



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

manuela@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago
de Cuba

Cuba

Montalván-Estrada, Adelmo; Aguilera-Corrales, Yuri; Veitia-Rodríguez, Eduardo
TOMA DE DECISIONES ESTRATÉGICAS MEDIANTE LA SIMULACIÓN POR DINÁMICA DE SISTEMAS
Ciencia en su PC, vol. 1, núm. 2, 2018, Abril-Junio 2019, pp. 69-84
Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358410007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

TOMA DE DECISIONES ESTRATÉGICAS MEDIANTE LA SIMULACIÓN POR DINÁMICA DE SISTEMAS

STRATEGIC DECISION-MAKING THROUGH SYSTEMS DYNAMICS

Autores:

Adelmo Montalván-Estrada, montalvan@ciac.cu¹

Yuri Aguilera-Corrales, yuri@instec.cu. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. La Habana, Cuba.

Eduardo Veitia-Rodríguez, veitia@ciac.cu¹

¹Centro de Ingeniería Ambiental de Camagüey. Camagüey, Cuba.

RESUMEN

Se desarrolló una herramienta para la toma de decisiones estratégicas en el campo de la gestión integrada de las aguas residuales biodegradables industriales, basada en el empleo de la Dinámica de Sistemas. Para establecer las relaciones causales entre las variables y elaborar el diagrama de Forrester se consideró la organización industrial como un sistema dinámico abierto, según el modelo de Katz y Kahn. Mediante el uso del software comercial Stella se elaboró una herramienta de simulación, que se empleó con éxito en varias industrias alimentarias camagüeyanas, para evaluar los posibles escenarios socio-económicos y ambientales para el período 2004-2050 que se recogen en el informe GEOCuba 2007.

Palabras clave: gestión, toma de decisiones, dinámica de sistemas, simulación.

ABSTRACT

It was developed a tool for strategic decision-making in the field of the integrated management of industrial biodegradable wastewaters, based on Systems Dynamics. To establish the causal relationships between the variables and elaborate the Forrester diagram it was considered the industrial organization as an open dynamic system, according to the Katz & Kahn model. Using the commercial software "Stella" it was created a simulation tool, that was successfully applied in several food industries of Camagüey, for the evaluation of the possible socio-economic and environmental scenarios in the period 2004-2050, according to the report GEOCuba 2007.

Key words: management, decision-making, systems dynamics, simulation.

INTRODUCCIÓN

La gestión sostenible de los recursos hídricos es uno de los grandes retos que enfrenta la humanidad en el siglo XXI. Los informes más recientes publicados por importantes organismos internacionales (WWAP, 2015; WWAP, 2017) evidencian una creciente alarma ante la reducción casi exponencial en la disponibilidad de agua dulce. Las causas que influyen en la reducción de la disponibilidad de agua son complejas e interrelacionadas. La contaminación por el vertido de aguas residuales industriales es una de las causas antrópicas de mayor significación.

Tradicionalmente se ha considerado que las aguas residuales provenientes de la industria alimentaria no deben causar problemas, siempre que las descargas no contengan cantidades excesivas de contaminantes; esta aparente “inocuidad” al medio ha contribuido a que muchas empresas de este sector sean reacias a adoptar medidas para reducir la carga contaminante (Garrone, Grilli, Groppi & Marzano, 2016; Meneses, Stratton & Flores, 2017). Sin embargo, la industria alimentaria a nivel mundial es responsable de más de la mitad de la carga contaminante biodegradable de origen industrial que se dispone (WWAP, 2009).

En las condiciones actuales de Cuba parece más prometedor seguir una estrategia integrada que aproveche todas las oportunidades para la gestión de las aguas residuales. Incluso en un contexto económico nacional más ventajoso, Díaz (1987) alertaba sobre la necesidad de esta estrategia: “si se considera como un sistema único el proceso tecnológico, el sistema de tratamiento y el vertimiento final, es posible llegar a soluciones más económicas y eficientes”.

En el plano nacional se han realizado esfuerzos por adecuar la estrategia de gestión integrada a las relaciones industria-entorno (Galindo, 2008; Betancourt, Labaut y Bonachea, 2011). No obstante, aún no se logra la necesaria integración de los actores involucrados, al no contarse con herramientas de toma de decisiones adecuadas.

Es de gran actualidad científica el desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones, que respondan a los objetivos de la sostenibilidad y al carácter complejo de las interacciones industria-entorno (Delden, Seppelt, White & Jakeman, 2011; Angelakoglou & Gaidajis, 2015).

La literatura consultada (Voinov & Bousquet, 2010; Sébastien & Bauler, 2013) evidencia que en el proceso de toma de decisiones se manifiestan dos tendencias, la primera se relaciona con la elevación de la racionalidad: uso de información científicamente relevante y empleo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones; la segunda tendencia se relaciona con la democratización del proceso de toma de decisiones, mediante la participación de los actores interesados.

Estas tendencias son el resultado del empleo de un enfoque holístico en la gestión y, tal como señalan Lehtonen, Sébastien & Bauler (2016), reflejan el antagonismo relacionado con la implementación de la gestión integrada: por un lado, la necesidad operacional de manejar la complejidad a través de la integración de múltiples dimensiones; por otro lado, el llamado de los tomadores de decisiones por una información cada vez más simplificada y sintetizada.

El acceso a la información científicamente relevante ha facilitado el desarrollo de herramientas de apoyo a las tomas de decisiones en cuestiones ambientales, incluidas las de modelación, que estimulan la comunicación efectiva entre los diversos actores de este proceso (Ticehurst, Newham Rissik, 2007).

Precisamente, la modelación por dinámica de sistemas, lógica difusa, redes neuronales y otras más es una línea científica de actualidad para lidiar con la complejidad de los procesos vinculados a la gestión ambiental.

Forrester (1961) es el autor del método de simulación dinámica, que intenta establecer una relación entre las ideas fundamentales del enfoque en sistema y la corriente cibernética de los problemas de la gestión.

La dinámica de sistemas ha ganado en aceptación para modelar procesos de alta complejidad e incertidumbre, como lo constituye la gestión integrada de los recursos naturales, aprovechando la debilidad de modelos operacionales que, aunque ofrecen soluciones óptimas, no consideran adecuadamente las implicaciones sociales, culturales, y ambientales (Cavana, Smith, Scott & O'Connor, 2014; Zhou, Zhu & He, 2017).

Una ventaja de la dinámica de sistemas radica en que el conocimiento de la estructura del sistema permite manejar con más facilidad la incertidumbre asociada a posibles cambios futuros (Pruyt, 2015). En contraposición, los modelos basados en la regresión lineal se obtienen a partir de datos históricos y; por tanto,

los pronósticos están asociados a una mayor incertidumbre, debido a que no hay garantía de que las correlaciones estadísticas derivadas de los datos reflejen acertadamente el comportamiento futuro del sistema.

Otra ventaja de la dinámica de sistemas (Rouwette & Vennix, 2006) consiste en que sus modelos requieren de la entrada de información por parte del usuario, lo cual facilita la participación de los actores interesados. Ventajas adicionales se relacionan con su flexibilidad, el contar con una metodología establecida y *software* para el desarrollo de modelos (Vensim, Stella, Powersim); además, facilita el aprendizaje y el trabajo en equipo.

Es necesario tener en cuenta que los modelos basados en dinámica de sistemas no ofrecen soluciones óptimas o exactas. Sin embargo, la complejidad y la elevada incertidumbre de los procesos de gestión requieren del empleo de modelos de simulación flexibles, que puedan considerar variables sociales, ambientales, económicas, y culturales (Vriens & Achterbergh, 2006). En última instancia, la aceptación práctica del modelo y su éxito se relaciona estrechamente con la delimitación acertada de su alcance espacial y temporal y con su validez.

La dinámica de sistemas se ha utilizado ampliamente en la gestión integrada de recursos, incluyendo los recursos hídricos. Existe una tendencia a la reducción del alcance espacial de los modelos (a nivel de cuencas y subcuencas hidrográficas), lo cual permite identificar soluciones regionales y locales (van Waas, Slinger & van Splunter, 2015).

Algunos modelos desarrollados a escala regional para estudiar la retroalimentación entre la industria y la disponibilidad de agua se han basado primordialmente en variables económicas, mientras que aquellos que tienen un alcance espacial más reducido se han concentrado en las relaciones población-recursos hídricos (Leal, Legey, Gonzalez-Araya, 2006; Clifford, Slinger, Musango, Brent & Palmer, 2014).

El objetivo del presente trabajo es desarrollar una herramienta de apoyo a la toma de decisiones estratégicas para la gestión integrada de aguas residuales biodegradables en industrias de la rama alimentaria, basada en la modelación por Dinámica de Sistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso de modelación constó de las siguientes etapas: definición de los objetivos y alcance del modelo, identificación y selección de las variables, confección del diagrama causal de las variables e identificación de los lazos de retroalimentación, confección del diagrama de Forrester y establecimiento de las variables de nivel, variables de flujo, variables internas, variables exógenas y constantes.

El simulador se desarrolló con ayuda del *software* comercial *Stella* en su versión 7.0.3 y constó de tres componentes: interface usuario-máquina, diagrama de Forrester y sistema de ecuaciones matemáticas.

El simulador se aplicó en dos industrias de la rama alimentaria en la provincia de Camagüey, con el objetivo de apoyar la toma de decisiones estratégicas en el campo de la gestión integrada de aguas residuales biodegradables, considerando los posibles escenarios socio-económicos y ambientales para el período 2004-2050 que se recogen en el informe GEOCuba 2007 (Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (Citma) y PNUMA, 2009).

RESULTADOS

En la construcción del modelo los autores se identificaron con la propuesta de Katz & Kahn (1990), que reconoce a la organización industrial como un sistema abierto. Se consideró un sistema simplificado, en el cual los vertimientos de residuales líquidos provienen de fuentes puntuales de origen industrial; además, como indicador de contaminación se toma la masa de determinada sustancia en un sector delimitado del curso de agua superficial. Los vertimientos de residuales líquidos se cuantifican según la carga contaminante dispuesta, la cual puede determinarse si son conocidos los valores de carga contaminante unitaria (carga contaminante por unidad de producción) y la producción en un intervalo de tiempo de la industria.

La contaminación es la acción y efecto de añadir al agua materias o formas de energía, o inducirle condiciones que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o su

función ecológica (NC 27:2012). Con frecuencia, en el cuerpo normativo se establecen límites máximos permisibles promedios para diferentes parámetros.

La pérdida de la calidad del agua debido a la contaminación hace que ocurran procesos de retroalimentación negativa a nivel subjetivo, los cuales presionan para reducir los vertimientos; entre los actores de este proceso están la comunidad, los órganos reguladores, la comunidad científica.

En un curso de agua ocurren procesos físicos, químicos y biológicos que reducen la contaminación y tienden a restablecer el equilibrio, lo cual se conoce como autopurificación. Los procesos de autodepuración son complejos, ya que envuelven diferentes variables dependientes del sistema y otras de naturaleza exógena.

Dentro de las variables internas se encuentran el caudal, la concentración de oxígeno disuelto, la diversidad biológica, la calidad hidrogeomorfológica; todas ellas pueden expresarse mediante un índice de capacidad autopurificadora. Las variables exógenas se vinculan al clima, fundamentalmente. Los elevados niveles de autopurificación permiten que haya una mayor disponibilidad de agua, lo cual evita que este recurso sea el factor limitativo en el proceso de producción de una industria determinada.

El diagrama causal (figura 1) muestra que coexisten bucles positivos y negativos; el comportamiento global del sistema se determina por las interacciones entre estos bucles.

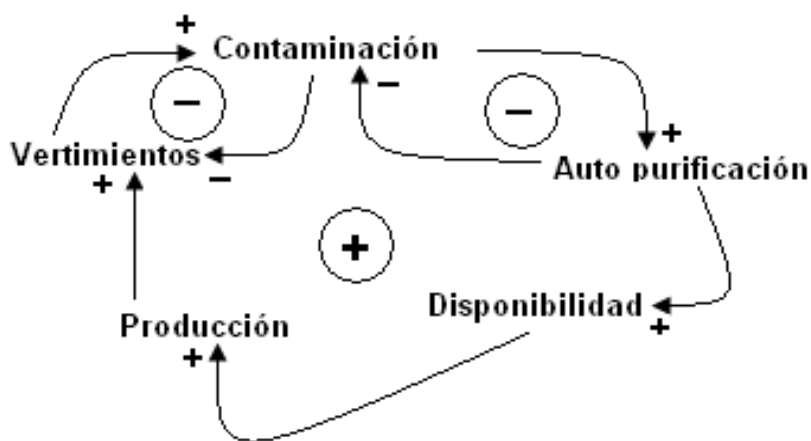


Figura 1. Diagrama causal del sistema

Así, para $t = 0$ domina el bucle positivo, mientras que para $t = \infty$ dominan los bucles negativos. Se obtiene un comportamiento en S , tal como se ilustra en la figura 2.

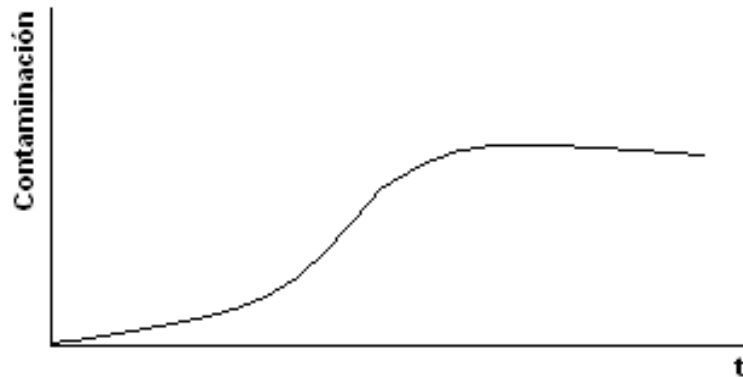


Figura 2. Comportamiento en S de la contaminación en el tiempo

Para elaborar el diagrama de Forrester (figura 3) se considera la variable de nivel (N) como la contaminación expresada en masa de una sustancia dada, la variable de flujo de entrada (Fe) se expresa a través de la carga contaminante que recibe el cuerpo receptor, la cual se relaciona con una serie de variables auxiliares de entrada (Vae), tales como niveles de producción, eficiencia del tratamiento, etc.

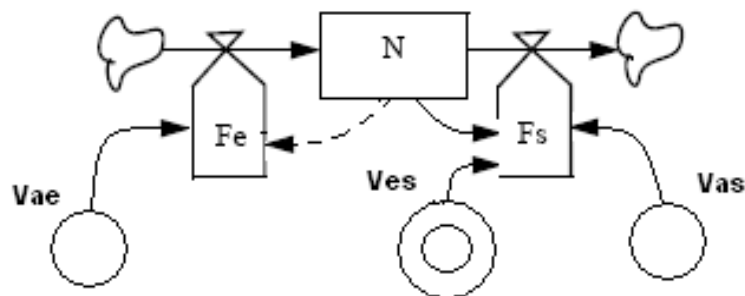


Figura 3. Diagrama de Forrester

La variable de nivel influye en la variable de flujo de entrada mediante un canal de información, entendiendo que la regulación de la carga contaminante que recibe el cuerpo receptor se puede efectuar por métodos subjetivos, tales como:

establecimiento de normas, presiones de la comunidad, inspecciones de órganos de control.

La variable de flujo de salida (F_s) se expresa a través de la capacidad de autopurificación del curso de agua, la cual se relaciona con una serie de variables auxiliares de salida (V_s), tales como: caudal, concentración de oxígeno disuelto, características hidrogeomorfológicas, etc. También la variable de flujo de salida se relaciona con una serie de variables exógenas que se vinculan al clima.

En este caso, la contaminación influye sobre la capacidad de autopurificación a través de un canal de material, ya que una contaminación elevada puede inhibir los procesos biológicos de autopurificación. La descripción del modelo indica que para hacer una correcta interpretación de los factores que afectan la calidad del agua se necesita considerar tanto los procesos de contaminación, como los de purificación.

De forma general, las variables de flujo F_e y F_s determinan las variaciones en la variable de nivel mediante la expresión:

$$\frac{dN}{dt} = Fe(t) - Fs(t) \quad (1)$$

En el diagrama de Forrester se muestra que la naturaleza de los bucles de realimentación negativos es completamente diferente, ya que si uno depende de factores naturales el otro se vincula a factores sociales.

La manipulación de las variables de entrada y salida permite obtener escenarios de naturaleza estratégica sobre la gestión de aguas residuales industriales. En la simulación estratégica es recomendable la participación de representantes de la industria, gestores ambientales de órganos reguladores y centros científico-técnicos, gestores de recursos hídricos, miembros de la comunidad y organizaciones que forman parte de la cadena de suministro de la organización.

Aplicación

Se empleó el simulador para apoyar la toma de decisiones en dos industrias de la rama alimentaria en la provincia de Camagüey: el combinado confitero y la

cervecería Tínima. Los posibles escenarios socioeconómicos y ambientales se corresponden con los que se evalúan en el informe GEOCuba 2007 para el período 2004-2050.

Para el combinado confitero, el anexo 1 muestra un resumen del comportamiento probable de las variables que caracterizan a estos escenarios y el grado de probabilidad de los mismos. Como se puede observar, los evaluadores consideran que el escenario “Naturaleza sustentadora” es el más probable. Este escenario se caracteriza por el bajo crecimiento económico y el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad ambiental. Para el mismo se pronostica una reducción modesta de carga contaminante orgánica, un incremento en el volumen de aguas residuales tratadas, recicladas y reutilizadas y un manejo integrado a escala local. Los evaluadores consideran que los aspectos estratégicos de mayor relevancia para el combinado confitero se relacionan con el aseguramiento de la disponibilidad de agua de calidad, el logro de una correlación entre los niveles de producción y el consumo industrial de agua y evitar los incumplimientos normativos en el vertimiento de aguas residuales. Además, en la gestión de aguas residuales es fundamental priorizar las medidas preventivas sobre las correctivas.

Para la cervecería Tínima el anexo 2 muestra un resumen del comportamiento probable de las variables que caracterizan a estos escenarios y el grado de probabilidad de los mismos. Como se puede observar, los evaluadores consideran que el escenario “Naturaleza sustentadora” es el más probable.

En la cervecería Tínima tiene una alta prioridad estratégica el aumento de la eficiencia en el uso del agua, para que los aumentos de producción no se realicen a costa de incrementos en los consumos de agua. El aprovechamiento material y energético de las aguas residuales debe ser potenciado, en correspondencia con las tendencias actuales de la industria cervecera.

CONCLUSIONES

1. Se desarrolla una herramienta de apoyo a la toma de decisiones estratégicas, basada en la Dinámica de Sistemas, en el campo de la gestión integrada de aguas residuales biodegradables en industrias de la rama alimentaria.

2. La herramienta permite elevar la racionalidad del proceso de toma de decisiones y contribuye a su democratización, al permitir la participación de los actores interesados.
3. La aplicación del simulador en dos industrias de la rama alimentaria en Camagüey contribuyó a tomar decisiones estratégicas en el marco de la aplicación de una tecnología de gestión integrada de aguas residuales biodegradables en estas industrias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angelakoglou, K. & Gaidajis, G. (2015). A review of methods contributing to the assessment of the environmental sustainability of industrial systems. *Journal of Cleaner Production*, 108, Part A, 725-747.

Betancourt, C., Labaut, Y. y Bonachea, M. (2011). Propuestas para el tratamiento de los residuales líquidos generados en la fabricación de aceites en la refinería Sergio Soto. *Rev. Cuba: Medio Ambiente y Desarrollo*, 11(21).

Cavana, R., Smith, T., Scott, R. & O'Connor, S. (2014). Causal mapping of the New Zealand natural resources sector: a preliminary analysis. *Proceedings of the 32-nd International Conference of the System Dynamics Society*. Delft, Netherlands.

Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (Citma) y PNUMA (2009). *Informe GEOCuba 2007-Evaluación del medio ambiente cubano*. La Habana.

Clifford, J., Slinger, J., Musango, J., Brent, A. & Palmer, C. (2014). Using System Dynamics to Explore the Water Supply and Demand Dilemmas of a Small South African Municipality. *Proceedings of the 32-nd International Conference of the System Dynamics Society*, Delft, Netherlands.

Delden, H., Seppelt, R., White, R. & Jakeman, A. (2011). A methodology for the design and development of integrated models for policy support. *Environmental Modelling and Software*, 26(3), 266-279.

Díaz Betancourt, R. (1987). *Tratamiento de aguas y aguas residuales*. Ciudad de La Habana: Editorial ISPJAE.

Forrester, J. (1961). *Industrial dynamics*. Cambridge, Massachussets: The M.I.T. Press.

- Galindo Llanes, P. (2008). *El análisis de procesos en la búsqueda de tecnologías más limpias* (Tesis Doctoral). Universidad de Camagüey. Cuba.
- Garrone, P., Grilli, L., Groppi, A. & Marzano, R. (2016). Barriers and drivers in the adoption of advanced wastewater treatment technologies: a comparative analysis of Italian utilities. *Journal of Cleaner Production*. In press, corrected proof, Available online 12 February 2016.
- Katz, D. & Kahn, R. (1990). *Psicología social de las organizaciones*. México: Ed. Trillas.
- Leal Neto, A., Legey, L. & Gonzalez-Araya, M. (2006). A system dynamics model for the environmental management of the Sepetiba Bay watershed, Brazil. *Environmental Management*, 38(5), 879-888.
- Lehtonen, M., Sébastien, L. & Bauler, T. (2016). The multiple roles of sustainability indicators in informational governance: between intended use and unanticipated influence. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 18, 1-9.
- Meneses, Y., Stratton, J. & Flores, R. (2017). Water reconditioning and reuse in the food processing industry: Current situation and challenges. *Trends in Food Science and Technology*, 61, 72-79.
- Norma Cubana NC 27 (2012). *Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado, Especificaciones*. La Habana.
- Pruyt, E. (2015). From Modelling Uncertain Surprises to Simulating Black Swans. Proceedings of the 33-rd International Conference of the System Dynamics Society. Cambridge, Massachusetts, USA.
- Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWAP). (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso no explotado*. París: UNESCO.
- Rouwette, E. & Vennix, J. (2006). System Dynamics and organizational interventions. *Systems Research and Behavioral Science*, 23, 451-466.
- Sébastien, L. & Bauler, T. (2013). Use and influence of composite indicators for sustainable development at the EU-level. *Ecological Indicators*, 35, 3-12.
- Ticehurst, J. L., Newham, L. & Rissik, D. (2007). A Bayesian network approach for assessing the sustainability of coastal lakes in New South Wales, Australia. *Environmental Modelling & Software*, 22(8), 1129-1139.

United Nations World Water Assessment Programme (WWAP). (2009). *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris: UNESCO, and London: Earthscan.

United Nations World Water Assessment Programme (WWAP). (2015). *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris: UNESCO.

van Waas, R., Slinger, J. & van Splunter, S. (2015). Using a System Dynamics Model as a Boundary Object in an Integrative Approach to Regional Water Schemes in South Africa. *Proceedings of the 33-rd International Conference of the System Dynamics Society*. Cambridge, Massachusetts, USA.

Voinov, A. & Bousquet, F. (2010). Modelling with stakeholders. *Environmental Modelling and Software*, 25(11), 1268-1281.

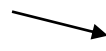
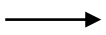
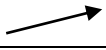
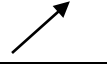
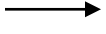
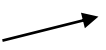
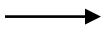
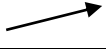
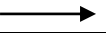
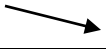
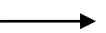
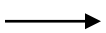
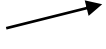
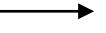
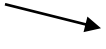
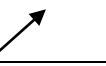
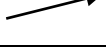
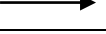
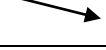
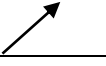
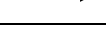
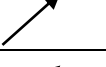
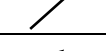
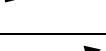
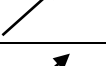
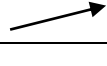
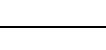
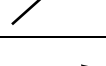
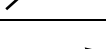
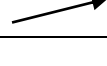
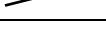
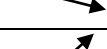
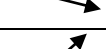
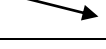
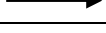
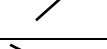
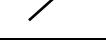
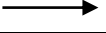
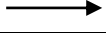
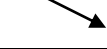
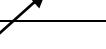
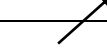
Vriens, D. & Achterbergh, J. (2006). The social dimension of system dynamics-based modelling. *Systems Research and Behavioral Science*, 23(4), 553–563.

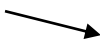
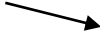
Zhou, Y., Zhu, S. & He, C. (2017). How do environmental regulations affect industrial dynamics? Evidence from China's pollution-intensive industries. *Habitat International*, 60, 10-18.

Recibido: septiembre de 2017

Aprobado: enero de 2018

Anexo 1: Toma de decisiones estratégica en el combinado confitero.

Tendencia de los criterios	Escenarios			
	Naturaleza sagrada	Naturaleza sustentadora	Naturaleza perseguida	Naturaleza triste
Carga contaminante				
Producción				
Consumos de agua				
Medidas preventivas				
Medidas correctivas				
Aprovechamiento material				
Aprovechamiento energético				
Eficiencia del tratamiento				
Regulaciones legales				
Presión de la comunidad				
Tasas e impuestos				
Autodepuración				
Contaminación				
Disponibilidad de agua				
Crecimiento económico				

Sostenibilidad ambiental				
Probabilidad del escenario	Baja	Alta	Baja	Baja

Anexo 2: Toma de decisiones estratégica en la cervecería Tínima.

Tendencia de los criterios	Escenarios			
	Naturaleza sagrada	Naturaleza sustentadora	Naturaleza perseguida	Naturaleza triste
Carga contaminante	→	↗	↗	↗
Producción	↗	↗	↗	↗
Consumos de agua	↗	↗	↗	↗
Medidas preventivas	↗	↗	→	↘
Medidas correctivas	↗	↗	↗	→
Aprovechamiento material	↗	↗	→	↘
Aprovechamiento energético	↗	↗	↗	→
Eficiencia del tratamiento	↗	→	→	↘
Regulaciones legales	↗	↗	↗	↗
Presión de la comunidad	↗	↗	↗	↗

Tasas e impuestos				
Autodepuración				
Contaminación				
Disponibilidad de agua				
Crecimiento económico				
Sostenibilidad ambiental				
Probabilidad del escenario	Baja	Alta	Media	Baja