



Resúmenes en Español  
*Revista de Ecología Industrial*  
Volumen 23, Número I

Traducido / organizado por

Xavier Gabarrell Durany ([UAB](#)), Cristina Madrid-López ([UAB](#), [Yale](#)),  
Violeta Vargas ([UPC](#)), Joan Rieradevall ([UAB](#)), Gara Villalba ([UAB](#)), Elena Eijo Rio ([UAB](#)),  
Pere Muñoz, Jorge Sierra ([UNIZAR](#)), Susana Toboso ([UAB](#)), Bart van Hoof ([UA](#)), Santiago Londoño ([UA](#)),  
Esther Sanyé Mengual, Viviana Salas ([UA](#)), Alejandro Marcos Valls ([UAB](#)),  
David Sanjuan Delmas ([UGent](#)), Daniel Gaitan ([WUR](#)), Martí Ruffí Salís ([UAB](#)),  
Violeta Vargas ([UPC](#)), David Font Vivanco ([UCL](#)), Joan Rieradevall ([UAB](#)), Anna Petit Boix ([UAB](#)), Miguel  
Villegas

Spanish Abstracts  
*Journal of Industrial Ecology*  
Volume 23, Issue I

Translated / organized by

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1

<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12745>

### Conectando la ecología industrial y la economía ecológica: un fundamento teórico y empírico para la economía circular

Aurélien Bruel, Jakub Kronenberg, Nadège Troussier y Bertrand Guillaume

**Palabras clave:** sistema económico de ciclo cerrado, ecología industrial, oportunidad de investigación, desarrollo sostenible, fundamento teórico, investigación transdisciplinaria

#### Resumen:

La economía circular (EC) es un nuevo modelo para la producción y consumo de bienes que ha atraído una gran atención política como estrategia hacia la sostenibilidad. No obstante, el fundamento teórico de la EC permanece pobemente estructurado e insuficientemente explorado. Estudios recientes han demostrado que el modelo de EC se inspira en diferentes escuelas de pensamiento y que sus orígenes se arraigan principalmente a campos como la ecología industrial (EI) y la economía ecológica (EE). En este artículo, investigamos los vínculos entre EC, EI y EE y ofrecemos una revisión de las similitudes y diferencias entre estos campos. Al mismo tiempo, analizamos hasta qué punto las relaciones entre EI y EE pueden crear un conocimiento coherente para la EC y se pueden usar para identificar oportunidades de investigación adicionales. Este artículo muestra que, hasta ahora, la investigación sobre EC parece estar principalmente arraigada al campo de EI y se basa en conceptos y herramientas que ya existen en otros campos en lugar de crear nuevos. La reconciliación entre EI y EE podría proporcionar un mecanismo para extenderse más allá de un foco tan reducido e incrementar el conocimiento del marco teórico y práctico de la EC para beneficiar a la sostenibilidad.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1

<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12745>

### Linking Industrial Ecology and Ecological Economics: A Theoretical and Empirical Foundation for the Circular Economy

Aurélien Bruel, Jakub Kronenberg, Nadège Troussier, and Bertrand Guillaume

**Keywords:** closed loop economic system, industrial ecology, research opportunity, sustainable development, theoretical foundation, transdisciplinary research

#### Summary:

The circular economy (CE) is a new model for the production and consumption of goods, which has attracted wide political attention as a strategy toward sustainability. However, the theoretical foundation of CE remains poorly structured and insufficiently explored. Recent studies have shown that the CE model draws on different schools of thought and that its origins are mainly rooted in fields such as industrial ecology (IE) and ecological economics (EE). In this article, we investigate the links between CE, IE, and EE and provide an overview of the similarities and differences between these fields. At the same time, we analyze to what extent the linkages between IE and EE can create a coherent body of knowledge for CE, and be used to identify further research opportunities. This paper shows that, until now, research on CE seems to be mainly rooted in the field of IE and based on concepts and tools that already exist in other fields, rather than inventing new ones. The reconciliation of IE and EE could provide a mechanism to extend beyond such a narrow focus, and increase knowledge of the theoretical and practical framework of CE to benefit sustainability.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12747>

### Sistemas producto/servicio para una economía circular: ¿La ruta para desacoplar el crecimiento económico del consumo de recursos?

Louise Laumann Kjaer, Daniela C. A. Pigozzo, Monia Niero, Nynne Marie Bech y Tim C. McAloone

**Palabras clave:** economía circular, desacoplar, ecología industrial, pensamiento del ciclo de vida, sistema producto-servicio, efecto rebote

#### Resumen:

Los sistemas producto/servicio (PSS, por sus siglas en inglés) que se centran en vender servicio y rendimiento en lugar de productos a menudo se mencionan como medios para realizar una economía circular (EC), en la cual el crecimiento económico se desacopla del consumo de recursos. Sin embargo, un PSS no es implícitamente una garantía para la EC, y las estrategias de EC no conducen necesariamente a la disociación del crecimiento económico del consumo de recursos en términos absolutos. El desacoplamiento absoluto de recursos solo ocurre cuando el uso del recurso disminuye, independientemente de la tasa de crecimiento del motor económico. En este documento de debate, proponemos un marco de dos pasos que busca respaldar el análisis de PSS y su potencial para conducir a un desacoplamiento absoluto de los recursos. En el primer paso, presentamos cuatro habilitadores de PSS de reducción relativa de recursos que califican como estrategias de EC. En el segundo paso, se deben cumplir tres requisitos posteriores para lograr el desacoplamiento absoluto de recursos. Se discuten las condiciones y limitaciones para este logro. Los casos de textiles daneses se utilizan para exemplificar los elementos del marco y su aplicación. Esperamos que el marco desafíe el debate sobre las condiciones necesarias para que las estrategias de EC garanticen el desacoplamiento absoluto de los recursos.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12747>

### Product/Service-Systems for a Circular Economy: The Route to Decoupling Economic Growth from Resource Consumption?

Louise Laumann Kjaer, Daniela C. A. Pigozzo, Monia Niero, Nynne Marie Bech, and Tim C. McAloone

**Keywords:** circular economy, decoupling, industrial ecology, life cycle thinking, product-service system (PSS), rebound effect

#### Summary:

Product/service-systems (PSS) that focus on selling service and performance instead of products are often mentioned as means to realize a circular economy (CE), in which economic growth is decoupled from resource consumption. However, a PSS is no implicit guarantee for a CE, and CE strategies do not necessarily lead to decoupling economic growth from resource consumption in absolute terms. Absolute resource decoupling only occurs when the resource use declines, irrespective of the growth rate of the economic driver. In this forum paper, we propose a two-step framework that aims to support analyses of PSS and their potential to lead to absolute resource decoupling. In the first step, we present four PSS enablers of relative resource reduction that qualify as CE strategies. In the second step, three subsequent requirements need to be met, in order to successfully achieve absolute resource decoupling. Conditions and limitations for this accomplishment are discussed. Danish textile cases are used to exemplify the framework elements and its application. We expect that the framework will challenge the debate on the necessary conditions for CE strategies to ensure absolute resource decoupling.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12763>

### Revisión y clasificación de los patrones de modelo de negocio de la economía circular

Florian Lüdeke-Freund, Stefan Gold y Nancy M.P. Bocken

**Palabras clave:** modelo de negocio, economía circular, revisión, cadena de suministro, clasificación, creación de valor

#### Resumen:

La economía circular requiere que las empresas reconsideren sus cadenas de suministro y modelos de negocio. Varios marcos encontrados en la literatura tanto académica como profesional proponen modelos de negocios de economía circular (CEBM, por sus siglas en inglés) para redefinir cómo las empresas crean valor al adherirse a los principios de la economía circular. Una revisión de estos marcos muestra que algunos modelos son frecuentemente discutidos, algunos son específicos del marco y otros usan una redacción diferente para referirse a CEBM similares, lo que apunta a la necesidad de consolidar el estado actual de la cuestión. Se realizó un análisis morfológico de 26 CEBM existentes en la literatura, definiendo las principales dimensiones de su modelo de negocio, e identificando las características específicas de estas dimensiones. En base a este análisis, se identificó una amplia gama de opciones de diseño de modelos de negocio, proponiendo seis patrones principales de CEBM con el potencial de apoyar el cierre de flujos de recursos: reparación y mantenimiento; reutilización y redistribución; remodelación y reelaboración; reciclaje; cascada y reutilización; y patrones de modelo de negocio de materia prima orgánica. También se discuten diferentes estrategias de diseño para apoyar el desarrollo de estos CEBM.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12763>

### A Review and Typology of Circular Economy Business Model Patterns

Florian Lüdeke-Freund, Stefan Gold, and Nancy M. P. Bocken

**Keywords:** business model, circular economy, review, supply chain, typology, value creation

#### Summary:

The circular economy (CE) requires companies to rethink their supply chains and business models. Several frameworks found in the academic and practitioner literature propose circular economy business models (CEBMs) to redefine how companies create value while adhering to CE principles. A review of these frameworks shows that some models are frequently discussed, some are framework specific, and some use a different wording to refer to similar CEBMs, pointing to the need to consolidate the current state of the art. We conduct a morphological analysis of 26 current CEBMs from the literature, which includes defining their major business model dimensions and identifying the specific characteristics of these dimensions. Based on this analysis, we identify a broad range of business model design options and propose six major CEBM patterns with the potential to support the closing of resource flows: repair and maintenance; reuse and redistribution; refurbishment and remanufacturing; recycling; cascading and repurposing; and organic feedstock business model patterns. We also discuss different design strategies to support the development of these CEBMs.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1

<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12809>

### Midiendo el progreso hacia una economía circular: un marco de monitorización para cerrar los flujos de materiales de la economía en la UE28

Andreas Mayer, Willi Haas, Dominik Wiedenhofer, Fridolin Krausmann, Philip Nuss y Gian Andrea Blengini

**Palabras clave:** economía circular, presión ambiental, ecología industrial, reciclaje, materiales secundarios, gestión de residuos

#### Resumen:

El concepto de la economía circular está ganando una atención creciente por parte de la administración, la industria y el ámbito académico. Hay una rápida evolución del debate sobre definiciones, limitaciones, la contribución a una agenda de sostenibilidad más amplia y la necesidad de indicadores para evaluar la efectividad de las medidas de la economía circular a escalas mayores. Aquí presentamos un marco para una evaluación biofísica detallada a nivel macroeconómico de la economía circular utilizando y relacionando sistemáticamente las estadísticas oficiales sobre extracción y uso de recursos y flujos de residuos con un enfoque de balance de materia. Este marco se fundamenta en el marco ampliamente aplicado de la contabilidad de flujos de materia de la economía y lo expande integrando flujos de residuos, reciclaje y downcycling de materiales. Proponemos un amplio conjunto de indicadores que miden la escala y circularidad de los flujos totales de materiales y residuos y su cierre del ciclo socioeconómico y ecológico. Aplicamos este marco en el contexto de los esfuerzos de monitorización para una economía circular en la Unión Europea (UE28) para el año 2014. Encontramos que 7.4 gigatoneladas (Gt) de materiales fueron procesadas en la UE y que solamente 0.71 Gt de éstas fueron materiales secundarios. La tasa derivada de circulación socioeconómica de entrada de materiales fue, por lo tanto, del 9.6%. Además, de las 4.8 Gt de flujos intermedios de salida, el 14.8% fueron reciclados o dedicados a downcycling. En base a estos hallazgos y nuestros primeros esfuerzos para evaluar la sensibilidad del marco, varias mejoras se consideran necesarias: reportes mejorados sobre residuos, un modelado explícito de los stocks en uso en la sociedad, la introducción de criterios para la circulación ecológica e indicadores de masa desagregados para evaluar los impactos ambientales de diferentes materiales e iniciativas circulares.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1

<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12809>

### Measuring Progress Towards a Circular Economy: A Monitoring Framework for Economy-wide Material Loop Closing in the EU28

Andreas Mayer, Willi Haas, Dominik Wiedenhofer, Fridolin Krausmann, Philip Nuss, and Gian Andrea Blengini

**Keywords:** circular economy, environmental pressures, industrial ecology, recycling, secondary materials, waste management

#### Summary:

The concept of a circular economy (CE) is gaining increasing attention from policy makers, industry, and academia. There is a rapidly evolving debate on definitions, limitations, the contribution to a wider sustainability agenda, and a need for indicators to assess the effectiveness of circular economy measures at larger scales. Herein, we present a framework for a comprehensive and economy-wide biophysical assessment of a CE, utilizing and systematically linking official statistics on resource extraction and use and waste flows in a mass-balanced approach. This framework builds on the widely applied framework of economy-wide material flow accounting and expands it by integrating waste flows, recycling, and downcycled materials. We propose a comprehensive set of indicators that measure the scale and circularity of total material and waste flows and their socioeconomic and ecological loop closing. We applied this framework in the context of monitoring efforts for a CE in the European Union (EU28) for the year 2014. We found that 7.4 gigatons (Gt) of materials were processed in the EU and only 0.71 Gt of them were secondary materials. The derived input socioeconomic cycling rate of materials was therefore 9.6%. Further, of the 4.8 Gt of interim output flows, 14.8% were recycled or downcycled. Based on these findings and our first efforts in assessing sensitivity of the framework, a number of improvements are deemed necessary: improved reporting of wastes, explicit modeling of societal in-use stocks, introduction of criteria for ecological cycling, and disaggregated mass-based indicators to evaluate environmental impacts of different materials and circularity initiatives.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12732>

### La relevancia de las prácticas de economía circular para los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Patrick Schroeder, Kartika Anggraeni, y Uwe Weber

**Palabras clave:** economía circular, países en desarrollo, ecología industrial, reciclaje, implementación de ODS, objetivos de desarrollo sostenible

#### Resumen:

Este artículo identifica la importancia de las prácticas de la economía circular (EC) que son relevantes para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Los resultados de una revisión de la literatura y un ejercicio de comparación para determinar la relación entre las prácticas de la economía circular y los ODS muestran que las prácticas de la economía circular, potencialmente, pueden contribuir directamente a lograr un número significativo de metas de los ODS. Las relaciones más fuertes existen entre las prácticas de la economía circular y el objetivo 6 de los ODS (Agua limpia y saneamiento), ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), ODS 12 (Producción y consumo responsables) y ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres). El artículo también explora las sinergias que pueden ser creadas a través de las prácticas de la economía circular entre varios de los objetivos de los ODS. Además, identifica varios potenciales intercambios entre los objetivos de trabajo decente, entornos de trabajo seguros, salud humana y las prácticas actuales de la economía circular que relacionan el reciclaje de residuos municipales, los desechos electrónicos y las aguas residuales, y proporciona sugerencias sobre cómo éstos pueden ser superados. El artículo concluye que las prácticas de la economía circular pueden ser aplicadas como una "caja de herramientas" y unos enfoques de implementación específicos para lograr un número considerable de objetivos de los ODS. Se necesita más investigación empírica para determinar qué tipos específicos de asociaciones y medios de implementación se requieren para aplicar las prácticas de la economía circular en el contexto de los ODS.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12732>

### The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals

Patrick Schroeder, Kartika Anggraeni, and Uwe Weber

**Keywords:** circular economy, developing countries, industrial ecology, recycling, SDG implementation, sustainable development goals

#### Summary:

This paper identifies the extent to which circular economy (CE) practices are relevant for the implementation of the Sustainable Development Goals (SDGs). The results of a literature review and a matching exercise to determine the relationship between CE practices and SDG targets show that CE practices, potentially, can contribute directly to achieving a significant number of SDG targets. The strongest relationships exist between CE practices and the targets of SDG 6 (Clean Water and Sanitation), SDG 7 (Affordable and Clean Energy), SDG 8 (Decent Work and Economic Growth), SDG 12 (Responsible Consumption and Production), and SDG 15 (Life on Land). The paper also explores synergies that can be created through CE practices among several of the SDG targets. Furthermore, it identifies several potential trade-offs between targets for decent work, safe working environments, human health and current CE practices relating to recycling of municipal waste, e-waste and wastewater, and provides suggestions how these can be overcome. The paper concludes that CE practices can be applied as a "toolbox" and specific implementation approaches for achieving a sizeable number of SDG targets. Further empirical research is necessary to determine which specific types of partnerships and means of implementation are required to apply CE practices in the SDG context.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1

<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12770>

### Explotando el potencial de las compras públicas: oportunidades para la economía circular

Katriina Alhola, Sven-Olof Ryding, Hanna Salmenperä y Niels Juul Busch

**Palabras clave:** economía circular, ciclos limpios, ecología industrial, compra pública, sostenibilidad, retención de valor

#### Resumen:

El objetivo de la economía circular (EC) es mantener el valor de los productos, materiales y recursos en la economía al cerrar los ciclos de materiales y minimizar la generación de residuos. En años recientes, el papel de la compra pública ha sido reconocido como importante, aunque aún no completamente explotada, oportunidad de las ciudades y municipios en su transición hacia las sociedades circulares. Este estudio analizó las oportunidades de la compra pública para promover la EC. Fueron identificados diferentes enfoques y ejemplos de compras públicas circulares usando casos de estudio. Adicionalmente, fueron identificadas oportunidades para promover la EC a través de políticas de compra pública verde y sostenible analizando criterios predefinidos de compra verde y sostenible. El estudio concluye que la compra pública pueden promover la EC y los modelos de negocios relacionados al definir criterios y requerimientos para la prolongación del período de vida de los productos, la eficiencia y/o intensidad del uso, y el ciclo eficiente de materiales biológicos o técnicos, así como para el aseguramiento de ciclos limpios y sin riesgos. La compra circular puede ocurrir a través de la compra de productos de mejor calidad en términos circulares, la compra de nuevos productos circulares, el uso de conceptos de negocios que soporten la EC, y las inversiones en ecosistemas circulares. Varios sectores y grupos de productos fueron identificados con potencial para la compra circular como la construcción, residuos, y gestión de las aguas residuales, transporte, alimentación, y servicios de restauración, muebles y textiles. El estudio también sugiere que el uso de ciertas herramientas, como las compras basadas en desempeño, el enfoque de ciclo de vida, y análisis de los costes del ciclo de vida, así como los criterios concernientes al reutilización y reciclaje de materiales, podría promover las compras circulares. Dialogo del mercado y cooperación entre compradores y actores de los canales suministro es importante para el desarrollo futuro de la compra circular.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1

<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12770>

### Exploiting the Potential of Public Procurement: Opportunities for Circular Economy

Katriina Alhola, Sven-Olof Ryding, Hanna Salmenperä, and Niels Juul Busch

**Keywords:** circular economy, clean cycles, industrial ecology, public procurement, sustainability, value retention

#### Summary:

The objective of a circular economy (CE) is to maintain the value of products, materials, and resources in the economy by closing material loops and minimizing waste generation. In recent years, the role of public procurement has been recognized as an important, but as yet not fully exploited, opportunity by cities and municipalities in their transition toward circular societies. This study analyzed public procurement opportunities to promote CE. Different approaches and examples of circular public procurement were identified using case studies. In addition, opportunities to promote CE through sustainable and green public procurement policy were identified analyzing predefined sustainable or green public procurement criteria. The study concludes that public procurement can promote CE and related business models by setting criteria and requirements for the extension of product life spans, efficiency and/or intensity of use, and efficient cycling of biological or technical materials, as well as for the securing of clean and nonrisky cycles. Circular procurement can occur through the procurement of better-quality products in circular terms, the procurement of new circular products, the use of business concepts that support the CE, and investments in circular ecosystems. Several sectors and product groups were identified as having potential for circular procurement, such as construction, waste, and wastewater management, transportation, food, and catering, furniture, and textiles. The study also suggests that the use of certain tools, such as performance-based procurement, life cycle approach, and life cycle costing, as well as criteria concerning reuse and recycling of materials, could promote circular procurement. Market dialogue and cooperation between procurers and actors in the supply chains are important for the future development of circular procurement.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12754>

### Esfuerzos para una economía circular en China: una revisión amplia de políticas

Junming Zhu, Chengming Fan, Haijia Shi y Lei Shi

**Palabras clave:** economía circular, producción limpia, política ambiental, ecología industrial, reciclaje, reutilización

#### Resumen:

Los conceptos, prácticas y políticas de la economía circular captan cada vez más la atención como un medio importante para alcanzar un desarrollo sostenible. Este artículo usa un marco conceptual para catalogar e investigar los esfuerzos políticos para la economía circular en China. En base al marco, se identificaron prototipos de políticas y ejemplos específicos: políticas orientadas a los recursos, a la producción, a los residuos y al uso, y al ciclo de vida. Una amplia revisión de 280 políticas relacionadas muestra que China tiene una larga historia de políticas orientadas a los recursos y ha implementado políticas orientadas a la producción muy rápidamente después del año 2000. Las políticas de China hacia la economía circular se volvieron más amplias a lo largo del tiempo, con un amplio compromiso de las agencias gubernamentales, una extensa y progresiva cobertura de las oportunidades para el reciclaje, iniciativas de producción a múltiples escalas y el uso de diferentes instrumentos normativos. El progreso continuo ha sido motivado por actores estatales proactivos y su aprendizaje de la sociedad internacional. El marco normativo actual, no obstante, se preocupa más de los medios que de los fines de la economía circular y confía demasiado en subsidios directos y otros incentivos financieros. La elaboración de políticas se puede mejorar a través de una consideración más explícita del ciclo de vida completo de la producción y el uso del diseño de políticas basado en el mercado.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12754>

### Efforts for a Circular Economy in China: A Comprehensive Review of Policies

Junming Zhu, Chengming Fan, Haijia Shi, and Lei Shi

**Keywords:** circular economy, cleaner production, environmental policy, industrial ecology, recycling, reuse

#### Summary:

Circular economy concepts, practices, and policies are increasingly drawing attention as important means for the pursuit of sustainable development. This article uses a conceptual framework to catalogue and investigate policy efforts for the circular economy in China. Based on the framework, policy prototypes and specific examples are identified: resource-oriented, production-oriented, waste, and use-oriented and life cycle policies. A comprehensive review of 280 related policies shows that China has a long history of resource-oriented policies and implemented production-oriented policies very quickly after the year 2000. China's policies toward the circular economy became more comprehensive through time, with a broad engagement of government agencies, an extensive and progressive coverage of recycling opportunities, production initiatives across multiple scales, and use of different policy instruments. The continuous progress has been driven by proactive state actors and their learning from the international society. The current policy framework, however, is concerned more with the means rather than the ends of the circular economy, and relies too much on direct subsidies and other financial incentives. Policy making can be improved by more explicit consideration of the whole production life cycle and use of market-based policy design.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1

<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12756>

### La desmaterialización y la economía circular: comparación de estrategias para reducir el impacto de los materiales del ecosistema producto de la electrónica de consumo

Barbara V. Kasulaitis, Callie W. Babbitt y Andrew K. Krock

**Palabras clave:** economía circular, ecología comunitaria, desmaterialización, electrónica, análisis del flujo de materiales, ecosistema producto

#### Resumen:

La rápida evolución tecnológica y la adopción de la electrónica de consumo pone de relieve una creciente necesidad de metodologías adaptativas para evaluar el consumo de material en la intersección del cambio tecnológico y el aumento del consumo. Si bien la desmaterialización y la economía circular (EC) se han propuesto para mitigar el aumento del consumo de materiales, investigaciones recientes han mostrado que estos métodos pueden ser ineficaces para lograr una reducción neta en el uso de materiales: cuando se enfocan en productos específicos, estos métodos descuidan los efectos de las interacciones complejas entre, y, el consumo creciente de productos electrónicos de consumo. La investigación presentada aquí desarrolla y aplica un análisis del flujo de materiales dirigido a evaluar todo un "ecosistema producto", que por lo tanto incluye los efectos del aumento del consumo, las soluciones de compromiso entre productos, y las innovaciones tecnológicas. Los resultados son luego utilizados para evaluar la eficacia potencial de la desmaterialización "natural" (que se produce a medida que la tecnología avanza o los productos más pequeños sustituyen a los más grandes) y la EC (que cierra el ciclo entre el suministro de materiales secundarios y la demanda de materiales primarios). Los resultados muestran que el consumo de materiales por el ecosistema de la electrónica, comúnmente utilizado por los hogares de los Estados Unidos, alcanzó su punto máximo en el 2000. Este consumo se basa en materiales cada vez más diversos, incluidos el oro, el cobalto y el indio, para quienes el suministro secundario sigue siendo insignificante, especialmente debido a las bajas tasas de recuperación, a menudo menores de 1%. También se evalúan posibles métricas de circularidad de "dilución", dispersión" y "desajuste de la demanda" de materiales, e indican que los enfoques de EC dirigidos a cerrar el ciclo en la electrónica de consumo de materiales aún se enfrentan a múltiples barreras críticas, particularmente relacionadas con el diseño y la infraestructura eficiente de reciclaje.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1

<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12756>

### Dematerialization and the Circular Economy: Comparing Strategies to Reduce Material Impacts of the Consumer Electronic Product Ecosystem

Barbara V. Kasulaitis , Callie W. Babbitt, and Andrew K. Krock

**Keywords:** circular economy, community ecology, dematerialization, electronics, material flow analysis, product ecosystem

#### Summary:

The rapid technological evolution and adoption of consumer electronics highlights a growing need for adaptive methodologies to evaluate material consumption at the intersection of technological change and increasing consumption. While dematerialization and the circular economy (CE) have both been proposed to mitigate increasing material consumption, recent research has shown that these methods may be ineffective at achieving net material use reduction: When focused on specific products, these methods neglect the effects of complex interactions among and increasing consumption of consumer electronic products. The research presented here develops and applies a material flow analysis aimed at evaluating an entire "product ecosystem," thereby including the effects of increasing consumption, product trade-offs, and technological innovations. Results are then used to evaluate the potential efficacy of "natural" dematerialization (occurring as technology advances or smaller products substitute for larger ones) and CE (closing the loop between secondary material supply and primary material demand). Results show that material consumption by the

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12703>

### Adaptando tecnologías de energías renovables independientes para la economía circular a través del ecodiseño y el reciclaje

John Gallagher, Biswajit Basu, Maria Browne, Alan Kenna, Sarah McCormack, Francesco Pilla y David Styles

**Palabras clave:** economía circular, ecodiseño, análisis del ciclo de vida (ACV), reciclabilidad, energía renovable, agotamiento de recursos

#### Resumen:

Las tecnologías de energías renovables se consideran favorables para abastecer las futuras demandas de energía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). No obstante, la instalación de estas tecnologías requiere grandes cantidades de recursos materiales finitos. En este estudio se aplica el análisis del ciclo de vida a 100 años a la generación de electricidad mediante tres tecnologías de energías renovables independientes – solar fotovoltaica, hidroeléctrica a filo de agua y eólica – para evaluar los perfiles de carga ambiental en comparación a la generación estándar de electricidad a partir de combustibles fósiles. Después, se idearon escenarios para incorporar mejoras de la economía circular que apunten a puntos conflictivos en el ciclo de vida de los sistemas, específicamente (1) mejores tasas de reciclaje para materias primas y (2) la aplicación del ecodiseño. La energía hidroeléctrica presentó las menores cargas ambientales por kilovatio-hora de generación de electricidad comparada con otras tecnologías de energías renovables, debido a su mayor eficiencia y mayores vidas útiles de los componentes principales. Se observaron distintos resultados en el desarrollo ambiental de cada sistema basado en la consideración de mejores tasas de reciclaje y ecodiseño. Las medidas de economía circular producieron ahorros modestos similares en las ya bajas emisiones de GEI para cada tecnología, mientras que, específicamente, el ecodiseño tuvo el potencial de proveer de ahorros significativos en el agotamiento de recursos abióticos. Investigaciones adicionales que exploren todo el potencial de las medidas de economía circular para tecnologías de energías renovables reducirán la intensidad de recursos requerida por las tecnologías renovables para mitigar el cambio climático.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12703>

### Adapting Stand-alone Renewable Energy Technologies for the Circular Economy through Eco-design and Recycling

John Gallagher, Biswajit Basu, Maria Browne, Alan Kenna, Sarah McCormack, Francesco Pilla, and David Styles

**Keywords:** circular economy, eco-design, life cycle assessment (LCA), recyclability, renewable energy, resource depletion

#### Summary:

Renewable energy (RE) technologies are looked upon favorably to provide for future energy demands and reduce greenhouse gas (GHG) emissions. However, the installation of these technologies requires large quantities of finite material resources. We apply life cycle assessment to 100 years of electricity generation from three stand-alone RE technologies—solar photovoltaics, run-of-river hydro, and wind—to evaluate environmental burden profiles against baseline electricity generation from fossil fuels. We then devised scenarios to incorporate circular economy (CE) improvements targeting hotspots in systems' life cycle, specifically (1) improved recycling rates for raw materials and (ii) the application of ecodesign. Hydro presented the lowest environmental burdens per kilowatt-hour of electricity generation compared with other RE technologies, owing to its higher efficiency and longer life spans for main components. Distinct results were observed in the environmental performance of each system based on the consideration of improved recycling rates and eco-design. CE measures produced similar modest savings in already low GHG emissions burdens for each technology, while eco-design specifically had the potential to provide significant savings in abiotic resource depletion. Further research to explore the full potential of CE measures for RE technologies will curtail the resource intensity of RE technologies required to mitigate climate change.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12722>

### Implicaciones ambientales de escenarios de demanda futuros para metales: metodología y aplicación del caso de siete metales mayoritarios

Ester Van der Voet, Lauran Van Oers, Miranda Verboon y Koen Kuipers

**Palabras clave:** impactos ambientales, ecología industrial, análisis de la sostenibilidad del ciclo de vida, metales, recursos, escenarios

#### Resumen:

En este artículo hemos desarrollado un método para analizar los impactos ambientales de escenarios para metales. Este método está basado en el ciclo de vida, pero permite visión prospectiva y ampliaciones. El método busca convertir escenarios de demanda de metales en escenarios específicos de suministro de tecnología, necesarios para hacer la conversión a impactos ambientales. Para ilustrar las diferentes etapas de la metodología, la hemos aplicado a siete metales principales. Los escenarios de demanda para estos metales principales han sido extraídos de la literatura. Hemos convertido éstos en escenarios específicos de suministro de tecnología, y hemos especificado series de tiempo futuras para los impactos ambientales incluyendo índices de reciclaje, sistemas de transformación de energía, mejora de la eficiencia y disminución de la cantidad de minerales primarios. Hemos demostrado que el método es aplicable y que puede conducir, a pesar de muchas incertidumbres, a resultados bastante robustos. Las proyecciones muestran que se espera que los impactos ambientales asociados a la producción de metales suban bruscamente. El hierro es el responsable de la mayoría de los impactos, y sus emisiones no están relativamente afectadas por cambios en el sistema de energía y producción. Para los otros metales, la transición energética conduciría a beneficios substanciales. Con diferencia, la opción más efectiva para todos los metales parece ser aumentar la producción secundaria. Esta opción reduciría emisiones, pero se espera que sea efectiva solo a partir de la segunda mitad del siglo XXI. La agenda de economía circular para metales es por consiguiente una agenda a largo plazo, similar a la del cambio climático: Se debe actuar pronto, mientras que los beneficios se harán evidentes solo a largo plazo.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12722>

### Environmental Implications of Future Demand Scenarios for Metals: Methodology and Application to the Case of Seven Major Metals

Ester Van der Voet, Lauran Van Oers, Miranda Verboon, and Koen Kuipers

**Keywords:** environmental impacts, industrial ecology, life cycle sustainability analysis, metals, resources, scenarios

#### Summary:

In this paper, we develop a method to assess the environmental impacts of metal scenarios. The method is life cycle based, but enables forward looking and upscaling. The method aims at translating metal demand scenarios into technology-specific supply scenarios, necessary to make the translation into environmental impacts. To illustrate the different steps of the methodology, we apply it to the case of seven major metals. Demand scenarios for seven major metals are taken from literature. We translate those into technology-specific supply scenarios, and future time series of environmental impacts are specified including recycling rates, energy system transformation, efficiency improvement, and ore grade decline. We show that the method is applicable and may lead to relevant and, despite many uncertainties, fairly robust results. The projections show that the environmental impacts related to metal production are expected to increase steeply. Iron is responsible for the majority of impacts and emissions are relatively unaffected by changes in the production and energy system. For the other metals, the energy transition may have substantial benefits. By far, the most effective option for all metals appears to be to increase the share of secondary production. This would reduce emissions, but is expected to become effective only in the second half of the twenty-first century. The circular economy agenda for metals is therefore a long-term agenda, similar to climate change: Action must be taken soon while benefits will become apparent only at the long term.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12822>

### Evaluación de la Calidad y el Potencial de Circularidad de los Sistemas de Recuperación Para Residuos Plásticos Domésticos

Marie Kampmann Eriksen, Anders Damgaard, Alessio Boldrin y Thomas Fruergaard Astrup

**Palabras clave:** economía circular, contaminación, ecología industrial, evaluación de ciclo de vida, residuos postconsumo, sustitución

#### Resumen:

El reciclaje de plástico se promueve en la transición hacia una economía circular y un ciclo de plástico cerrado, típicamente utilizando objetivos de reciclaje basados en masa. El plástico de residuos domésticos (HHW, por sus siglas en inglés) está contaminado y es heterogéneo, y el plástico reciclado de HHW a menudo tiene un rango de aplicación limitado, debido a su reducida calidad. Para evaluar correctamente la capacidad de cerrar los ciclos de plástico mediante el reciclaje, se deben evaluar tanto las cantidades como las calidades del plástico. Este estudio define un potencial de circularidad que representa la capacidad de un sistema de recuperación para cerrar ciclos de materiales asumiendo condiciones de mercado en estado estacionario. En base a una composición de residuos plásticos promedio que incluye impurezas, se evaluaron 84 escenarios de recuperación que representan una amplia gama de esquemas de clasificación, eficiencias de separación de fuentes, y configuraciones y rendimientos de instalaciones de recuperación de materiales (MRF, por sus siglas en inglés). Las cualidades de las fracciones recuperadas se evaluaron en función de la contaminación y del potencial de circularidad calculado para cada escenario en un contexto europeo. A través de todos los escenarios se podría recuperar entre 17 % y 100% de la masa de plástico generada, con una mayor separación a nivel de fuentes y más altas eficiencias en MRF conduciendo a mayores recuperaciones. Sin embargo, incluyendo la calidad, en el mejor de los casos el 55% del plástico generado era adecuado para el reciclaje debido a la contaminación. La separación a nivel de fuente, un alto número de fracciones objetivo y una recuperación eficiente en las MRF resultaron ser críticas. El potencial de circularidad ilustró que menos del 42% del ciclo de plástico puede cerrarse con la tecnología y las demandas de materia prima actuales. Por lo tanto, Europa aún está lejos de cerrar el ciclo de plástico. Al hacer la transición hacia una economía circular, el foco debería estar en limitar impurezas y pérdidas a través del diseño del producto, mejoras en la tecnología y una gestión más enfocada de los desechos plásticos

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12822>

### Quality Assessment and Circularity Potential of Recovery Systems for Household Plastic Waste

Marie Kampmann Eriksen, Anders Damgaard, Alessio Boldrin, and Thomas Fruergaard Astrup

**Keywords:** circular economy, contamination, industrial ecology, life cycle assessment, postconsumer waste, substitution

#### Summary:

Plastic recycling is promoted in the transition toward a circular economy and a closed plastic loop, typically using mass-based recycling targets. Plastic from household waste (HHW) is contaminated and heterogeneous, and recycled plastic from HHW often has a limited application range, due to reduced quality. To correctly assess the ability to close plastic loops via recycling, both plastic quantities and qualities need to be evaluated. This study defines a circularity potential representing the ability of a recovery system to close material loops assuming steady-state market conditions. Based on an average plastic waste composition including impurities, 84 recovery scenarios representing a wide range of sorting schemes, source-separation efficiencies, and material recovery facility (MRF) configurations and performances were assessed. The qualities of the recovered fractions were assessed based on contamination and the circularity potential calculated for each scenario in a European context. Across all scenarios, 17% to 100% of the generated plastic mass could be recovered, with higher source-separation and MRF efficiencies leading to higher recovery. Including quality, however, at best 55% of the generated plastic was suitable for recycling due to contamination. Source-separation, a high number of target fractions, and efficient MRF recovery were found to be critical. The circularity potential illustrated that less than 42% of the plastic loop can be closed with current technology and raw material demands. Hence, Europe is still far from able to close the plastic loop. When transitioning toward a circular economy, the focus should be on limiting impurities and losses through product design, technology improvement, and more targeted plastic waste management.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12645>

### Cerrando el ciclo de los desechos electrónicos: una perspectiva multidisciplinaria

Ben Bridgens, Kersty Hobson, Debra Lilley, Jacquette Lee, Janet L. Scott y Garrath T. Wilson

**Palabras clave:** economía circular, ecología industrial, obsolescencia, vida útil de producto, sistema producto-servicio (PSS), recuperación de recursos

#### Resumen:

Este artículo describe los desafíos enfrentados, y las oportunidades identificadas, por un equipo multidisciplinario de investigadores durante el desarrollo de un sistema novedoso de circuito cerrado para recuperar metales valiosos y reducir los desechos electrónicos, centrándose en los teléfonos móviles como caso de estudio. Esta aproximación multidisciplinaria se contrasta con actuales aproximaciones top-down para hacer la transición hacia la economía circular (CE). El objetivo de la investigación aquí presentada es desarrollar un sistema producto-servicio (PSS) que facilite la recuperación de componentes valiosos funcionales y metales de las placas de circuitos de teléfonos móviles. Para crear una solución holística y limitar las consecuencias no deseadas, adicionalmente a las soluciones tecnológicas, este artículo considera vidas útiles apropiadas de los componentes; los (a menudo ignorados) roles de los ciudadanos en la economía circular; las interacciones de los clientes con el PSS; análisis de ciclo de vida ambiental; e impactos sociales del PSS propuesto. Se describe el desarrollo de tecnologías y materiales habilitados para facilitar la recuperación de componentes y metales y para proveer un recinto externo emocionalmente duradero. Esta investigación también destaca la importancia del valor de comprensión de la CE desde una perspectiva multifacética e interdisciplinaria.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12645>

### Closing the Loop on E-waste: A Multidisciplinary Perspective

Ben Bridgens, Kersty Hobson, Debra Lilley, Jacquette Lee, Janet L. Scott, and Garrath T. Wilson

**Keywords:** circular economy, industrial ecology, obsolescence, product lifetime, product service system (PSS), resource recovery

#### Summary:

This paper describes the challenges faced, and opportunities identified, by a multidisciplinary team of researchers developing a novel closed loop system to recover valuable metals and reduce e-waste, focusing on mobile phones as a case study. This multidisciplinary approach is contrasted with current top-down approaches to making the transition to the circular economy (CE). The aim of the research presented here is to develop a product service system (PSS) that facilitates the recovery of valuable functional components and metals from mobile phone circuit boards. To create a holistic solution and limit unintended consequences, in addition to technological solutions, this paper considers appropriate component lifetimes; the (often ignored) role of the citizen in the circular economy; customer interaction with the PSS; environmental life cycle assessment; and social impacts of the proposed PSS. Development of enabling technologies and materials to facilitate recovery of components and metals and to provide an emotionally durable external enclosure is described. This research also highlights the importance of understanding value in the CE from a multifaceted and interdisciplinary perspective.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12741>

### En busca de cadenas de suministro de ciclo cerrado para materiales críticos: un estudio exploratorio en el sector de la energía verde

Yulia Lapko, Andrea Trianni, Cali Nuur y Donato Masi

**Palabras clave:** economía circular, cadenas de suministro de ciclo cerrado (CLSC), materiales críticos, tecnologías de energía verde, ecología industrial, reciclaje

#### Resumen:

Una cadena de suministro de ciclo cerrado (CLSC en sus siglas en inglés) se considera no sólo una solución importante para garantizar la explotación sostenible de los materiales, sino también una estrategia prometedora para asegurar la disponibilidad de materiales a largo plazo. Esto último se destaca especialmente en el discurso de criticidad de los materiales. Las materias primas críticas (CRMs en sus siglas en inglés), al verse expuestas a interrupciones del suministro, crean un entorno operacional incierto para muchas industrias, particularmente para las tecnologías de energía verde que emplean múltiples CRMs. Sin embargo, las tasas de reciclaje de las CRMs son muy bajas y el compromiso de las empresas en las CLSC para las CRMs es limitado. Este estudio examina los factores que influyen en las CLSC para el desarrollo de las CRMs en paneles fotovoltaicos y tecnologías de turbinas eólicas. El objetivo es analizar cómo se manifiestan los factores en diferentes empresas a lo largo de la cadena de suministro e identificar las condiciones propicias y de cuello de botella para la implementación de las CLSC para las CRMs. La novedad del estudio es doble: el enfoque en los flujos de material en lugar de producto, y el examen de los factores desde una perspectiva multiactor. La evidencia obtenida sugiere que las empresas fabricantes y los operadores de la cadena de suministro inversa involucrados en el estudio toman diferentes perspectivas (producto vs. material) con respecto al desarrollo de las CLSC para las CRMs y así enfatizan diferentes factores. Los hallazgos subrayan la necesidad de interacciones entre los actores de la cadena de suministro, un ambiente competitivo sólido para los procesos de reciclaje, y la inversión en tecnologías y desarrollo de infraestructura si se van a desarrollar CLSC para CRMs. El artículo proporciona implicaciones para los profesionales y los responsables políticos para la implementación de CLSC para CRM, y sugiere perspectivas para futuras investigaciones.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12741>

### In Pursuit of Closed-Loop Supply Chains for Critical Materials: An Exploratory Study in the Green Energy Sector

Yulia Lapko, Andrea Trianni, Cali Nuur, and Donato Masi

**Keywords:** circular economy, closed-loop supply chains (CLSC), critical materials, green energy technologies, industrial ecology, recycling

#### Summary:

A closed-loop supply chain (CLSC) is considered not only an important solution for ensuring sustainable exploitation of materials, but also a promising strategy for securing long-term availability of materials. The latter is especially highlighted in the materials criticality discourse. Critical raw materials (CRMs), being exposed to supply disruptions, create an uncertain operational environment for many industries, particularly for green energy technologies that employ multiple CRMs. However, recycling rates of CRMs are very low and engagement of companies in CLSC for CRM is limited. This study examines factors influencing CLSC for CRM development in photovoltaic panels and wind turbine technologies. The aim is to analyze how the factors manifest themselves in different companies along the supply chain and to identify enabling and bottleneck conditions for implementation of CLSC for CRM. The novelty of the study is twofold: the focus on material rather than product flows, and examination of factors from a multiactor perspective. The evidence obtained suggests that the manufacturing companies and reverse supply-chain operators engaged in the study take different perspectives (product vs. material) regarding development of CLSC for CRM and thus emphasize different factors. The findings underline the need for interactions between supply-chain actors, a sound competitive environment for recycling processes, and investment in technologies and infrastructure development if CLSC for CRM is to be developed. The paper provides implications for practitioners and policy makers for implementation of CLSC for CRM, and suggests prospects for further research.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12749>

### **Ampliación de la simbiosis industrial en el Programa Nacional de Parques Ecoindustriales de Corea: examinando su evolución durante los 10 años entre 2005–2014**

Jooyoung Park, Jun-Mo Park y Hung-Suck Park

**Palabras clave:** parque ecoindustrial (EIP), facilitación, ecología industrial, simbiosis industrial, ampliación, Corea del Sur

#### **Resumen:**

En 2005, Corea del Sur inició el Programa Nacional de Desarrollo de Parques Ecoindustriales de 15 años de duración, en tres etapas para transformar gradualmente complejos industriales viejos en parques ecoindustriales (EIP por sus siglas en inglés) mediante la promoción de la simbiosis industrial (SI). Sobre la base de las experiencias piloto de los 5 primeros años, la segunda fase del programa se enfocó en la ampliación de la SI a un nivel regional más amplio. Las estrategias de ampliación clave incluyeron la expansión de las áreas objetivo mediante la conexión de múltiples complejos industriales, la estandarización de procesos y la difusión del aprendizaje, y el desarrollo de proyectos a gran escala que podrían contribuir al desarrollo regional. En este estudio, se examinó la evolución de la SI durante los últimos 10 años entre 2005 y 2014, principalmente para entender las características y el impacto de estas estrategias de ampliación. Nuestros resultados mostraron que la escala de la SI en la segunda fase había aumentado en varios aspectos en comparación con la de la primera fase. El número de proyectos operativos había aumentado de 52 a 159, el número de empresas participantes aumentó de 90 a 596, y la distancia promedio de SI aumentó de 40 a 48 kilómetros. El tamaño de los beneficios económicos y ambientales también aumentó junto con un aumento en la inversión privada y en el financiamiento público a la investigación. Además se analizó el rol de los centros EIP regionales como facilitadores, cómo sus actividades influyeron en la ampliación de SI, y se discutieron las características del enfoque de Corea respecto a la SI.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12749>

### **Scaling-up of industrial symbiosis in the Korean National Eco-industrial Park Program: Examining its evolution over the 10 years between 2005-2014**

Jooyoung Park, Jun-Mo Park, and Hung-Suck Park

**Keywords:** eco-industrial park (EIP), facilitation, industrial ecology, industrial symbiosis, scaling-up, South Korea

#### **Summary:**

In 2005, South Korea initiated the 15-year National Eco-Industrial Park Development Program in three stages to gradually transform aged industrial complexes into eco-industrial parks (EIPs) by promoting industrial symbiosis (IS). Building upon the pilot experiences from the first 5 years, the second phase of the program focused on the scaling-up of IS at a broader regional level. Key scaling-up strategies included the expansion of target areas by connecting multiple industrial complexes, the standardization of processes and dissemination of learning, and the development of large-scale projects that could contribute to the regional development. In this study, we examined the evolution of IS over the last 10 years between 2005 and 2014, primarily to understand the characteristics and impact of these scaling-up strategies. Our findings showed that the scale of IS in the second phase had increased in various aspects in comparison to that in the first phase. The number of operating projects had increased from 52 to 159, the number of participating firms increased from 90 to 596, and the average distance of IS increased from 40 to 48 kilometers. The size of economic and environmental benefits also increased along with an increase in the private investment and government research funding. We further analyzed the role of the regional EIP centers as facilitators, how their activities influenced the scaling-up of IS, and discussed the characteristics of the Korea's approach to IS.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1

<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12721>

### Discusión de caso sobre la responsabilidad ampliada del productor basada en el mercado: la ley de reciclaje de electrónica de Minnesota

İsil Alev, Ximin (Natalie) Huang, Atalay Atasu y L. Beril Toktay

**Palabras clave:** aparatos eléctricos y electrónicos, política ambiental, responsabilidad ampliada del productor (RAP), residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, Estado de Minnesota, ecología industrial

#### Resumen:

En este artículo, analizamos la ley de reciclaje de electrónica de Minnesota para explorar los beneficios y los posibles inconvenientes de la implementación de una legislación de responsabilidad ampliada del productor (RAP) basada en el mercado con flexibilidad operativa para los fabricantes. En base a informes disponibles públicamente y entrevistas a las partes interesadas, encontramos que la ley de Minnesota logra dos objetivos clave de la RAP basada en el mercado (esto es, mayores eficiencias de costos y una importante desviación de los vertederos); sin embargo, esto puede ser a expensas de la recolección selectiva y el reciclaje, una mayor carga para los gobiernos locales y una pérdida de equilibrio en el poder contractual entre las partes interesadas. Observamos que estas preocupaciones surgen debido a disposiciones de flexibilidad específicas otorgadas a los fabricantes que les permiten poner en práctica su cumplimiento de la RAP con un enfoque en la eficiencia de costes. Por lo tanto, concluimos que los objetivos de la RAP deben traducirse cuidadosamente en reglas de operación para lograr los objetivos y evitar consecuencias no deseadas.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1

<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12721>

### A Case Discussion on Market-Based Extended Producer Responsibility: The Minnesota Electronics Recycling Act

İsil Alev, Ximin (Natalie) Huang, Atalay Atasu, and L. Beril Toktay

**Keywords:** electrical and electronic equipment, environmental policy, extended producer responsibility (EPR), e-waste, State of Minnesota, industrial ecology

#### Summary:

In this article, we analyze the Minnesota Electronics Recycling Act to explore the benefits and potential drawbacks of a market-based extended producer responsibility (EPR) legislation implementation with operational flexibility for manufacturers. Based on publicly available reports and stakeholder interviews, we find that the Minnesota Act attains two key goals of market-based EPR (i.e., higher cost efficiencies and substantial landfill diversion); however, this may come at the expense of selective collection and recycling, an increased burden on local governments, and a loss of balance in contractual power between stakeholders. We observe that these concerns arise because of specific flexibility provisions afforded to manufacturers that allow them to operationalize their EPR compliance with a cost-efficiency focus. Thus, we conclude that EPR goals must be carefully translated into operating rules in order to achieve goals while avoiding unintended consequences.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12730>

### Sistema de información de materiales unificado (UMIS): una estructura integrada de datos de inventarios y flujos de materiales

Rupert J. Myers, Tomer Fishman, Barbara K. Reck y T. E. Graedel

**Palabras clave:** estructura de datos, ecología industrial, análisis input-output (IOA), análisis de ciclo de vida (LCA), análisis de flujo de materiales (MFA), modelación de sistemas

#### Resumen:

La sociedad moderna depende del uso de una gran diversidad de materiales. Gestionar efectivamente estos materiales se ha vuelto cada vez más importante y complejo, desde el análisis de las cadenas de suministro, hasta cuantificar sus impactos ambientales, y hasta entender la disponibilidad futura de recursos. Los datos de inventarios y flujos de materiales permiten tal análisis, pero en la actualidad existen principalmente como paquetes separados, de tipos, enfoques y estructuras muy variados. Estos factores constituyen una fuerte barrera para la integración holística y para el análisis universal de los datos de inventarios y flujos existentes y de los que aún no se han publicado. Presentamos el Sistema Unificado de Información de Materiales (UMIS por sus siglas en inglés) para superar esta barrera al permitir que los datos de inventarios y flujos de materiales estén comprensivamente integrados en el espacio, tiempo, materiales y el tipo de datos, independiente de su desagregación, sin perder información, y evitando la doble contabilización. UMIS puede por lo tanto ser aplicado para estructurar varios datos de inventarios y flujos de materiales junto con sus metadatos a lo largo de los métodos de análisis de sistemas de materiales como por ejemplo el análisis de flujo de materiales (MFA por sus siglas en inglés), el análisis input-output, y el análisis de ciclo de vida. UMIS etiqueta de forma única y visualiza procesos y flujos en diagramas UMIS; por lo tanto, los datos de inventarios y flujos de materiales visualizados en diagramas UMIS pueden ser individualmente referenciados en bases de datos y modelos computacionales. Las aplicaciones de UMIS para re-estructurar datos de inventarios y flujos de materiales existentes representados por diagramas de flujo de bloques, diagramas de dinámicas de sistemas, diagramas Sankey, matrices, y derivados usando el sistema de clasificación ampliamente usado MFA son presentados para exemplificar su uso. UMIS mejora las capacidades con las que los sistemas complejos cuantitativos de materiales analizan, archivan, y computan datos de inventarios y flujos de materiales.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12730>

### Unified Materials Information System (UMIS): An Integrated Material Stocks and Flows Data Structure

Rupert J. Myers, Tomer Fishman, Barbara K. Reck, and T. E. Graedel

**Keywords:** data structure, industrial ecology, input-output analysis (IOA), life cycle assessment (LCA), material flow analysis (MFA), systems modeling

#### Summary:

Modern society depends on the use of many diverse materials. Effectively managing these materials is becoming increasingly important and complex, from the analysis of supply chains, to quantifying their environmental impacts, to understanding future resource availability. Material stocks and flows data enable such analyses, but currently exist mainly as discrete packages, with highly varied type, scope, and structure. These factors constitute a powerful barrier to holistic integration and thus universal analysis of existing and yet to be published material stocks and flows data. We present the Unified Materials Information System (UMIS) to overcome this barrier by enabling material stocks and flows data to be comprehensively integrated across space, time, materials, and data type independent of their disaggregation, without loss of information, and avoiding double counting. UMIS can therefore be applied to structure diverse material stocks and flows data and their metadata across material systems analysis methods such as material flow analysis (MFA), input-output analysis, and life cycle assessment. UMIS uniquely labels and visualizes processes and flows in UMIS diagrams; therefore, material stocks and flows data visualized in UMIS diagrams can be individually referenced in databases and computational models. Applications of UMIS to restructure existing material stocks and flows data represented by block flow diagrams, system dynamics diagrams, Sankey diagrams, matrices, and derived using the economy-wide MFA classification system are presented to exemplify use. UMIS advances the capabilities with which complex quantitative material systems analysis, archiving, and computation of material stocks and flows data can be performed.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12733>

### Desentrañando el nexo: explorando las trayectorias del uso combinado de recursos

David Font Vivanco, Ranran Wang, Sebastiaan Deetman y Edgar Hertwich

**Palabras clave:** bucles de retroalimentación, ecología industrial, análisis input-output, gestión de recursos, análisis de trayectoria estructural, nexo agua-energía

#### Resumen:

En respuesta a una disminución sin precedentes de los recursos naturales mundiales, el marco analítico denominado nexo de recursos está ganando cada vez más influencia en las prácticas de gestión de recursos. En esta investigación, abordamos el nexo de recursos a través del concepto de trayectoria de nexos. Las trayectorias de nexos son configuraciones que siguen los flujos de recursos a lo largo de las cadenas de suministro y que conducen al uso combinado de dos o más recursos. Se identifican tres tipos generales de trayectorias: directas (uso en el sitio), dependientes (cadena de suministro de una sola vía) e interdependientes (retroalimentaciones a través de la cadena de suministro). Cuantificamos y comparamos cada trayectoria por medio del análisis multirregional de input-output y el análisis de trayectoria estructural, y aplicamos este enfoque a un estudio comparativo sobre el nexo agua-energía (NAE) en los Estados Unidos y China. Las interdependencias se consideran en general relevantes para el NAE, especialmente entre los sectores de gestión y suministro de agua y energía. Sin embargo, nuestro análisis para ambos países indica que las interdependencias no desempeñan un papel importante en el NAE ni se producen sustancialmente entre los sectores del agua y la energía. Las interdependencias más importantes contribuyen menos del 1% del uso total de agua o energía, y se producen principalmente entre sectores de manufactura. En general, el NAE estudiado está impulsado principalmente por trayectorias dependientes y, en menor grado, por el uso directo de recursos. Las diferencias comparativas entre los dos países se explican en gran medida por las diferencias en la estructura económica, la tecnología y la dotación de recursos. Nuestros hallazgos cuestionan el enfoque actual de la investigación de nexos y las políticas de gestión de recursos, y sugieren una mayor atención a trayectorias menos complejas, pero más determinantes, que conducen al uso absoluto de los recursos.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12733>

### Unraveling the Nexus: Exploring the Pathways to Combined Resource Use

David Font Vivanco, Ranran Wang, Sebastiaan Deetman, and Edgar Hertwich

**Keywords:** feedback loops, industrial ecology, input-output analysis (IOA), resource management, structural path analysis, water-energy nexus

#### Summary:

In response to the unprecedented decline in global natural resource endowments, the so-called nexus framework is gaining increasing influence on resource management practices. In this research, we approach the resource nexus through the concept of nexus pathways. Nexus pathways are configurations that resource flows follow along supply chains leading to the combined use of two or more resources. Three general types of pathways are identified: direct (on-site use), dependent (one-way supply chains), and interdependent (supply-chain feedbacks). We quantify and compare each pathway by means of multiregional input-output analysis and structural path analysis, and apply this approach to a comparative case study on the water-energy nexus (WEN) in the United States and China. Interdependencies or feedbacks are generally thought to be relevant for the WEN, especially between water and energy sectors. Our economy-wide analysis for both countries indicates, however, that feedbacks neither play an important role in the WEN nor substantially take place between water and energy sectors. The most important feedbacks contribute to less than 1% of total resource use, and these take place mostly between manufacturing sectors. Overall, the studied WEN is mostly driven by dependent pathways and, to a lesser degree, direct resource use. Comparative differences between the two countries are largely explained by differences in economic structure, technology, and resource endowments. Our findings call into question current research and policy focus and suggest greater attention to less complex, but more determining, pathways leading to absolute resource use.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12739>

### Rastreando los materiales de construcción en el tiempo y el espacio: modelaje prospectivo y geo-referenciado de inventarios de construcciones y flujos de materiales de la construcción

Niko Heeren y Stefanie Hellweg

**Palabras clave:** material de construcción, residuos de construcción y demolición, sistemas de información geográfica (GIS por sus siglas en inglés), ecología industrial, análisis de ciclo de vida (ACV), análisis de flujo de materiales (AFM)

#### Resumen:

Los materiales de construcción juegan un papel cada vez más importante en los impactos ambientales de las construcciones. En aras de investigar los impactos de los materiales a nivel de edificios, presentamos un modelo de abajo hacia arriba sobre el inventario de construcción que usa datos tridimensionales y geo-referenciados para determinar la información volumétrica de inventarios de materiales en edificios residenciales suizos. Usamos un enfoque de modelación probabilística para calcular los flujos de materiales futuros para los edificios individuales. Investigamos seis escenarios con diferentes supuestos sobre área per-cápita del piso, rotación de inventarios de construcción, y materiales de construcción. El parque suizo de edificios tendrá cambios estructurales importantes en 2035. Mientras esto llevará a una reducción numérica de nuevas construcciones, el flujo de materiales se va a incrementar. Las entradas de materiales decrecen a la mitad mientras las salidas se doblan. En 2055, la cantidad total de entradas y salidas de materiales son casi iguales, lo cual representa una oportunidad importante para cerrar ciclos de materiales de construcción. Los impactos ambientales totales permanecen relativamente estables en el tiempo debido a la producción y disposición de materiales de construcción. El impacto acumulado es reducido ligeramente en el escenario basado en madera. El escenario con más materiales de aislamiento lleva a unas emisiones ligeramente mayores. Un incremento en el área de piso per-cápita o rotación de materiales llevará a incrementos considerables de los impactos. El nuevo enfoque de modelación supera las limitaciones de modelos de construcción previos de abajo hacia arriba y permite investigar los flujos e inventarios de materiales en el tiempo y el espacio. Esto soporta el desarrollo de estrategias personalizadas para reducir la huella de los materiales y el impacto ambiental de los edificios y asentamientos.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12739>

### Tracking Construction Material over Space and Time: Prospective and Geo-referenced Modeling of Building Stocks and Construction Material Flows

Niko Heeren and Stefanie Hellweg

**Keywords:** building material, construction and demolition waste, geographic information systems (GIS), industrial ecology, life cycle assessment (LCA), material flow analysis (MFA)

#### Summary:

Construction material plays an increasingly important role in the environmental impacts of buildings. In order to investigate impacts of materials on a building level, we present a bottom-up building stock model that uses three-dimensional and geo-referenced building data to determine volumetric information of material stocks in Swiss residential buildings. We used a probabilistic modeling approach to calculate future material flows for the individual buildings. We investigated six scenarios with different assumptions concerning per-capita floor area, building stock turnover, and construction material. The Swiss building stock will undergo important structural changes by 2035. While this will lead to a reduced number in new constructions, material flows will increase. Total material inflow decreases by almost half while outflows double. In 2055, the total amount of material in- and outflows are almost equal, which represents an important opportunity to close construction material cycles. Total environmental impacts due to production and disposal of construction material remain relatively stable over time. The cumulated impact is slightly reduced for the woodbased scenario. The scenario with more insulation material leads to slightly higher material related emissions. An increase in per-capita floor area or material turnover will lead to a considerable increase in impacts. The new modeling approach overcomes the limitations of previous bottom-up building models and allows for investigating building material flows and stocks in space and time. This supports the development of tailored strategies to reduce the material footprint and environmental impacts of buildings and settlements.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12731>

### Análisis de ciclo de vida simplificado de los edificios a través de una sub-especificación estructurada y selección probabilística

Paolo Tecchio, Jeremy Gregory, Elsa Olivetti, Randa Ghattas y Randolph Kirchain

**Palabras clave:** edificios, modelos híbridos, ecología industrial, selección probabilística, análisis de ciclo de vida simplificado, incertidumbre

#### Resumen:

El pensamiento de ciclo de vida juega un papel importante en el desarrollo sostenible del sector de la construcción. Sin embargo, la complejidad de la recolección de datos y definición de enfoques limita las aplicaciones del análisis de ciclo de vida (ACV). Aún si los datos de inventario han sido recolectados, tabulados e indexados el método sigue siendo demandante en tiempo, lo cual puede ser desestimulante para los diseñadores. Este estudio demuestra cómo el ACV de los edificios puede ser simplificado de forma robusta usando sub-especificaciones estructuradas de datos de impacto combinados con una efectiva y eficiente selección de recolección de datos. Fueron conducidas pruebas con una serie de tipologías de edificios que fueron analizadas con un enfoque de la cuna a la puerta. Fue probado un enfoque de selección probabilística para identificar actividades seleccionadas que requerían especificaciones detalladas porque contribuían más al impacto total, por ende reduciendo el esfuerzo de recolección de datos. Fueron evaluados los impactos como el calentamiento global, acidificación, eutrofización, y creación de smog fotoquímico, y los resultados mostraron que 40% a 46% de la factura de materiales representa el 75% de los impactos de las casas unifamiliares y los edificios multifamiliares. Al especificar solo un subconjunto priorizado de la factura de materiales al mayor nivel de especificación, los resultados probaron ser razonablemente precisos y obtenibles con menor esfuerzo.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12731>

### Streamlining the Life Cycle Assessment of Buildings by Structured Under-Specification and Probabilistic Triage

Paolo Tecchio, Jeremy Gregory, Elsa Olivetti, Randa Ghattas, and Randolph Kirchain

**Keywords:** Buildings, hybrid models, industrial ecology, probabilistic triage, streamlined life cycle assessment, uncertainty

#### Summary:

Life cycle thinking plays an important role in sustainable development in the building sector. However, the complexity of data collection and scope definition limits life cycle assessment (LCA) applications. Even if the inventory data have already been collected, tabulated, and indexed, the method is still time-consuming, which may be discouraging for designers. This study demonstrates how the LCA of buildings can be robustly streamlined using structured underspecification of impact data combined with an effective and efficient triage of the data collection. Tests were conducted with a series of building typologies that were analyzed with a cradle-to-gate approach. The probabilistic triage approach was tested to identify selected activities requiring detailed specification because they contribute most to total impact, thereby reducing data gathering effort. Impacts such as global warming, acidification, eutrophication, and smog creation were assessed, and results showed that 40% to 46% of the bill of materials components represent 75% of total impacts of single-family houses and multifamily buildings. By specifying only a prioritized subset of the bill of materials to the highest level of specificity, results proved to be reasonably accurate and obtainable with less effort.

## Revista de Ecología Industrial

2019, Vol. 23, N. 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12723>

### Caracterización geoespacial de las reservas de materiales en el sector residencial de una ciudad latinoamericana

Carlos Mesta, Ramzy Kahhat y Sandra Santa-Cruz

**Palabras clave:** sistemas de información geográfica, ecología industrial, intensidad material, recuperación de recursos, medio ambiente urbano, reservas urbanas

#### Resumen:

El parque inmobiliario constituye un enorme reserva de materiales de construcción en una ciudad y una fuente potencial para reemplazar los recursos primarios en el futuro. Este artículo describe la aplicación de un enfoque metodológico para analizar las existencias de materiales (MS, por sus siglas en inglés) en edificios, y su distribución espacial a una escala de ciudad. Se analizó una nueva ciudad latinoamericana, la ciudad de Chiclayo en Perú, combinando datos de sistemas de información geográfica (SIG), información del censo y datos recopilados de diferentes fuentes. La aplicación de la metodología brindó indicadores específicos para el tamaño físico de los edificios (es decir, superficie bruta y número de pisos) y su composición de materiales. Se estimó el número total de las MS en edificios, en 2007, en 24,4 millones de toneladas (Mt), o 47 toneladas per cápita. Esta masa está principalmente compuesta de materiales minerales (97,7%), principalmente hormigón (14,1 Mt), mientras que los materiales orgánicos (por ejemplo, 0,15 Mt de madera) y metálicos (por ejemplo, 0,40 Mt de acero) constituyen la parte restante (2,3%). Además, se usaron los datos y proyecciones del censo histórico para evaluar los cambios de las MS desde 1981 a 2017; mostrando un aumento del 360% de las MS en los últimos 36 años. Este estudio proporciona una información de apoyo esencial para los planificadores urbanos, lo que ayuda a proporcionar una mejor comprensión de la disponibilidad de recursos en la ciudad y su futuro suministro potencial para el reciclaje, así como para desarrollar estrategias para la gestión de los residuos de la construcción y de derribo.

## Journal of Industrial Ecology

2019, Vol. 23, Issue 1  
<http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12723>

### Geospatial Characterization of Material Stock in the Residential Sector of a Latin-American City

Carlos Mesta, Ramzy Kahhat, and Sandra Santa-Cruz

**Keywords:** geographical information systems, industrial ecology, material intensity, resource recovery, urban environment, urban stocks

#### Summary:

Building stock constitutes a huge repository of construction materials in a city and a potential source for replacing primary resources in the future. This article describes the application of a methodological approach for analyzing the material stock (MS) in buildings and its spatial distribution at a city-wide scale. A young Latin-American city, the city of Chiclayo in Peru, was analyzed by combining geographical information systems (GIS) data, census information, and data collected from different sources. Application of the methodology yielded specific indicators for the physical size of buildings (i.e., gross floor area and number of stories) and their material composition. The overall MS in buildings, in 2007, was estimated at 24.4 million tonnes (Mt), or 47 tonnes per capita. This mass is primarily composed of mineral materials (97.7%), mainly concrete (14.1 Mt), while organic materials (e.g., 0.15 Mt of wood) and metals (e.g., 0.40 Mt of steel) constitute the remaining share (2.3%). Moreover, historical census data and projections were used to evaluate the changes in the MS from 1981 to 2017; showing a 360% increase of the MS in the last 36 years. This study provides essential supporting information for urban planners, helping to provide a better understanding of the availability of resources in the city and its future potential supply for recycling as well as to develop strategies for the management of construction and demolition waste.