

## **El rol de la ingeniería industrial en la planificación ambiental de ciudades. De la escala industrial a la regional.**

Lafflitto, Cristina y Zuleta, Gustavo.

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.  
Juan XXIII y Ruta N° 4. ambienteurbano@fi.unlz.edu.ar*

### **RESUMEN.**

El ingeniero industrial adquiere durante su formación capacidades de planificación, gestión de recursos y análisis de procesos. En general, una vez inserto en el mercado laboral, sus objetivos se focalizan en la resolución de problemas a escala industrial. Sin embargo, gran parte de sus competencias son aplicables a la escala regional, como por ejemplo la planificación de ciudades y la conservación ambiental. Es allí donde el avance de la urbanización, el crecimiento poblacional y los conflictos por el uso del suelo conforman una red de interacciones e impactos que requieren un enfoque holístico para obtener soluciones integrales y eficientes que tiendan a la sustentabilidad ambiental del sistema.

En este contexto, se evaluaron los ámbitos en los que los graduados adquieren aptitudes que podrían utilizarse en planificación de ciudades, con énfasis en la problemática ambiental, en instituciones tales como los municipios o las autoridades de cuencas, los parques industriales o en industrias que están iniciando procesos de reconversión industrial. Para esto se indagó la relación que tienen las herramientas utilizadas por ellos a escala regional con las que podrían ser aplicables a escala industrial.

Se verificó el desempeño de ingenieros industriales en el IX Congreso Latinoamericano de la IIE y se realizó una revisión crítica de los planes de estudio de las carreras de ingeniería industrial en universidad de Argentina..

**Palabras Claves:** Ingeniería industrial, planificación ambiental, ciudades sustentables, investigación,.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Problemática y sustentabilidad urbana.**

Actualmente la población humana desarrolla un crecimiento exponencial, llegando en 2011 a los 7 billones de personas. Asimismo, la población urbana igualó a la rural en 2010, con una tendencia que indica que en 2030 ascenderá al 60% de habitantes en ciudades [1]. Este fenómeno es acompañado por un cambio en los patrones de consumo provocado en gran parte por las fuertes campañas publicitarias que generan nuevas necesidades a las personas y por la obsolescencia programada de los productos manufacturados [2]. Este aumento en el consumo lleva consigo un incremento en la tasa de extracción de recursos naturales tanto en cantidad como en velocidad. En consecuencia, los ecosistemas naturales ponen en riesgo su capacidad para recuperarse [3].

Nuestro país no está exento de estos fenómenos, la población urbana llega al 90% siendo uno de los más urbanizados [4], se han perdido ecosistemas originales por reemplazo para uso agrícola y por el avance de la urbanización [5], algunos cursos de agua están contaminados, al igual que el suelo y el aire en algunos caos. Ante esta situación de conflicto entre la satisfacción de necesidades humanas con respecto al espacio y la provisión de bienes y servicios, y la preservación del ambiente, junto con el mejoramiento de la calidad ambiental, es preciso pensar y planificar, con un enfoque interdisciplinario, cómo lograr que los sistemas tiendan a la sustentabilidad, entendida como el equilibrio entre utilización de recursos y tasa de recuperación de los mismos.

A pesar de conocer este panorama y las consecuencias sobre el ambiente desde hace 45 años, no se observan indicios sólidos de planificación de ciudades tendientes a la sustentabilidad.

### **1.2. La formación del ingeniero industrial.**

El ingeniero industrial es un profesional que interactúa con sistemas, recursos financieros, materiales, equipamiento, información y energía. Tradicionalmente se desempeña en ambientes industriales, en donde la escala de trabajo es la producción de algún bien o servicio. El graduado de esta rama de la ingeniería posee una visión integral de una empresa, de los departamentos que la componen y sus interacciones. Posee la capacidad de gestionar eficientemente sistemas donde ingresan recursos de diversas clases y salen productos/servicios finales. Posee capacidades para generar indicadores de control para los procesos que ocurren dentro de una empresa, herramientas para analizar las causas de los problemas y formular soluciones probables y eficientes [6,7]. Si el foco de este profesional está en la gestión de sistemas y en la búsqueda de soluciones sería factible pensar, trabajando interdisciplinariamente con otros profesionales, en su desempeño en sistemas naturales, donde es necesaria una gestión eficiente de recursos e imprescindible el desarrollo de soluciones integrales para los conflictos sociedad-naturaleza. Un primer acercamiento es pensar en que el ingeniero industrial es el responsable de gestionar eficientemente la cadena de suministros [8], sin embargo hace falta un cambio de escala de aplicación.

El objetivo de este trabajo es analizar las posibilidades que poseen los ingenieros industriales para desempeñarse en la planificación ambiental de ciudades extrapolando los conocimientos adquiridos de la escala industrial a la escala regional, y proponer así mejoras para su integración interdisciplinaria y expansión del campo laboral.

## **2. DESARROLLO**

### **2.1. Competencias.**

A partir de la revisión crítica de los planes de estudios de las Facultades de Ingeniería de tres universidades argentinas: la Universidad de Buenos Aires (UBA), la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (UNLZ) y la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) [9,10,11], se analizaron los conocimientos que adquiere un ingeniero industrial, puntualizando los campos de aplicación actuales y los potenciales al ampliar la escala de acción del ingeniero del ámbito industrial al regional

Tabla 1).

Se observó que los conocimientos que adquiere un ingeniero industrial son directamente aplicables a las problemáticas relacionadas con la planificación urbana. La importante formación en matemática y diseño espacial, permitirían el desempeño en análisis espaciales, generación de indicadores y modelado matemático. Además, la currícula en términos generales otorga al profesional la capacidad de obtener una visión integral de un sistema, analizando inputs y outputs y derivando tendencias, por lo cual puede intervenir en el desarrollo de escenarios futuros.

Tabla 1. *Competencias adquiridas por un ingeniero industrial y sus implicancias en temáticas ambientales.*

<b>Conocimiento</b>	<b>Aplicación Actual</b>	<b>Aplicación Futura</b>
Estadística	Estadística de fallas	Análisis multivariados para zonificación territorial
Procesos lógicos	Proceso de producción	Proceso de intercambio de energía en cuencas hídricas
Herramientas de Planificación	Desarrollo de plan de producción	Desarrollo del plan de ordenamiento ambiental
Herramientas de Diseño	Diseño de plantas industriales en Auto CAD	Generación de mapas temáticos en SIG/GIS
Lay outs	Ordenamiento de equipamientos en una planta	Ordenamiento de usos en el territorio
Generación de Indicadores	Indicadores de calidad	Índices de calidad ambiental
Logística	Red de transporte de materiales	Modelos de transporte inter e intra ciudades
Ingeniería Ambiental	Estudio de impacto ambiental	Estudio de impacto ambiental
Innovación	Investigación y desarrollo para generar nuevos productos	Soluciones territoriales innovadoras ante escenarios de alta complejidad socio-ambiental
Investigación operativa	Necesidad de personal de atención al cliente	Necesidades de espacio para usos particulares en la ciudad como por ejemplo para aparcamiento vehicular

## **2.2. Incumbencias profesionales e inserción laboral.**

Se realizó una revisión crítica de las incumbencias de los ingenieros industriales presentes en los planes de estudios. Se observa que las acciones propuestas en las incumbencias profesionales son adaptables a las acciones necesarias para el desarrollo de planes que tiendan hacia ciudades más sustentables ambientalmente (Tabla 2). Esto es posible debido a la compatibilidad de los conocimientos adquiridos con los necesarios para la investigación de soluciones territoriales.

Tabla 2. Incumbencias profesionales actuales y su adaptación a la planificación de ciudades, basado en planes de estudios de la Carrera de Ingeniería industrial de tres universidades Argentinas: UBA, UNLZ, UTN.

Actual	Adaptadas
Estudio, factibilidad, proyecto, inspección y mantenimiento de industrias e instalaciones complementarias.	Estudio, factibilidad, proyecto, monitoreo, implementación de planes de ordenamiento ambiental territorial
Factibilidad del aprovechamiento e industrialización de los recursos naturales y materias primas que sufran transformación y elaboración de nuevos productos.	Estudios de capacidad de carga, calidad ambiental, zonificación de usos antrópicos.
Programación, dirección, organización, planificación, control, en industrias y otras formas de empresas industriales y de servicio.	Intervención en la programación, planificación, investigación, monitoreo de ciudades tendientes a la sustentabilidad ambiental.

Se observa que los profesionales pueden integrar equipos de trabajo tanto en el ámbito privado como en el público y académico, ampliando el objeto de trabajo del graduado desde una industria hacia un sistema. Con este nuevo punto de vista es factible la modificación del campo de acción desde lo privado (industria) a lo público-académico (sistema natural como las cuencas hidrológicas, o sistemas antrópicos como las ciudades) (Tabla 3). Esta incorporación a grupos interdisciplinarios debe estar acompañada con una real aplicación de otra competencia adquirida por el profesional, el trabajo en equipo.

Tabla 3. Ámbitos de desarrollo profesional del ingeniero industrial.

Actual	Proyectada
Industrias de bienes	Gobierno
Empresas de servicios	Grupos de investigación
Consultoras técnicas	ONG`s

### 2.3. Casos de aplicación.

Existen algunos ejemplos en los cuales ingenieros industriales han participado de proyectos relacionados con la planificación de ciudades. En este trabajo se analizaron las ponencias del X Congreso Latinoamericano del IIE (*Institute of Industrial Engineer*), cuyo lema fue "Ciudades en crecimiento".

En este evento, se abordó la problemática de las ciudades de la actualidad. En la programación se dió lugar a 38 ponencias [12]. Estos trabajos fueron analizados mediante dos preguntas:

- ¿qué temas fueron abordados por los profesionales (Figura 1)?, y
- ¿qué metodologías fueron empleadas (Figura 2)?

Se observó que la temática abordada en el mayor número de ponencias fue el de Movilidad y Transporte, un problema que afecta a las ciudades latinoamericanas. Otros temas analizados fueron Respuesta ante emergencias naturales y Saneamiento. En el primer caso, los desastres naturales son fenómenos que afectan a varias ciudades latinoamericanas debido los asentamientos en zonas con alto riesgo. Si bien el 79% de los trabajos trataron temas relacionados con la planificación de ciudades, sólo el 3% de los mismos tuvo un enfoque integral.

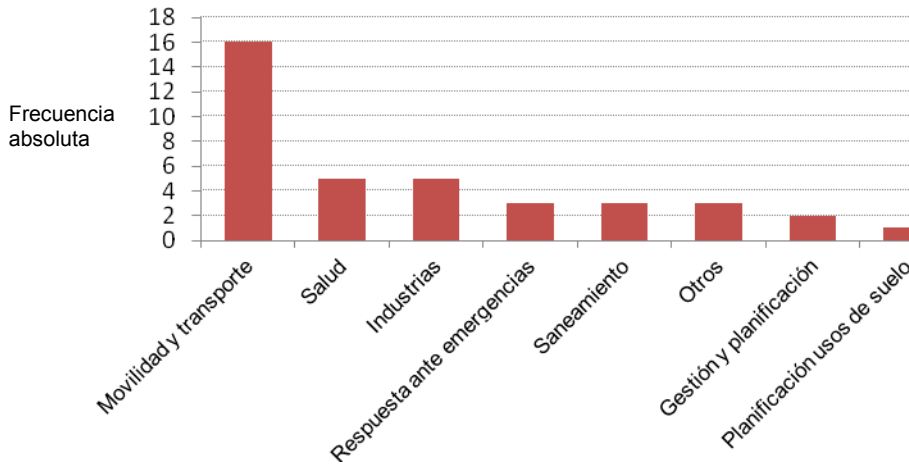


Figura 1 *Temáticas tratadas en las 38 ponencias del IX Congreso Latinoamericano del IIE realizado en Bogotá, Colombia.*

La herramienta aplicada en la mayor proporción de trabajos fue la Modelización y Simulación, evidencia la fuerte formación matemática de los ingenieros industriales. Se observa un incipiente manejo de metodologías fundamentales para la planificación de ciudades de manera integral e interdisciplinaria: Análisis multivariados y Sistemas de Información Geográfica (SIG/GIS).

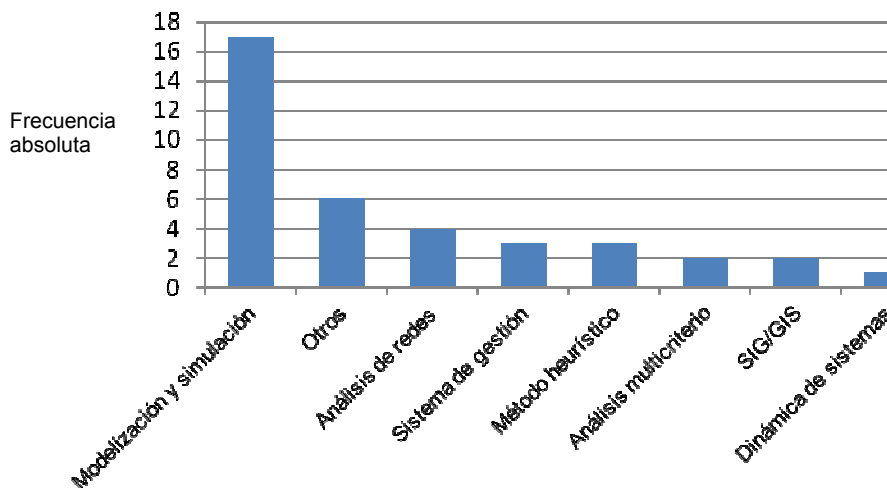


Figura 2. *Métodos utilizados en los 38 trabajos presentados en el IX Congreso latinoamericano del IIE realizado en Bogotá, Colombia.*

### 3. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

#### 3.1. Ingeniería industrial e inter-disciplina.

En la presente era post-industrial, en la cual el ingeniero industrial ha pasado de ser el especialista en construcción y puesta en marcha de una planta industrial al profesional que gestiona una unidad empresarial, la preocupación por adecuar esta disciplina para los nuevos escenarios es mundial [13,14,15]. Es por ello un momento importante para tomar decisiones que actualicen y expandan los campos de acción de los ingenieros industriales. En esta oportunidad es posible incluir entre sus ámbitos de desempeño a la planificación de ciudades. Además, visto desde la ética profesional, es un deber fomentar la participación de estos graduados en grupos interdisciplinarios. La búsqueda de sustentabilidad en las ciudades es un tema que traspasa las barreras de preconceptos antiguos que limitan las especialidades sus áreas de base.

Para aproximarse a soluciones eficientes, es necesario que el ingeniero industrial acepte que su función constituye un eslabón más de la cadena de especialistas necesarios para resolver los complejos problemas que presentan las ciudades de la actualidad. Es fundamental que comprenda que el trabajo en equipo, el consenso y la participación son las herramientas claves

para lograr soluciones innovadoras. Justamente, es bajo este último concepto de “innovación”, que el ingeniero industrial puede ofrecer valiosos aportes. En la Figura 3 se propone un modelo conceptual de un grupo de trabajo compuesto, entre otros profesionales, por ingenieros industriales.

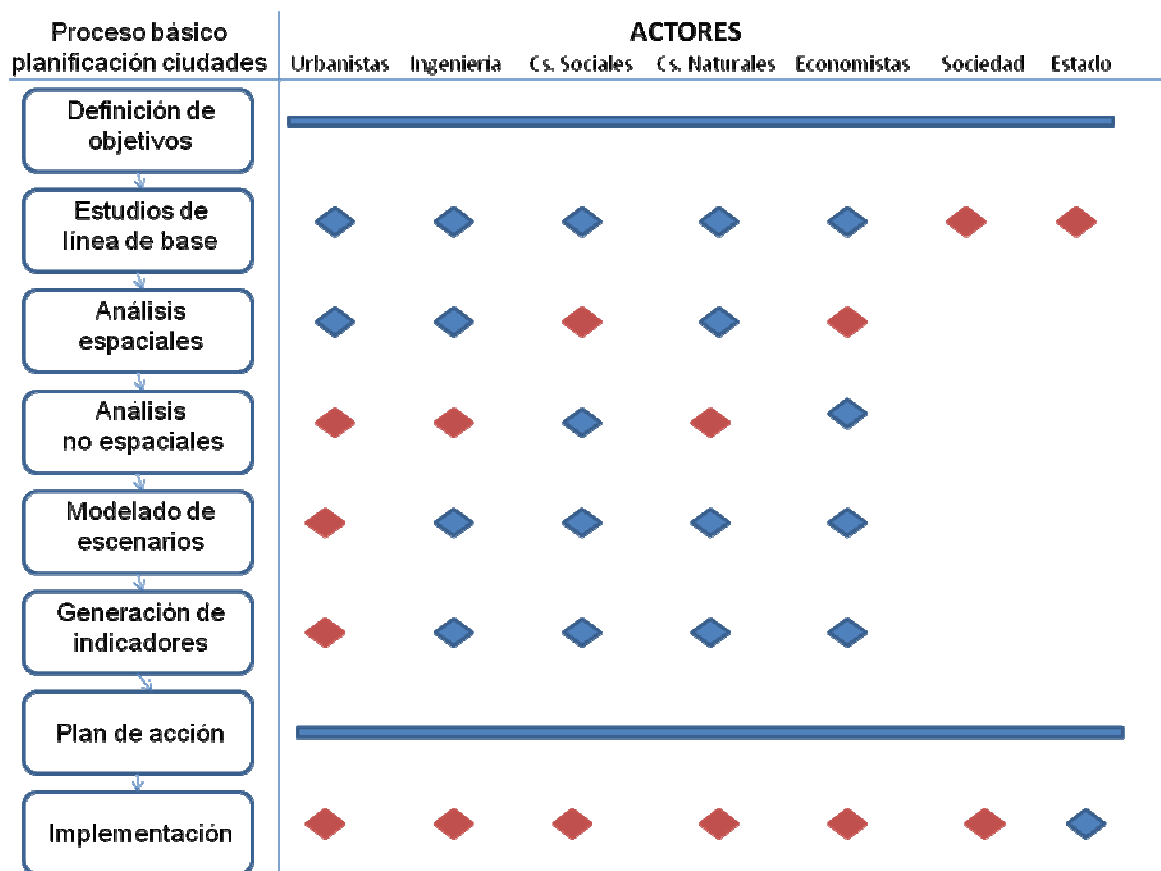


Figura 3. Responsabilidades e interacciones entre diferentes actores en un proceso de planificación ambiental de ciudades.

**Referencias:**

■ Responsabilidad de todos los actores, participación y consenso.

◆ Responsable, debe realizar un trabajo específico, interactuar con otros responsables y colaboradores, así como lograr consenso;

◆ Colaborador, debe interactuar con los responsables aportando datos de entrada, ideas, observaciones.

**3.2. Desafíos: cambio de paradigma.**

Este nuevo punto de vista presenta grandes desafíos para el ámbito académico, en especial para las universidades que dictan esta formación de grado. Es imprescindible el **cambio de paradigma**, debe dejarse atrás la visión del ingeniero industrial como un profesional basado en la técnica para verlo como un profesional integral capaz de generar conocimiento.

Si bien el **método científico** es abordado en la currícula, debe considerarse este como una herramienta que debe ser aplicada durante el proceso de formación. En este sentido, es relevante la inserción de los estudiantes en proyectos de investigación para que aprendan a desenvolverse en este ámbito eficazmente. Sería conveniente generar una red de centros de investigación entre universidades para que los estudiantes puedan participar de grupos interdisciplinarios y adquirir así una visión holística de los problemas. Debería ser obligatoria la realización de una tesis de grado, tanto en aspectos clásicos de ingeniería industrial como orientados a la investigación aplicada, ya sea tecnológica y/o científica. La resolución de problemas y la generación de conocimientos deben reforzarse en la formación de los ingenieros industriales.

Estas modificaciones ampliarán la visión analítica del graduado, posibilitando un mejor desempeño en trabajos tradicionales, así como una apertura hacia la aplicación de sus conocimientos en pos

de contribuir a la resolución de conflictos ciudad-naturaleza. Es aquí donde debe focalizarse en el bien común que será la generación/creación de una ciudad compatible con el ambiente con un entorno que posea usos compatibles con las capacidades naturales del área. Por otra parte, debe debatirse cuál es el punto de convergencia entre las necesidades reales de consumo y la biocapacidad del ambiente en el que vivimos [16].

Por último, utilizando una herramienta conocida por los ingenieros industriales, se presentan consideraciones a tener en cuenta al re-pensar el futuro de la ingeniería industrial en Latinoamérica (Tabla 4).

Tabla 4 *Análisis FODA del rol de los ingenieros industriales en la planificación de ciudades.*

<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
Alto dominio de herramientas de planificación	Baja interacción con otras ramas del conocimiento
Alto manejo de sistemas y variables	Escasa intervención en proyectos de investigación
<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
Alta necesidad de planificación eficiente en la temática socio-ambiental	Mayores beneficios en el ámbito privado
Alta necesidad de soluciones innovadoras para el desarrollo sustentable de las ciudades	Visión de contraposición de intereses entre los problemas ambientales y el ámbito industrial

#### 4. REFERENCIAS.

- [1] UN-Habitat. 2011. Global report on human settlements 2011. Cities and the climate change. Earthscan. 300 pp.
- [2] Zuleta, G.A. 2012. Restoration and/or prevention: are we doing our best? A critical review of paradigms and approaches. 8th European Conference of Ecological Restoration. České Budějovice, República Checa.
- [3] Wackernagel, M. & Rees, W. 2007. Our Ecological Footprint. Reducing human impact on the earth. New Society Publishers. 159 pp.
- [4] \_\_\_\_\_. 2011. Entrevista a Rodolfo Bertoncello. Población Año 4 N° 7, 13-16.
- [5] Zuleta, G.A., B. Guida Johnson, C.M. Lafflitto, A.M. Faggi, A.A. De Magistris, P. Tchilinguirian, M. Weissel y A.G. Zarrilli. 2012. Rehabilitación de ambientes perdidos en megaciudades: el caso de la cuenca Matanza-Riachuelo. Capítulo XX. En: Paisajes perdidos (J. Athor, Ed.). Fundación Azara (en prensa).
- [6] Tirado, Luis Javier; Estrada, Jairo; Ortiz Raúl; Solano, Hernando; González Jeimy; Alfonso, Diego; Restrepo, Guillermo; Delgado, Juan Felipe; Ortiz, Delfin. (2007). "Competencias Profesionales: una estrategia para el desempeño exitoso de los ingenieros industriales". Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia. Número 40, 123-139. Medellín, Colombia.
- [7] Estuardo Padilla. 2004. La pregunta inicial de un estudiante: ¿por qué debo estudiar ingeniería industrial?. Boletín electrónico N°2, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar.
- [8] Anaya, Ángela Patricia; Acosta, Mario Fernando. (2010). "El ingeniero industrial impactando el ambiente". Revista Educación en Ingeniería. Número 9, 179-189. Colombia.
- [9] Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería. 2008. Ingeniería Industrial, plan de estudios. 9pp.

- [10] Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Ingeniería Industrial. Perfil del Graduado. Disponible en:<http://www.ingenieria.unlz.edu.ar/proyecto/carreras/grado/industrial/> Consultado el 15/07/2012
- [11] Universidad Tecnológica Nacional. Plan de estudios de Ingeniería Industrial. Disponible en: <http://www.utn.edu.ar/downPlanEst.aspx/Ingenier%C3%ADa%20Industrial?id=616> Consultado el 15/07/2012.
- [12] Uniandes. 2012. Ponencias. Memorias de IX Congreso de la IIE. Bogotá, Colombia.
- [13] Lima, R., Mesquita, D., Amorim, M., Jonker, G., Flores, M. 2012. Analysis of Knowledge Areas in Industrial Engineering and Management Curriculum. International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEEM) 3 (2): pp. 75-82.
- [14] Eskandari, H., Sala-Diakanda, S., Furterer, S., Rabelo, L., Crumpton-Young, L. and Williams, K. (2007), "Enhancing the undergraduate industrial engineering curriculum: Defining desired characteristics and emerging topics", Education + Training, Vol. 49, No. 1, pp.45–55.
- [15] \_\_\_\_\_. 2008. El ingeniero Industrial en la era post-industrial. Universidad de Antioquia, Colombia.
- [16] Gómez-Baggethun, E & de Groot, R. 2007. Capital natural y funciones de los ecosistemas explorando las bases ecológicas de la economía. Ecosistemas 16 (3): 4-14.