

Fecha de presentación: mayo, 2014 Fecha de aceptación: octubre, 2014 Fecha de publicación: diciembre, 2014

ARTÍCULO 11

ACERCAMIENTO CONCEPTUAL A LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL

CONCEPTUAL APPROACH TO THE INDUSTRIAL ECOLOGY

MSc. Yolanda García Martínez¹

E-mail: ygmartinez@ucf.edu.cu

MSc. Nelson Arsenio Castro Perdomo¹

E-mail: ncastro@ucf.edu.cu

Dra.C. Noemí Suarez Monzón¹

E-mail: nsmonzon@ucf.edu.cu

¹ Universidad de Cienfuegos. Cuba.

¿Cómo referenciar este artículo?

García Martínez, Y., Castro Perdomo, N. C., & Suarez Monzón, N. (2014). Acercamiento conceptual a la ecología industrial. *Universidad y Sociedad* [seriada en línea], 6 (1-extraordinario). pp. 73-79. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/>

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo propiciar un acercamiento conceptual a la Ecología Industrial, a través de la valoración de los criterios más significativos en la actualidad al respecto, que permitan la evaluación de su ejecución. Esta investigación se llevó a cabo mediante el empleo del método de análisis de documentos, básicamente; permitiendo la valoración del estado del arte en este sentido y desde él, establecer las situaciones que se presentan. Como resultados fundamentales destacan: la identificación de tres enfoques teóricos para su estudio; la carencia de una metodología específica que relacione los métodos y herramientas complejas utilizados en su aplicación; una cantidad apreciable de condiciones necesarias para que una intervención de esta naturaleza prospere; así como obstáculos que se interponen en el cumplimiento de dichas condiciones; al mismo tiempo que se evidencia la relación estrecha pero errática que guarda con otros conceptos afines, lo que dificulta la comprensión y toma de decisiones relacionadas con la misma.

Palabras clave:

Ecología Industrial, Desarrollo Sostenible, Cuba.

ABSTRACT

This article aims to promote a conceptual approach to Industrial Ecology, through the evaluation of the most significant criteria at present thereon, to permit evaluation of its implementation. This research was conducted by using the method of document analysis, basically; allowing the assessment of the state of art in this sense and from it, set the situations presented. As main results include: the identification of three theoretical approaches to the study; the lack of a specific methodology that relates the complex methods and tools used in its implementation; an appreciable amount of necessary conditions for an intervention of this nature to thrive; and obstacles in meeting those conditions; while the narrow but erratic interrelationship with other related concepts evidence, hindering understanding and decision making related to it.

Keywords:

Industrial ecology, develop sustainable, Cuba.

INTRODUCCIÓN

Durante años, la actividad humana ha venido produciendo efectos y alteraciones en los sistemas naturales. El desarrollo industrial y tecnológico por una parte, y el acelerado crecimiento demográfico por la otra, además de aumentar los patrones insostenibles de producción y consumo, han introducido al medio ambiente una gran variedad de productos químicos sintéticos, peligrosos para los seres vivos, que la naturaleza no los degrada con la suficiente celeridad, ni el hombre los logra eliminar sin causar daños al entorno. Se une al incremento de la generación de residuos y emisiones, los altos consumos de energía no renovables, de agua, materias primas e insumos que provocan además cuantiosas pérdidas económicas (CITMA 2011).

La coyuntura actual demanda una concepción integral del desarrollo sostenible, entendido como un proceso donde las políticas de desarrollo económico, científico-tecnológica, fiscales, de elevación de la calidad de vida de la población, de comercio, energía, agricultura, industria, de preparación del país para la defensa y otras, se entrelazan con las exigencias de la protección del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales, en un marco de justicia y equidad social (CITMA 2007).

Muchos autores conciben a la Ecología industrial como estrategia para el Desarrollo Sostenible: (Bermejo, 2001); (Naredo, 2003); (Fernández, 2005); (Rosemberg, 2009); (Cervantes, 2010); y (Carrillo, 2010). Incluso Ehrenfeld (2004), planteó que pudiera llegar a ser, la ciencia de la sostenibilidad.

Durante la década de los noventa, gracias a los trabajos desarrollados en varios institutos de investigación, como el Wuppertal alemán, el IFF austríaco y el World Resources estadounidense, se revitalizaron los trabajos de los pioneros de la Ecología Industrial (EI), alcanzando cierta madurez a finales del decenio con la creación de la primera revista científica destinada a la nueva disciplina (Journal of Industrial Ecology, MIT Press, 1997); a la que siguieron numerosos encuentros y publicaciones que sirvieron para afianzar mejor la metodología (Naredo, 2003).

La Ecología Industrial es una temática interdisciplinaria que intenta asimilar el funcionamiento de los ecosistemas industriales al de los naturales, con una interrelación entre industrias, el medio social y natural que tiende a cerrar el ciclo de materia y a hacer eficiente los procesos internos. Es actualmente un reto para nuestro mundo y una de las pocas maneras con las que la industria puede contribuir al desarrollo sostenible. La Ecología Industrial promueve la innovación en sistemas humanos e industriales a través de un cambio de concepción, donde el límite no está en la propia empresa sino donde se crea una red de colaboración y negocio con otras empresas,

con entidades gubernamentales y con el ecosistema natural (Cervantes, 2010).

La Ecología Industrial es un área de conocimiento que busca efficientar los procesos y repercutir en el ámbito no sólo económico y ambiental sino también en el social, a partir de la interacción entre distintas empresas del mismo o de diferentes ramas industriales se está posicionando en el mundo como una alternativa real y viable para que las empresas por iniciativa propia y con las condiciones e incentivos públicos necesarios participen y contribuyan a la mitigación del cambio climático (Carrillo, 2011).

Siguiendo este razonamiento, podría considerarse beneficioso el empleo de la Ecología Industrial en el entorno cubano; sin embargo, la misma constituye un campo nuevo e insuficientemente tratado en Cuba, que surge en escenarios muy alejados del contexto político-económico cubano y que ha recibido críticas en cuanto a los resultados de su aplicación en el plano social. De ahí que se necesiten elementos cognitivos que permitan una mejor comprensión sobre la pertinencia de su aplicación; siendo el objetivo del presente trabajo: propiciar un acercamiento conceptual a la Ecología Industrial, a través de la valoración de los criterios más significativos en la actualidad al respecto, que permitan la evaluación de su ejecución en el país.

DESARROLLO

Para lograr una mejor comprensión sobre la Ecología Industrial es necesario conocer una serie de aspectos, entre los que destacan: enfoques, metodología, condiciones, obstáculos y relación con otros conceptos afines; los cuales serán expuestos a continuación.

Enfoques fundamentales de la Ecología Industrial

La Ecología Industrial se estudia a partir de tres enfoques teóricos diferentes, los que han sido desarrollados, desde la especialidad y perspectiva de sus respectivos especialistas, y a pesar de existir relaciones entre ellos, cada uno presenta características que lo distinguen del resto, de forma tal que: el enfoque del metabolismo industrial, constituye la base de análisis, para el desarrollo de los restantes; mientras, el enfoque ecosistémico (cierre de los ciclos de los materiales), expresa el propósito de la Ecología Industrial de hacer al sistema industrial parte integrante de la naturaleza; por su lado, el enfoque de la desmaterialización, es sin duda el más cuestionado, más por la pretensión de sus defensores de dar al mismo un carácter de "vara mágica", que por la tesis de la reducción de los recursos naturales, que es sin duda posible y positiva.

Enfoque del Metabolismo industrial

El enfoque del Metabolismo industrial es desarrollado por Robert Ayres, y es resultado de la evolución del concepto de balance de materiales dado por el mismo autor en los años 70. Desde este enfoque, el objetivo central consiste en explicar, cómo se da el flujo total de materiales y energía que atraviesa el sistema industrial, desde su extracción hasta su inevitable reintegración a los ciclos biogeoquímicos de los elementos naturales (Carrillo, 2009).

El análisis del metabolismo industrial está basado en la ley de conservación de la materia, del mismo modo que el *metabolismo biológico o ecosistémico*, pero aunque *“la investigación acerca del metabolismo de la antroposfera aún está en sus comienzos, debido a su complejidad y al enorme peso del cálculo monetario”* (Bermejo, 2001), su comprensión constituye una base imprescindible, para establecer las acciones específicas que deberán desarrollarse posteriormente de forma tal que garanticen el funcionamiento del sistema industrial, como parte integrante del medio ambiente y en armonía con éste.

Enfoque ecosistémico (Cierre de los ciclos de los materiales)

La Ecología Industrial, desde esta perspectiva, establece la analogía con el sistema biológico, plantea que en un sistema industrial puede darse un intercambio de recursos en forma cíclica y el modo en que se utiliza la materia y la energía en el sistema económico, se asemeja de gran manera al empleo de la materia y de la energía por parte de los organismos biológicos y los ecosistemas. Sin embargo, son múltiples los problemas físicos que es preciso resolver para poder cerrar los ciclos de los materiales y sustancias sintéticas y es necesario desarrollar técnicas para sustituir las sustancias peligrosas por otras inofensivas (Erkman, 1998).

Para poder construir ecosistemas industriales es necesario, que las economías locales sean diversificadas, de forma que existan empresas que utilicen como materia prima los residuos de otras. Esto obliga a que las empresas tengan una escala adecuada, capaz de aprovechar los flujos de materiales, y evolucionen armónicamente. Esta coevolución requiere *la cooperación y planificación a largo plazo entre las empresas del ecosistema y un mecanismo que la garantice* (Carrillo, 2009).

Enfoque Tecnológico (Desmaterialización)

La desmaterialización de la economía, es una propuesta estratégica de sostenibilidad mediante la reducción del uso de los insumos utilizados para la producción. Este concepto tiene una relación directa con el de productividad, entendida como la relación entre la cantidad producida y la cantidad de insumos utilizados en tal producción. Así, cuanto menor sea la cantidad de insumos utilizados en la producción de una unidad

de producto, tanto mayor será la productividad, entendida también como la eficiencia en la producción. La desmaterialización se logra, mediante la reducción del flujo de materia en la economía, para mantener la capacidad de asimilación de los ecosistemas a niveles tolerables. El sentido principal de la desmaterialización es el de aumentar la productividad de los recursos, que se puede medir en un sentido macroeconómico como Producto Interno Bruto sobre Total de Materia Requerida (Carrillo, 2009).

En términos teóricos la desmaterialización sería, uno de los caminos que lleva a ejecutar la Ecología Industrial, pero en la práctica la misma está lejos de lograr su propósito.

Un crítico de este enfoque es el sociólogo Sthefen Bunker, especialista en Ecología Política; este autor que se dedica al estudio de los fenómenos colectivos, producidos por la actividad social de los seres humanos, dentro del contexto histórico-cultural en el que se encuentran inmersos y argumenta que: *“estamos viviendo en una sociedad donde existe una alta demanda de productos en el mercado; antiguamente las tecnologías llevaban de la mano al hombre para brindarles una mejor calidad de vida, y el mercado siempre estuvo para venderle al hombre esos productos; hoy es todo lo contrario, y es el hombre el que lleva de la mano a las tecnologías, exigiendo cada vez más los avances en la misma, y esperando la confección de productos más manuales, pero con mayor eficiencia; lo común es que el mercado sigue estando ahí para la venta de estos productos; estamos viviendo en una sociedad de consumo, donde es muy difícil, a partir de la reducción de flujos de materias primas, obtener productos que satisfagan las necesidades del hombre y disminuyan los daños a los ecosistemas, las crisis de superproducción, son las principales causas de las crisis económicas en el mundo; para poder aplicar el término de la desmaterialización, sería necesario hacer un cambio radical en el pensamiento del hombre, y eso solo lo podría lograr, aquella persona que se dedique al estudio del pensamiento humano, sabiendo lo difícil que resulta hacerle cambiar al hombre su manera de pensar, cambiar su ideología, va más allá de palabras, se necesita grandes pruebas para cambiar el pensamiento del hombre”*. (Bunker, 1996)

Metodología para aplicar la Ecología Industrial

En el análisis documental realizado no se encontró ninguna metodología específica para la aplicación de la Ecología Industrial, lo que pudiera estar dado, por la diversidad de características existentes en los ecosistemas industriales a conformar.

Algunos autores de habla hispana, refieren de manera general, que la misma se vale de varias herramientas y métodos, como son: Análisis de Ciclos de Vida (ACV), Análisis de Flujo de Materia (AFM), Diagramas de flujo, Mercado de subproductos, Metabolismo Industrial, Análisis Económico Ambiental,

Producción más limpia (P+L), Ecoeficiencia y Prevención de la contaminación (Cervantes, 2009).

En el *Handbook of Industrial Ecology*, editado por Robert Ayres, se encuentra en su Parte II titulada *Methodology*, estos y otros métodos desarrollados ampliamente como son: Substance flow analysis, Physical input-output accounting, Process analysis, Impact evaluation (Ayres, 2002).

Aun cuando, estos métodos no constituyen una metodología específica, los mismos deben estudiarse profundamente, para poder acometer acertadamente una intervención de Ecología Industrial (Allenby, 2002).

Condiciones para aplicar la Ecología Industrial

En la investigación realizada, se evidenció que existen condiciones necesarias para que un proyecto de Ecología Industrial prospere, por lo que en una intervención de este tipo se debe velar por que las mismas se cumplan.

A continuación se exponen las condiciones que a criterio de los autores resultan las más significativas:

1. Política ambiental comprometida con el desarrollo sostenible: la Ecología Industrial es una estrategia coincidente con el concepto de Desarrollo Sostenible, dado que en sus objetivos se propone impactar positivamente tanto en el plano ecológico como en el económico y social (Carrillo, 2010).
2. Cultura ambiental y empresarial, de ahí que las industrias deban tener un trabajo ambiental previo en materia de gestión ambiental y certificación internacional como las ISO 14000 y experiencia en intervenciones de P+L y ecoeficiencia.
3. Considerar que el sistema industrial debe funcionar como un ecosistema: la condición fundamental de la ecología industrial está dada porque la misma *"considera que el sistema industrial debe funcionar como un ecosistema natural donde una especie se alimenta de otra bajo la idea de una cadena trófica, esta propuesta no se ciñe estrictamente al ámbito industrial sino que incorpora otras actividades económicas y humanas"* (Carrillo, 2010).
4. Cercanía física de las industrias a relacionar: Otra condición para el buen resultado de la Ecología Industrial es la cercanía física que debe existir entre las industrias donde se ha identificado la sinergia. Esto tiene varios escenarios en dependencia de la intervención en cuestión (Carrillo, 2010).
5. Existencia de una entidad rectora y/o coordinadora: *"aunque si bien los principios de la Ecología Industrial pudiera aplicarse de forma aislada, o como iniciativa de alguna*

institución en particular; la Ecología Industrial, como estrategia, necesita la existencia de una infraestructura de apoyo que favorezca el cambio de actitud hacia las formas en que se desarrollan las actividades humanas (industriales)" (Brand, 1999).

Sería primordial entonces comenzar, creando una estructura particular o en su defecto, involucrar a las estructuras existentes en esta filosofía de trabajo, las que puedan tener una visión generalizada del problema e independientemente de que debe existir una consonancia conceptual de trabajo a nivel de país; el funcionamiento debe tener independencia en la toma de decisiones a nivel de municipio (Carrillo, 2010).

6. Es fundamental además la existencia de centros de investigación para el estudio de la Ecología Industrial (Ruiz, 2009).

En tanto Cervantes (2009), refiere que:

7. Las autoridades locales deben tener la iniciativa para la aplicación de experiencias de Ecología Industrial.
8. Debe prevalecer un ambiente de confianza y comunicación entre las empresas a relacionar.
9. Se debe contar con un marco jurídico claro, con normas precisas y velar por el cumplimiento estricto de dichas normas.
10. Deben existir incentivos que favorezcan la aplicación de la ecología industrial.

Obstáculos para la Ecología Industrial

En el cumplimiento de las condiciones para la Ecología Industrial se interponen un grupo de obstáculos los que deben ser eliminados para lograr los resultados esperados.

Brand & Bruijn (1999), señalan que los obstáculos a la Ecología Industrial pueden ser de cinco tipos: informativos, técnicos, económicos, normativos, y de motivación. A lo que Cote y Grand argumentan que también existen las barreras institucionales. A continuación se detalla cada uno de dichos obstáculos:

Técnicos: encontrar formas de reutilizar los subproductos y residuos, y hacer uso eficiente de los recursos requiere soluciones tecnológicas y de gestión (Carrillo, 2010).

Informativos: para hacer que el trabajo sea eficaz y eficiente, la información debe fluir de forma vertical y horizontal. En el contexto de la industria, compartir información puede ser difícil, por lo que las industrias necesitan mecanismos para facilitar, las conexiones y vínculos entre las empresas, así como las estrategias para recopilar información de fuentes dispersas.

La recopilación de los flujos de información y stocks de materias dentro de una comunidad suele ser igualmente difícil debido a que en algunos casos la confidencialidad propia de cada empresa representa trabas para realizar dichos proyectos (Carrillo, 2010).

Económicos: la competencia entre las empresas y el deseo de maximizar los rendimientos de las inversiones representa un obstáculo importante para la aplicación de la Ecología Industrial, dado que la Industria percibe que la gestión de los residuos en pro del cuidado ambiental es costosa. La inseguridad de los mercados y los cambios en las actividades empresariales pueden crear condiciones que limitan el interés en las innovaciones para la sostenibilidad (Carrillo, 2010).

Regulatorios: en muchos casos, los reglamentos limitan las opciones y reprimen soluciones innovadoras. A menudo, los gobiernos locales en la competencia por el desarrollo industrial, se han mostrado reacios a establecer normas que la industria no podría resistir (Burstrom, 2001). La aplicación de un programa comunitario sostenible requerirá que los municipios sean más flexibles, al mantener sus estándares de calidad ambiental (Carrillo, 2010). Además, las leyes reguladoras están retrasadas respecto a las nuevas implementaciones, en vez de ser estas las que las propongan (Genesio, 2012).

Motivacional: tal vez el obstáculo más difícil de superar es el reto de motivar a las empresas y las comunidades para hacer las cosas de manera diferente y atraer a los consumidores a cambiar sus actitudes. La sociedad de consumo ha aceptado la idea de lanzar la basura afuera, aunque esta tradición parece estar cambiando. Se ha visto la naturaleza como fuente de riqueza material sin fin, y un receptor inagotable para los desechos. La sostenibilidad requiere cambios importantes de actitud y comportamiento (Carrillo, 2010).

Institucional: las organizaciones a menudo revelan resistencia al cambio. Los gobiernos locales y nacionales, así como los gestores no son inmunes a estos factores (Carrillo 2010).

Conocimiento: la falta de conocimiento de conceptos como la Ecología Industrial y del papel que puede jugar para entender las interacciones entre los diversos aspectos del desarrollo serán otras de las barreras a vencer (Grant, 2004).

Relación de la Ecología Industrial con otros conceptos afines

Al consultar la bibliografía referida a la Ecología Industrial, se puede constatar que existe una estrecha relación entre ésta y varios conceptos, entre los que se encuentran: metabolismo industrial, simbiosis industrial, parques ecoindustriales, P+L, ecoeficiencia, economía ecológica, etc.; en cambio, estas relaciones, en muchas ocasiones son erráticas, de un artículo a otro; llegando incluso a ser empleados como sinónimos de la

misma, lo que dificulta establecer, propósitos, límites y metodologías específicas, para cada uno de ellos.

Ecología Industrial - Metabolismo Industrial

El Metabolismo industrial se refiere a los flujos de materiales y energía del sistema industrial. Se estudia fundamentalmente con un enfoque descriptivo y analítico; sin embargo, la Ecología Industrial va más allá, siendo la idea, comprender primero cómo trabaja el sistema industrial, cómo éste es regulado y sus interacciones con la biosfera; entonces sobre la base de lo que conocemos acerca de los ecosistemas, determinar cómo pudiera ser reestructurado, para hacerlo compatible con la forma natural en la que funcionan los ecosistemas (Erkman, 2002).

Ecología Industrial - Simbiosis Industrial

La simbiosis industrial constituye el principio básico de la Ecología Industrial, e independientemente de las otras aristas que pueda tener la misma para su desempeño, si no se cumple este principio básico, en una concepción de esta naturaleza, se estará negando su fin más identitario, referido a la intención del cierre del ciclo de materiales. Con este diseño se busca una aproximación a los ecosistemas naturales, para de esta forma contribuir al desarrollo sostenible. Cualquier otra agrupación de industrias de forma colaborativa, en cuanto a servicios auxiliares, transporte, intercambios académicos, etc.; podrá ser considerado una estrategia plausible, más no podrá decirse que es Ecología Industrial.

Ecología Industrial - Producciones más limpias (P+L)

De acuerdo con la opinión de varios autores, las (P+L) y la Ecología Industrial guarda una estrecha relación. Al respecto, Jakson (2002), expresa: *“existe una elevada consonancia conceptual entre la Ecología Industrial y la Producción Limpia”, justificando esta afirmación al referirse a que, “ambos están motivados por la preocupación hacia los crecientes impactos medioambientales, de los sistemas económicos industriales; surgiendo, más o menos al mismo tiempo (de finales de los años 80 a mediados de los 90), período de evolución de la conciencia medioambiental”.*

No obstante, otros argumentan, que la Ecología Industrial tiene mayor alcance; según (Erkman, 2001) *“la Producción limpia aun enfoca sus acciones hacia el interior de las compañías individuales; por lo que pensar en ir más lejos, y aplicar la Producción limpia, a un grupo de compañías, a una zona industrial o a toda una región, es decir: al aplicar la producción limpia a nivel sistémico, estamos en presencia de lo que en los últimos años se ha conocido con el nombre de ecología industrial”;* aún a la altura del año 2010, Cervantes ofrecía una percepción similar, *“la P+L sigue siendo un enfoque aplicado a empresas de forma individual. La Ecología Industrial da un paso que supone un cambio de concepción: el sistema industrial es visto como un ecosistema, donde la actividad*

industrial está relacionada con el entorno y el medio social y donde se entiende por industria todos los sistemas humanos: agricultura, transporte, producción, etc." (Cervantes, 2010).

Es necesario destacar, sin embargo, que al consultar la literatura especializada de uno y otro campo, se constata un traslazo conceptual entre estos términos, ya que en las publicaciones de Producción Limpia, se refieren a la Ecología Industrial, como herramienta para llevar a vías de hecho la P+L, mientras por su parte la Revista de Ecología Industrial expresa lo contrario, es decir consideran a la Producción Limpia un método para lograr la Ecología Industrial. (Jackson, 2002). En la actualidad existe una tendencia a considerar la Ecología Industrial como la aplicación a nivel sistémico de la P+L (Erkman, 2000).

Ecología Industrial-Ecoeficiencia

La mayoría de los autores consultados, afirman que la ecoeficiencia constituye una herramienta, estrategia o método, que emplea la Ecología Industrial para procurar el Desarrollo sostenible, (Contreras, 2000); (Galán, 2003); y (Salazar, 2008). Este último al referirse a la ecoeficiencia añade que *"es una estrategia de iniciativa empresarial o industrial, más que ecológica o social. Implanta acciones relacionadas con el medio ambiente que permitan producir un aumento en la rentabilidad de las inversiones"* (Salazar 2008).

Otros por el contrario, las consideran estrategias independientes, pero que tienen un objetivo común; a estos se suma en otro momento de su artículo (Galán, 2003).

Sin embargo, lo más controversial está, en que algunos autores, entre los que destaca (Leal, 2005), presentan a la Ecología Industrial como sinónimo ecoeficiencia. De ahí que en este contexto se dan también como sinónimos: parques ecoindustriales y parques ecoeficientes.

No obstante, es importante precisar, que la diferencia entre ellas está dada, en que para lograr el mismo objetivo, cada una lo enfrenta con las armas que le aporta su propia naturaleza. Desconocer esto encierra el peligro, de perder el camino que se ha emprendido con la mayor energía y las mejores intenciones, para llegar después de mucho tiempo, al lugar equivocado.

Ecología Industrial-Economía Ecológica

Graciela Carrillo sostiene en varios de sus artículos que: *"la ecología industrial es una propuesta cuya base teórica se desprende de la economía ecológica y busca conectar los principios y elementos de la economía con los de la biología"* (Carrillo, 2009, 2010, 2011). Esta visión es defendida además por Naredo (2003), al plantear: *"la llamada economía ecológica, que considera los procesos de la economía como parte integrante de esa versión agregada de la naturaleza que es la biosfera y los ecosistemas que la componen, incorporando líneas de trabajo de ecología industrial, ecología*

urbana, agricultura ecológica"; por el contrario, (Salazar 2008), las divorcia explícitamente, cuando afirma: *"la Ecología Industrial, incorpora su entorno ambiental y plantea la búsqueda de una nueva relación industria-ambiente. Sin embargo, su visión capitalista da mayor peso a la esfera económica, estableciendo una amplia confianza en el avance tecnológico y el mercado para la solución de los problemas ambientales. La Economía Ecológica, en contraste, enfatiza un análisis que incorpora las dimensiones ambiental, social y económica, así como múltiples disciplinas, necesarias para un mejor entendimiento de los diversos problemas ambientales-sociales-económicos que presenta la industria"*.

Lo anterior revela una disyuntiva que resultará indispensable resolver, para la toma de decisiones con respecto a la incidencia que la aplicación de la Ecología Industrial tendrá en la sociedad por sí misma, y qué requerimientos deberán aportar otros enfoques provenientes de la Economía Ecológica, para que logre ser valorada como instrumento de cambio de la situación actual (medioambiental, económica y social)

CONCLUSIONES

El presente artículo propicia el acercamiento conceptual a la Ecología Industrial a partir de una revisión bibliográfica realizada acerca de la misma, reflejando la existencia de tres enfoques fundamentales para el análisis, que se han desarrollado desde la especialidad y perspectiva de sus respectivos expertos, lo que condiciona las diferencias y características que los distingue entre sí, a pesar de existir relaciones entre estos enfoques. No se constata la existencia de una metodología específica, pero se aportan métodos y herramientas complejas que se necesitan conocer para la aplicación de la Ecología Industrial. Se identifican diez condiciones para que una intervención de Ecología Industrial prospere, así como siete obstáculos que se interponen en el cumplimiento de las mismas. Se evidencia la estrecha relación de la Ecología Industrial con varios conceptos afines (metabolismo industrial, simbiosis industrial, parques ecoindustriales, P+L, ecoeficiencia y economía ecológica), la que resulta a menudo errática, llegando incluso a ser empleados como sinónimos de la misma, lo que dificulta la comprensión y toma de decisiones. A partir de este conocimiento se reconoce a la Ecología Industrial como un complejo sistema de acciones que deberán acometerse a la hora de aplicarla en las condiciones objetivas del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allenby, B. R. (2002). A Handbook of Industrial Ecology. Industrial Ecology: governance, laws and regulations Robert U. Ayres and Leslie W. Ayres. UK. USA, Edward Elgar.
- Ayres, R. (2002). A Handbook of Industrial Ecology. R. U. A. a. L. W. Ayres. UK. USA, Edward Elgar 1.

- Bermejo, R. (2001). Fundamentos de ecología industrial. Cuadernos Bakeaz (44): 3.
- Bunker, S. (1996). Materias primas y la economía global: olvidos y distorsiones de la ecología industria. *Ecología Política* 12.
- Carrillo, G. (2009). Una revisión a los principios de la Ecología Industrial. *scielo* 22.
- Carrillo, G. (2010). Incentivos de la Política ambiental para la ecología industrial en México. *Innovación y ecología industrial*.
- Carrillo, G. (2011). Adaptación al cambio climático desde la industria: una visión integral, proyecto de investigación Ciencia Básica SEP Conacyt 61701.
- Cervantes, G. (2009). Ecología Industrial y Desarrollo Sustentable. *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY* 13-1: 63-70. 13: 63-70.
- Cervantes, G. (2010). Ecología industrial: innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo* número 6. pp. 78-98.
- CITMA. (2007). Estrategia Ambiental Nacional 2007/ 2010: 9.
- CITMA. (2011). Proyecto Estrategia Ambiental Nacional 2011/ 2015: 11.
- Contreras, W. (2000). Desde el paradigma de la Ecología Industrial hasta su nueva estrategia metodológica para alcanzar productos, procesos y servicios sostenibles, el Diseño Ambientalmente Integrado. *Ecodiseño y sostenibilidad* 1.
- Ehrenfeld. (2004). Can Industrial Ecology be the Science of Sustainability? *Journal of Industrial Ecology* Volume 8 (number 1–2).
- Erkman, S. (2000). Cleaner Production at the System Level: Industrial Ecology as a Tool for Development Planning (Case Studies in India).
- Erkman, S. (1998). *Vers une écologie industrielle*. C. L. Mayer. París.
- Erkman, S. (2001). Ecología Industrial: una nueva perspectiva para el futuro del sistema industrial.
- Erkman, S. (2002). The recent history of industrial ecology.
- Fernández, D. (2005). Análisis del estado actual de desarrollo de parques industriales sostenibles
- Galán, R. (2003). El ecodiseño como herramienta básica de Gestión Industrial.
- Genesio L, O. L. (2012). Aproximaciones filosóficas y metodológicas para una ingeniería sostenible. *Aproximaciones filosóficas y metodológicas para una ingeniería sostenible* 1: 1.
- Grant, J. (2004). Towards Sustainable cities East Asian, North American and European perspectives on managing Urban Regions. *Sustainable urbanism in historical perspective*. M. Grant. USA, Gower House.
- Jackson, T. (2002). *A Handbook of Industrial Ecology. Industrial Ecology and cleaner production*. Robert U. Ayres and Leslie W. Ayres. Cheltenham, UK. Northampton MA, USA, Edward Elgar.
- Naredo, J. M. (2003) *La Ecología Industrial*. 11
- Rosemberg, A. (2009) *Ecología y Simbiosis Industrial*. 3
- Ruiz, M. D. C. (2009). Aplicación de la Ecología Industrial en la Planificación y Diseño de Áreas Industrial
- Salazar, E. M. G. (2008). Los concimientos tradicionales como una alternativa a los procesos altamente contaminantes. El caso de la industria de la curtiduría en México. *Sinnco*.