use in LCA, *Journal of Cleaner Production*, Vol 8, 313-319, 2000.
- Milà i Canals et al (2007) Method for assessing impacts on life support functions (LSF) related to the use of ‘fertile land’ in Life Cycle Assessment (LCA). *Journal of Cleaner Production* 15 (2007) 1426-1440
- Mitchell, J et al (2007) Viviendas sociales bioclimáticas. Un proyecto para la provincia de Mendoza, Argentina. *Jornadas Iberoamericanas de Edificios y Viviendas Sociales Bioclimáticas*. México, mayo de 2007.
- Roig, F et al (1991) *World Atlas of Desertification*, FAO – UNEP.
- Weidema, B (2001) Physical impacts of land use in product life cycle assessment. Final Report of the ENVIRON-LCAGAPS sub-project on land use. Department of Manufacturing Engineering and Management. Technical University of Denmark. IPL – 033-01

ABSTRACT: Human activities are associated with land occupation and/or transformation, and this land use can cause diverse environmental impacts such as the loss of biological diversity or the soil quality decrease. In this work a preliminary model of impact of land use, that considers a group of intervening factors in the process of degradation by its use, is developed and applied to a study case: the selection of the infrastructure of services of a residential ensemble with social character that will be built in a rural area. Three different alternatives of design are analyzed, considering as only factor for their selection the sealed cover. The obtained results show a smaller impact for the propose alternative that responds to environmental sustainability criteria.

Key words: land use, impact from land use, sealed cover