

**ANÁLISIS ESTRATÉGICO DE LOS CONGLOMERADOS Y LA SIMBIOSIS
INDUSTRIAL COMO HERRAMIENTA DE DESARROLLO ECONÓMICO
PARA PUERTO RICO**

Por:

Jantzen González Arroyo

Tesis sometida en cumplimiento parcial
de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

en

GERENCIA INDUSTRIAL

**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2004**

Aprobado por:

Iván Baigés, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Edwin Irizarry Mora, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Yolanda Ruiz, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Jorge I. Vélez Arocho, Ph.D.
Presidente, Comité Graduado

Fecha

Emilie Viqueira
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Yolanda Ruiz, Ph.D.
Decana Asociada de Investigación y Asuntos Graduados

Fecha

Abstract

The need of establishing strategies that offer a competitive advantage to countries, has fomented that the companies with similar aims settle down in near geographic zones with the principal purpose of reducing costs. These clusters can integrate the concept of industrial symbiosis, where the companies can interchange materials. The objective of this investigation is to perform a strategic analysis of the clusters and industrial symbiosis as economic development tools for Puerto Rico. A material flow analysis of industries in western Puerto Rico was performed, the necessary characteristics for the successful application of clusters and industrial symbiosis were identified and an analysis of the Michael Porter theory was performed. This investigation demonstrated that Puerto Rico has the viability to establish clusters where industrial symbiosis can be applied as economic development tool. The interpretation of these strategies will provide Puerto Rico the opportunity to reach competitive advantage in the global markets.

Resumen Ejecutivo

La necesidad de crear estrategias que le ofrezcan una ventaja competitiva a los países, ha fomentado el que las empresas con fines similares se establezcan en zonas geográficas cercanas. Estos conglomerados pueden integrar la simbiosis industrial por medio del intercambio de materiales.

El objetivo principal de esta investigación es realizar un análisis estratégico de los conglomerados y la simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico. Para esto, se realizó un análisis del flujo de materiales de las industrias del oeste de Puerto Rico, se identificaron las características necesarias para la aplicación de conglomerados y simbiosis industrial de manera exitosa y se realizó un análisis de la teoría de M. Porter.

La investigación demuestra que existe viabilidad para establecer conglomerados donde se aplique simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico. La aplicación de esta nueva estrategia le proveerá a Puerto Rico la oportunidad de alcanzar ventaja competitiva en los mercados globales.

Declaratoria de Derecho de Autor

© Jantzen González Arroyo 2004

Dedicatoria

Estos últimos años de mi vida han sido de grandes cambios y de un gran crecimiento, tanto profesional, como espiritual. He completado mi maestría luego de muchos sacrificios y de mantenerme muy firme en la meta de convertirme en una profesional. Por otro lado, me he convertido en madre y aunque en ocasiones el éxito de ambas fases parece ser contradictorio, mi investigación logra la unión de ambos roles.

Le quiero dedicar mi investigación a mi hija, Alana, porque me ha dado una nueva forma de ver la vida. Me ha enseñado a amar de una forma distinta e inexplicable. Quiero dedicarle esta investigación, porque los beneficios que con esta se logren serán a favor de las generaciones futuras a la cual ella pertenece y porque debemos vivir pensando en el mundo que le dejaremos a nuestros descendientes. Un mundo lleno de paz, amor y calidad de vida.

*Algunos hombres ven el mundo y dicen ¿por qué?
Yo veo el mundo y digo ¿por qué no?
R. Kennedy*

Agradecimientos

Son muchos los que me han ayudado de una forma u otra a lograr mis metas y convertirme cada día en un mejor ser humano. Quiero comenzar por agradecerles a mis padres todo el tiempo y dedicación que me han brindado, por los valores que me han inculcado, por enseñarme a apreciar lo que tengo y ver cada día como una nueva oportunidad de ser mejor. Quiero agradecerle a mi esposo Alex, por toda su paciencia y apoyo durante los años de estudio, por consolarme cuando lo necesité y celebrar mis logros, como si fuera su propio triunfo. Quiero agradecerle por ser más que mi esposo, mi mejor amigo. Quiero agradecerle por estos 9 años llenos de felicidad y quiero agradecerle por nuestra hija, la cual es el fruto de nuestro gran amor. Quiero agradecerle a mi hija, Alana, por llegar a mi vida y mostrarme que en mi existe más amor del que yo podía imaginar. Quiero agradecerles a mis hermanos Debby y Chino, por ser mis mejores amigos y dejarme saber que siempre estarán ahí. Quiero agradecerle a Dios, por la familia en la que permitió nacer, por ponerme en el camino al que hoy es mi esposo y por mi hermosa princesita. *“Gracias papito Dios”*

Le quiero agradecer a mi mentor y amigo, Dr. Jorge Iván Vélez Arrocho, tanto por sus consejos relacionados a la investigación, como por sus consejos como amigo. Sin su dirección esta investigación no hubiera podido ser completada. A los miembros del comité graduado, la Dra. Yolanda Ruiz, el Dr. Edwin Irizarry Mora y el Dr. Iván Baigés, por su tiempo y asesoramiento para lograr que mi investigación fuera una de alta calidad.

Le quiero agradecer al Sr. José Rivera, ex-director del PRTEC, por siempre estar disponible cuando lo necesite y brindarme todos sus conocimientos relacionados a la investigación. A la directiva del PRTEC por permitirme participar en varias de sus reuniones y ver de cerca el proceso de formación de nuestro primer parque industrial. A la Dra. Mariam Chertow, directora de la Escuela Graduada de Ecología de la Universidad de Yale, por brindarme la oportunidad de ir a la Universidad de Yale y comenzar la primera fase de esta investigación. A Peter y Wess, estudiantes de Yale que me ayudaron a que el proceso de mi investigación fuera uno más acogedor. Le quiero agradecer a la Dra. Yolanda Ruiz, por sus sabios consejos, escuchar nuestras necesidades y ser más que nuestra directora de departamento y que nuestra facilitadora, nuestra amiga.

Tabla de Contenido

Lista de Tablas	xi
Lista de Figuras	xii
Lista de Apéndices	xiii
1.0 Introducción	1
1.1. Análisis estratégico de los conglomerados y la simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico en Puerto Rico.	1
1.2. Objetivo principal	3
1.3. Importancia de la investigación	4
1.3.1. La economía en Puerto Rico	4
1.3.2. La ecología de Puerto Rico	5
1.3.3. Pertinencia de la investigación	6
1.4. Limitaciones de la investigación	7
1.5. Organización de la Tesis	7
2.0 Revisión de Literatura	10
2.1 Introducción	10
2.2 Ecología Industrial	10
2.2.1 Simbiosis Industrial	15
2.2.2 Análisis del Flujo de Materiales	18
2.2.3 Parques Eco-Industriales	22
2.2.3.1 Kalunborg, Dinamarca	26
2.2.4 Importancia de la infraestructura y la política publica	31

2.3 Los conglomerados	35
2.3.1 Parques Industriales	35
2.3.1.1 Tucson	36
2.3.1.2 Singapur	39
2.3.2 Los conglomerados y las cuatro determinantes de competitividad de M. Porter.	40
2.4 Corredor Tecno Económico de Puerto Rico (PRTEC)	47
3.0 Metodología	51
3.1 Introducción	51
3.2 Etapa I: Análisis del flujo de materiales y la aplicación de la simbiosis industrial en las industrias del oeste de Puerto Rico	51
3.3 . Etapa II: Análisis de la simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico para Puerto Rico	53
3.4 Etapa III: Análisis de los conglomerados como herramienta de desarrollo económico para Puerto Rico	54
4.0 Resultados	56
4.1 Introducción	56
4.2 Simbiosis industrial en los conglomerados del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico	57
4.2.1 Análisis del flujo de materiales	57
4.2.2 Beneficios de la simbiosis industrial en las empresas, la comunidad y el medio ambiente.	61

4.3 Características necesarias para la aplicación de simbiosis industrial y la creación de conglomerados	62
4.4 Análisis de los conglomerados como ventaja competitiva a la luz de la teoría de M. Porter	69
4.5 La política publica como apoyo al parque eco-industrial	71
5.0 Conclusiones	74
6.0 Recomendaciones	75
6.1 Recomendaciones para el Corredor Tecno Económico de Puerto Rico	75
6.2 Recomendaciones para el Gobierno de Puerto Rico	76
6.3 Recomendaciones para el sector universitario	77
6.4 Recomendaciones para estudios futuros.	78
7.0 Diseminación	79
8.0 Bibliografía	80

Lista de Tablas

Tabla 1: Modelo de colaboración en un ecosistema industrial	14
Tabla 2: Análisis del flujo de materiales de las empresas del oeste de Puerto Rico	59

Lista de Figuras

Figura 1: Ejemplos de discrepancias en el flujo materiales de Puerto Rico	19
Figura 2: Simbiosis Industrial en Kalunborg	29
Figura 3: Diamante de los cuatro determinantes de M. Porter	45

Lista de Apéndices

Apéndice 1: Artículo del periódico Diálogo de la Universidad de Puerto Rico	88
Apéndice 2: Cuestionario para recopilar data del análisis del flujo de materiales de las empresas del oeste de Puerto Rico.	90

1.0 Introducción

1.1 Análisis estratégico de los conglomerados y la simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico en Puerto Rico

Cada día son más las empresas con fines similares o complementarios¹ que tienden a ubicarse en zonas geográficamente cercanas. Empresas pertenecientes a todo tipo de industria y en todas partes del mundo han formado innovadoras alianzas estratégicas por medio de los *conglomerados*² y la *simbiosis industrial*³ para complementar sus iniciativas y fortalecer su competitividad en el mercado doméstico e internacional. De esta manera, las empresas logran disminuir factores que incrementan sus costos, como lo puede ser la adquisición de su materia prima, o la distribución de su producto final. Este nuevo concepto hace que la *ventaja competitiva*⁴ tome un nuevo giro, creándose así una colaboración entre empresas del mismo sector económico. La ventaja competitiva está llevando hoy a los empresarios a tener un concepto claro acerca de la importancia del uso adecuado de los recursos de producción, y la necesidad de tener innovación.

Por otro lado, la globalización de la economía mundial, la revolución en los avances tecnológicos y las oportunidades en los mercados nacionales de Asia, América Latina y Europa han creado la necesidad de establecer alianzas estratégicas y conglomerados entre las empresas y así incrementar la competitividad de estas. Para

¹ Una empresa con fines complementarios puede ser una empresa suplidora o una empresa distribuidora.

² Un *conglomerado* es un grupo geográficamente próximo de empresas interconectadas e instituciones asociadas, en un campo en particular, vinculadas por características comunes y complementarias (Porter, 1990)

³ La *simbiosis industrial* intenta unir las industrias que tradicionalmente no trabajan en conjunto, con el fin de lograr ventaja competitiva por medio del intercambio de materiales, energía, agua y en ocasiones sub-productos. (Chertow, 2000)

⁴ *Ventaja Competitiva* – Conjunto de atributos que posee una empresa, industria, región o país, que les distingue de sus competidores y que hace posible la obtención de unos rendimientos superiores a los de éstos, los cuales a su vez son reconocidos por sus clientes.

poder alcanzar una posición líder en los mercados globales, las empresas han tenido que reconocer la necesidad de crear alianzas para poder contar con la diversa y costosa mano de obra, recursos naturales o materia prima, expertos en tecnología y las capacidades competentes requeridas. Por medio de las alianzas y los conglomerados se pueden crear nuevos productos de forma rápida, con alta calidad y a un bajo costo, a la vez que se incrementan los recursos y las estrategias para atraer nuevos mercados. En este mundo tan cambiante, es sumamente necesario que las empresas actúen rápido, sin dejar de perder oportunidades. Por esto, es de suma importancia la creación de nuevas estrategias que le ayuden a crear alianzas que le añadan valor a la empresa.

Puerto Rico necesita ponerse a la vanguardia y adquirir nuevas estrategias que le ayuden a alcanzar ventajas competitivas que le permita atraer nuevas empresas, a la vez que logra retener las ya existentes. Esto creará un impacto positivo en la economía de Puerto Rico, incrementando y creando nuevos empleos tanto directos, como indirectos. Por medio de esta investigación se pretende realizar un análisis estratégico de la viabilidad de establecer conglomerados donde se aplique simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico para Puerto Rico. La aplicación de esta nueva estrategia le proveerá a Puerto Rico la oportunidad de alcanzar ventaja competitiva en los mercados globales. Basándonos en lo antes expuesto, podemos definir el objetivo principal y los objetivos específicos de esta investigación, la importancia y motivación y las limitaciones encontradas mediante la investigación.

1.2 Objetivo principal

El *objetivo principal* de esta investigación es realizar un análisis estratégico de los conceptos de conglomerado y la simbiosis industrial para que sean utilizados como herramienta de desarrollo económico en los conglomerados que se han establecido y se están estableciendo en la región oeste de Puerto Rico mediante la organización del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico. Con el fin de alcanzar este objetivo principal, se definieron los siguientes *objetivos específicos*:

- Análisis del flujo de materiales de las industrias del oeste de Puerto Rico con el fin de determinar si existe potencialidad en la aplicación de la simbiosis industrial en las industrias del oeste de Puerto Rico.
- Identificar las características necesarias para la aplicación de los conceptos de conglomerados industriales y simbiosis industrial en las industrias del oeste de Puerto Rico.
- Análisis de la situación de Puerto Rico ante las características previamente identificadas.
- Análisis de los conglomerados como ventaja competitiva a la luz de la teoría del Dr. Michael Porter.
- Análisis de la importancia de la infraestructura y la política pública para la aplicación exitosa de los conceptos de conglomerados y la simbiosis industrial en las industrias del oeste de Puerto Rico.

1.3 Importancia de la investigación

Por medio de esta investigación se pretende establecer beneficios tanto ecológicos, como económicos para Puerto Rico. Ambos aspectos son de suma importancia para que un país pueda subsistir. A continuación se expondrá la importancia de esta investigación en términos de los beneficios a la economía de Puerto Rico, los beneficios a la ecología de Puerto Rico y la aplicación robusta que provee esta investigación.

1.3.1 La economía de Puerto Rico

Debido a que el Corredor Tecno Económico de Puerto Rico se encuentra en sus etapas iniciales como organización, no se han realizado estudios formales que identifiquen las características que Puerto Rico requiere para que el concepto de conglomerados pueda ser aplicado de manera exitosa⁵. Por esto, se precisa identificar las características necesarias para establecer el concepto de conglomerados industriales y simbiosis industrial de forma tal que los objetivos, metas y estrategias del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico de Puerto Rico funcionen adecuadamente.

Puerto Rico necesita nuevas estrategias para lograr desarrollar una economía fuerte y estable. La idea fundamental es lograr establecer un parque eco-industrial con las características de aquellos parques exitosos en el ámbito mundial. Se necesita establecer un parque industrial que atraiga nuevas industrias de forma tal que se puedan crear nuevos empleos y fortalecer la economía de Puerto Rico. Las industrias obtienen

⁵ No se han realizado estudios formales para estos fines, pero si se han realizado estudios de “benchmarking” con Tucson, España, Singapore y Silicon Valley.

más grandes beneficios por medio de la simbiosis y la sinergia⁶, que si trabajan solas. Estos beneficios tienen que ser muy significativos, de tal manera que substituyan la posibilidad de la industria mudarse a un país en busca de reducir sus costos por medio de una mano de obra más barata.

Por medio de esta investigación se pretende realizar un análisis de los conglomerados y la simbiosis industrial como herramienta para el desarrollo económico de Puerto Rico. Con la aplicación de estos conceptos se pretende atraer empresas que se establezcan y se queden en Puerto Rico y a su vez se conseguirá retener las empresas ya existentes. Esto ayudará a la economía de Puerto Rico a incrementar la cantidad de industrias, la cantidad de empleos relacionados con cada industria, tanto empleos directos como empleos indirectos y, por consiguiente, la economía se afectará positivamente.

1.3.2 La ecología de Puerto Rico

Se necesita proteger la ecología de Puerto Rico y crear conciencia de la importancia de actuar con responsabilidad al cuidar nuestro medio ambiente. Se deben distribuir los recursos ecológicos de los que todo ser humano depende y asegurarse de que todo el que vive hoy y el que se encuentre en el futuro pueda satisfacer sus necesidades. Las empresas -como entidades individuales- participantes del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico cumplen con los requisitos legales ambientales y algunas se encuentran creando métodos innovadores para reducir el impacto ambiental. (Santos, 2002; Sánchez, 2002; Chamoun, 2002). Sin embargo, dentro de las estrategias y

⁶ La *sinergia industrial* se puede definir como la unión de empresas con el fin de trabajar en conjunto para resolver problemas en común.

objetivos del PRTEC no se ha podido apreciar un compromiso claro y preciso de ayudar a mejorar la ecología de Puerto Rico.

Por medio de esta investigación se pretende que el Corredor Tecno Económico de Puerto Rico incluya en su plan de estrategias la ecología de Puerto Rico y se integre en sus conglomerados el objetivo de ayudar la economía por medio de la simbiosis industrial, a la vez que se fomenta la conservación del medio ambiente. Mediante la simbiosis industrial las empresas se benefician al lograr intercambio de materiales y energía, reducción en el costo de transporte, maximización de los recursos humanos, mejoras en las actividades de mercadeo, maximización de los sistemas de información, comunicación y procesos de producción. Por otro lado, la comunidad se beneficia al mejorar la calidad de vida y las relaciones comunitarias, por medio de las mejoras al medio ambiente.

1.3.3 Pertinencia de la investigación

Es importante resaltar que aunque esta investigación está enfocada en la región oeste de Puerto Rico, la isla por su tamaño ofrece la oportunidad de crear conglomerados entre las empresas ya establecidas en todo el país. Las industrias pueden lograr sinergia realizando un flujo lógico de movimiento de materiales, compartiendo recursos y facilidades (Zampierollo, 2002). Los edificios están ubicados a corta distancia unos de otros, lo que ofrece una gran oportunidad de alcanzar sinergia de forma eficiente. Se espera que los resultados de esta investigación, eventualmente sean de ayuda para todas las industrias establecidas en Puerto Rico y por ende para la ecología y la economía de todo el país.

1.4 Limitaciones de la investigación

Los resultados de la investigación fueron interpretados tomando en consideración las siguientes limitaciones:

- El concepto de ecología industrial es uno relativamente nuevo, por lo que es limitada la información disponible para realizar la comparación con otros parques eco-industriales.
- Los beneficios esperados se basan en las experiencias de otros parques eco-industriales y parques industriales que se encuentran operando en otras jurisdicciones. Los beneficios de la ecología industrial, en Puerto Rico, pueden ser apreciados y medidos en el largo plazo.
- Como parte de la investigación se contactaron 40 empresas para realizar un análisis de flujo de materiales y poder determinar si es viable la simbiosis industrial entre las empresas pertenecientes al Corredor Tecno Económico de Puerto Rico. Durante nuestro estudio pudimos apreciar que varias de estas empresas tenían el interés en participar y contribuir con nuestra investigación, pero no tenían los datos requeridos. Esto limitó la muestra de empresas estudiadas a 23.

1.5 Organización de la Tesis

Esta tesis ha sido dividida en siete capítulos. Estos son los siguientes:

- **Capítulo 2: Revisión de Literatura:** El segundo capítulo examina las publicaciones de mayor importancia utilizadas en esta investigación. Estas publicaciones se vinculan con las tres etapas principales de esta investigación. Las publicaciones discutidas cubre los temas de ecología industrial, simbiosis industrial, parques eco-

industriales, la importancia de la infraestructura y la política pública, parques industriales, conglomerados, y la teoría económica del diamante de los cuatro determinantes de M. Porter. La revisión literaria ha sido dividida en dos partes: los conceptos relacionados a la simbiosis industrial y los conceptos relacionados a los conglomerados.

- **Capítulo 3: Metodología:** El tercer capítulo presenta la metodología utilizada para llevar a cabo esta investigación. La metodología al igual que la investigación ha sido dividida en tres etapas. Primero, se realizó un estudio de los conceptos de ecología industrial y los beneficios económicos y ecológicos que se pueden obtener por medio de su aplicación. Se realizó un análisis del flujo de materiales de algunas empresas del oeste de Puerto Rico con el fin de determinar si estos conceptos podían ser aplicados en las industrias del oeste de Puerto Rico. Luego, se pasó a identificar las características necesarias en Puerto Rico para la aplicación exitosa del concepto de simbiosis industrial y conglomerados en las industrias del oeste del país. Las características identificadas fueron comparadas con la situación actual de Puerto Rico, con el fin de entender si tal situación permite establecer un parque industrial exitoso. Para concluir, se realizó un análisis de los conglomerados como ventaja competitiva a la luz de la teoría de M. Porter, y un análisis de la importancia de la infraestructura y política pública para la aplicación exitosa de los conceptos de conglomerados y simbiosis industrial.
- **Capítulo 4: Resultados:** El cuarto capítulo nos presenta los resultados de la investigación. Los resultados nos presentan el análisis de flujo de materiales, las características necesarias para la aplicación del concepto de simbiosis industrial y

conglomerados, la situación de Puerto Rico ante estos conceptos, los beneficios económicos y ecológicos que el país puede obtener y un análisis de la importancia de la política pública para la aplicación exitosa de los conceptos de conglomerados y simbiosis industrial.

- **Capítulo 5: Conclusiones:** El quinto capítulo presenta las conclusiones de la investigación. Este capítulo recapitula someramente el propósito de la investigación, la metodología principal, los resultados de mayor importancia y el significado de estos.
- **Capítulo 6: Recomendaciones:** El sexto capítulo presenta recomendaciones para la aplicación exitosa de los resultados obtenidos a través de la investigación y recomendaciones para futuras investigaciones.
- **Capítulo 7: Diseminación:** El capítulo final nos presenta la diseminación que se ha realizado con los resultados de esta investigación. Con el fin de que los resultados de esta investigación tengan un impacto real en Puerto Rico, los resultados obtenidos han sido diseminados a personas, industrias y entidades relacionadas con el Corredor Tecno Económico de Puerto Rico y a personas, industrias y entidades cuyos resultados le sean de utilidad.

2.0 Revisión de Literatura

2.1 Introducción

Con el fin de realizar un análisis estratégico de los conglomerados y la simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico en Puerto Rico, se comenzó una revisión intensa de publicaciones previas relacionada a estos conceptos. Esta revisión literaria está dividida en dos partes: los conceptos relacionados a la simbiosis industrial y los conceptos relacionados a los conglomerados. La primera parte se enfoca en los conceptos de ecología industrial, simbiosis industrial, parques eco-industriales; concluyendo con un análisis de cómo la infraestructura y la política pública de un país pueden servir de ayuda o de escollo para el desarrollo de un parque eco-industrial. La segunda parte de la revisión literaria se enfila a los conceptos de parques industriales y conglomerados bajo la luz de la teoría del diamante de los cuatro determinantes de M. Porter.

En la revisión de literatura se encontró que se han documentado muy pocas investigaciones relacionadas a estos conceptos. Por otro lado, las publicaciones previas estudiadas mediante esta investigación son actuales y adecuadas a la misma. En este capítulo se presentan los escritos de mayor importancia para la realización de esta investigación.

2.2 Ecología Industrial

Dado a que deseamos establecer un análisis estratégico del concepto de simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico en Puerto Rico, es de vital importancia definir los conceptos de ecología industrial y simbiosis industrial, para así

entender los beneficios que de estos se desprende. La simbiosis industrial es una rama derivada de la ecología industrial, por tal razón comenzaremos por explicar en que consiste la ciencia de la ecología industrial y los beneficios que ésta brinda. Una vez establecida esta definición y los beneficios de la ecología industrial, pasaremos a hacer lo propio con el concepto de simbiosis industrial.

La ecología industrial es un concepto relativamente nuevo. En 1989 Frosch & Gallopoulos sirvieron de inspiración a los subsiguientes escritos cuando plantearon una analogía en la que se sugiere que el sistema industrial puede ser más eficiente si el flujo de materiales es modelado como un ecosistema natural, donde el consumo de energía y materiales se optimice y el residuo de un proceso pueda ser usado como materia prima de otro (Allenby, 1999).

Desde entonces, varios ecologistas se han dado a la tarea de intentar establecer una *definición* al concepto de ecología industrial. Allenby y Richards (1994) nos definen la ecología industrial como un conjunto de relaciones entre las empresas que conforman una industria y los efectos de las relaciones en los flujos de energía y materiales a través de las economías, en un mundo natural donde la economía es ajustada. Idealmente, las relaciones de la producción pueden ser organizadas de modo que los desperdicios a partir de un proceso, se pudieran utilizar como entradas en otros procesos industriales (Allenby y Richards, 1994) Robert M. White⁷ (1994) define la ecología industrial como el estudio de los flujos de materiales y energía en actividades industriales y de los consumidores, de los efectos de estos flujos en el medio ambiente y de la influencia de los factores

⁷ Ex-presidente de la Academia Nacional de Ingeniería de los EU.

económicos, políticos, las regulaciones y los factores sociales en los flujos, uso y transformación de los recursos (Lifset y Gradel, 2001).

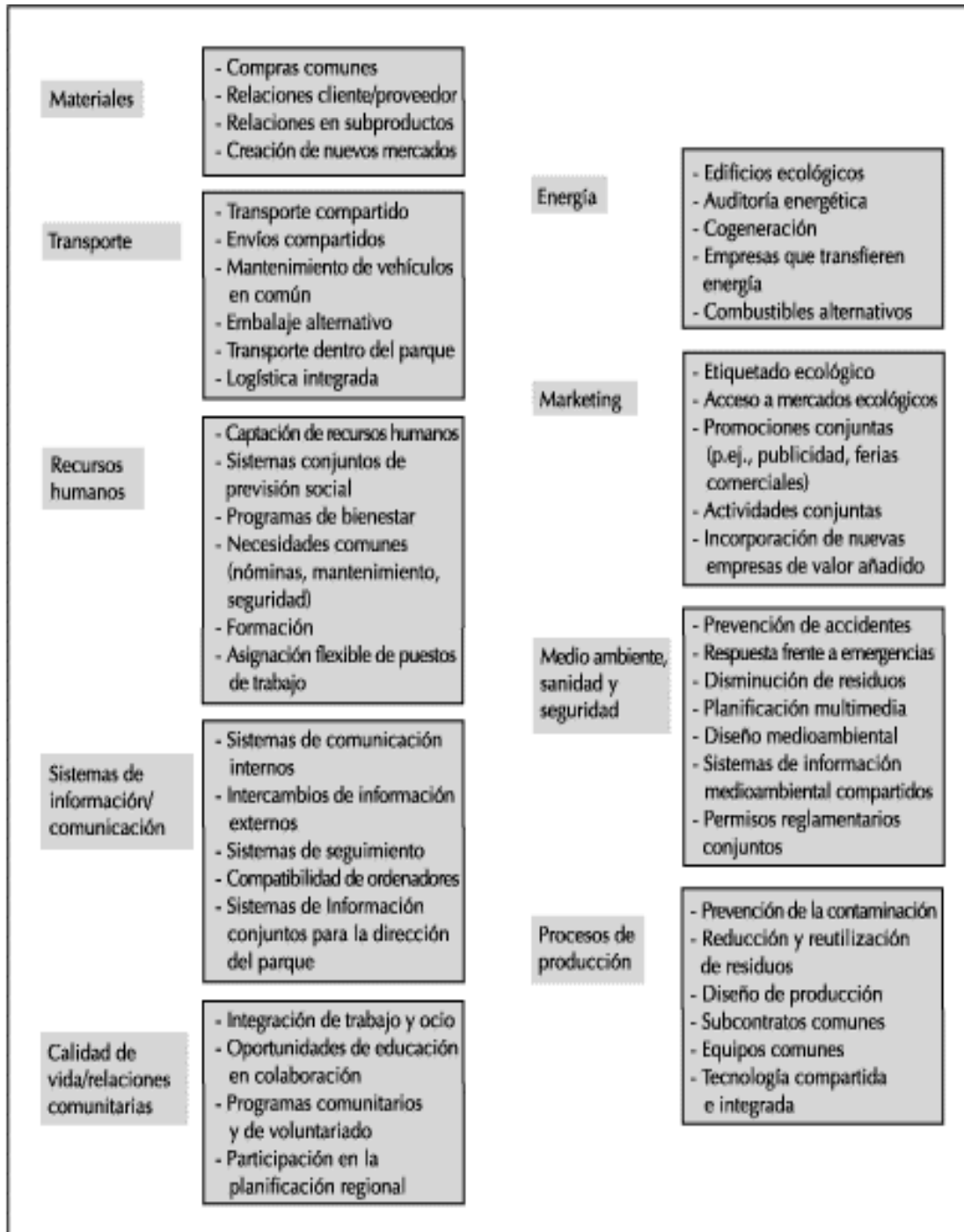
Kibert y Wilson (1999) describen la ecología industrial como una disciplina emergente, que utiliza el comportamiento del sistema natural como inspiración, proveyendo esperanza a los proponentes de un sistema natural sostenido. El sistema perfecto de la naturaleza es usado como un modelo para modificar las actividades industriales, reduciendo así los impactos industriales y los costos, incrementando la productividad y alcanzando una mayor eficiencia en la utilización de los recursos (Kibert y Wilson, 1999). Basándonos en estas definiciones, podemos estimar que existe un sin número de beneficios que se pueden obtener de la ciencia de la ecología industrial.

La ecología industrial le ofrece varios *beneficios* a las industrias, a la comunidad y al medio ambiente. Estos beneficios pueden ser tanto ecológicos, como económicos. La visión pasada se basaba en que las regulaciones ambientales constituían un gasto para las empresas y no ofrecían beneficios económicos; esta visión afortunadamente está cambiando. Algunos economistas analizan las ventajas económicas que se pueden obtener a través de la ecología industrial. Porter y Linde (1995) nos indican que las empresas deben innovar y buscar la optimización en la utilización de los recursos a la vez que se reduce la contaminación; de este modo las industrias obtendrían ventaja competitiva en las economías globales. Las compañías y regiones que tengan sus suplidores a cortas distancias, también obtendrán ventajas competitivas.

La ecología industrial, además de impulsar el crecimiento económico y medioambiental de un país, puede ayudar a alcanzar otros beneficios por medio de un enfoque sistemático. Cohen y McGalliard (1998) presentan un posible modelo de

relaciones de colaboración que se pueden alcanzar en un ecosistema industrial. Entre estas se encuentran el intercambio de materiales y energía, reducción en el costo de transporte, maximización de los recursos humanos, maximización de los sistemas de información y comunicación, mejorar la calidad de vida y las relaciones comunitarias, actividades de mercadeo, mejoras del medio ambiente, la sanidad y la seguridad, y la maximización en los procesos de producción. Este modelo de relaciones de colaboración en un ecosistema industrial es presentado en más detalles en la Tabla 1.

Tabla 1. Modelo de relaciones de colaboración en un ecosistema industrial⁸



⁸ Cohen, E. and Thomas N. McGalliard, *Desarrollo Eco-Industrial: El caso de Estados Unidos*. <http://www.jrc.es/iptsreport/vol27/spanish/COH1S276.htm> - (11/13/2002) 1998, Cornell University

En resumen, podemos definir la ecología industrial como una ciencia que se encuentra en pleno desarrollo, y la cual le presta completa atención a la utilización de recursos y energía de un sistema industrializado con el fin de alcanzar un ambiente natural sostenida (Gradel y Allenby, 1995). Esta nueva ciencia examina los modos en que las industrias pueden implementar estrategias, con el fin de reducir el impacto ecológico que causa el ciclo de sus productos. Esto puede ser posible por medio de un sistema en el que los residuos de una empresa se convierten en la materia prima de otra, logrando así un ciclo cerrado donde se desechan menos materiales.

Existe un campo dentro de la ciencia de la ecología industrial que se enfoca en los beneficios obtenidos por medio de que las empresas trabajen en un área geográfica cercana, llamada simbiosis industrial. Este campo nos llevará a entender de manera más precisa los beneficios que se pueden obtener de la ecología industrial. Por tal motivo es necesario analizar qué es la simbiosis industrial y los beneficios que se pueden obtener de esta, para así poder realizar un análisis estratégico de la simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico en Puerto Rico.

2.2.1 Simbiosis Industrial

La simbiosis industrial es una interacción de cooperativismo y unión entre firmas, que tradicionalmente operan de forma separada, para alcanzar ventaja competitiva por medio de intercambios físicos de materiales, energía, agua y subproducto. Estas entidades pueden obtener beneficios colectivos mayores, por medio de trabajar en conjunto, que si se trabajaran de forma individual (Chertow, 2000). La simbiosis industrial se enfoca en un área geográfica en particular, donde existe intercambio entre distintas entidades. Estos intercambios han sido clasificados por Chertow (2000) en

cinco tipos⁹. Los intercambios se pueden realizar por medio de la intervención de terceras partes, dentro de una misma facilidad, empresas u organización, entre empresas localizadas en una zona determinada (parque eco-industrial), entre empresas que no están contiguas y entre empresas que se encuentran en una zona geográfica amplia.

La simbiosis industrial provee la posibilidad de dos tipos de beneficios económicos. El primero es la posibilidad de reducir los costos de la materia prima, al sustituirla por subproductos de otras empresas. El segundo, son los posibles ahorros que se pueden obtener de los costos en la disposición de los desperdicios generados, al proveerle los mismos como recursos de producción a otras empresas (Schwarz y Streininger, 1997). Con la simbiosis industrial se puede alcanzar un crecimiento económico, a la vez que se eliminan impactos ambientales lineales, incluso estos comienzan a reducirse conforme nos hacemos más sofisticados en el reciclaje de nuestra energía y nuestros materiales (Considine, 1998).

Existen otros *beneficios* que la simbiosis industrial le puede brindar a las empresas de una zona geográfica determinada. La simbiosis industrial puede ayudar a solucionar problemas que las empresas tengan en común. Para esto, es imprescindible que exista comunicación, cooperación e interacción entre estas empresas. Algunos de los beneficios que ofrece la simbiosis industrial son: la reducción de contaminación y daño ambiental, la reducción del consumo de recursos naturales, el lograr operaciones sostenibles e incrementar la oportunidad de las pequeñas empresas y empresas relacionadas a la agricultura (Chertow, 2002).

⁹ Estos cinco tipos son explicados en detalle en la sección Flujo de Materiales.

Ashton y Chertow (2003) establecieron varios de los beneficios que Puerto Rico puede alcanzar por medio de la simbiosis industrial. La simbiosis industrial puede proveer soluciones a problemas relacionados con materiales, energía y agua, alcanzando así mejoras en la productividad, como por ejemplo:

- Mejoras en la infraestructura local, con el fin de facilitar la productividad
- Soluciones en colaboración a los problemas de recursos limitados
- Beneficios ambientales, combinados con la reducción de costos y el incremento de ganancias.
- Expansión de los canales de comunicación; logrando un incrementado en el intercambio de información, colaboración y coordinación entre las entidades.
- Nuevas oportunidades para empresas complementarias, por medio de un análisis del flujo de materiales y la identificación de posibles intercambios de subproductos.
- Delineación de soluciones en común para las preocupaciones relacionadas a la calidad ambiental.
- Desarrollo económico por medio de identificar las necesidades de recursos que existen entre las distintas entidades e ideando soluciones para resolver estas necesidades. (Ashton y Chertow, 2003)

En resumen, la simbiosis industrial es el intercambio de materiales y de energía entre firmas individuales localizadas muy próximamente unas de otras. Por medio de esta, se pueden alcanzar beneficios tanto ecológicos, como económicos. Esta definición es aplicable a Puerto Rico, si tomamos en consideración que el país ha alcanzado un alto

grado de industrialización¹⁰. Esto proveería la oportunidad de alcanzar interacción entre las industrias localizadas en una zona determinada e interacción entre todas las industrias establecidas a lo largo y lo ancho de la isla.

La *clave de la simbiosis industrial* es la colaboración y la sinergia que pueda existir, basado en la aproximación geográfica. Un parque eco-industrial es la concretización del concepto de simbiosis industrial (Chertow, 2000). Para poder realizar un análisis estratégico de la simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico en Puerto Rico, es de suma importancia conocer el sistema de flujo de materiales de las industrias que compondrían el mismo, así como la clasificación de este flujo de materiales. Un análisis del flujo de materiales de una zona geográfica determinada nos ayudará a entender como se pueden aplicar los conceptos de la simbiosis industrial y los beneficios que éste nos pueda brindar por medio de un parque eco-industrial.

2.2.2 Análisis del Flujo de Materiales

Los materiales que una empresa descarta no tienen que ser vistos como desperdicios, por el contrario estos son materiales que pueden ser re-usados. En Puerto Rico existe una discrepancia entre las cantidades de material que es descartado, el material que es reciclado, el material que es importado a la isla como material reciclado y el material que llega a los vertederos (Figura 1). Uno de los retos dentro de la ecología industrial es lograr identificar usos productivos para los materiales que son descartados, de forma tal que se reduzcan los materiales que son llevados a los vertederos. Esto ayuda

¹⁰ Puerto Rico inició su proceso de industrialización a partir de la década de 1940.

a mejorar la ecología de una zona geográfica determinada y a la vez se minimiza los costos de materia prima de las empresas que participen de este intercambio de materiales.

Figura 1: Ejemplos de discrepancias en el flujo materiales de Puerto Rico¹¹



Allenby y Richards (1994) nos dicen que los materiales que son descartados por las industrias deben ser vistos como un valioso y potencial recurso. La medida en que el material descartado pueda ser usado como un valioso recurso dependerá no solamente del tipo de material descartado, sino que también dependerá de la concentración del material recuperable, dentro del material descartado. Los materiales que se presenten en una mínima concentración podrán ser recuperados a un alto costo; por el contrario los

¹¹ M. Chertow (2002)

materiales que se presenten en una alta concentración podrán ser recuperados de manera más económica (Allen y Behmanesh, 1994).

Existen varias razones por las que se debe realizar un análisis de flujo de materiales. Un análisis del flujo de materiales de unas empresas en una zona geográfica determinada, nos puede ayudar a:

- Identificar las fallas en el sistema del flujo de materiales
- Identificar daños a los ciclos naturales
- Proyectar flujos de materiales para los productos
- Localizar reservas de productos y materiales
- Identificar los materiales que entran al sistema y los materiales que se descartan sin darle uso productivo
- Identificar oportunidades para reducción consumo y desperdicio de materiales
- Identificar oportunidades para intercambio de materiales
- Utilizarse como indicador de la sustentabilidad¹² (Lifset, 2002)

Un parque eco-industrial puede intercambiar tanto energía, como agua, materiales de desecho, información, funciones reguladoras, sistemas de transportación y sistemas de mercadeo, entre otros (Chertow, 2002). Estos intercambios se pueden llevar a cabo por medio de cinco tipos de simbiosis industrial. Chertow (2000) define estos cinco tipos de intercambios de la siguiente manera¹³:

- Tipo1 – Intercambio por intervención de terceras partes – Este consiste en terceras personas que obtienen materiales vendidos o donados de una empresa u organización

¹² Sustentabilidad Ecologica- Capacidad de un ecosistema de mantener su estado igual, o bien equivalente, en el tiempo. Para lograrlo, se precisa el mantenimiento de ciertos parámetros, por parte de la naturaleza a través de mecanismos de equilibrio dinámico. (<http://www3.cricyt.edu.ar>)

¹³ Estas clasificaciones serán utilizadas en el análisis de flujo de materiales de Puerto Rico.

y se los hacen llegar a otra empresa u organización. Estos intercambios pueden ser a escala local, regional, nacional o global.

- Tipo 2 – Intercambio dentro de una misma facilidad, empresas u organización – Algunos intercambios de materiales se pueden realizar dentro de una misma organización. Las organizaciones grandes, por lo general, pueden realizar intercambios dentro de sus mismas empresas. Se pueden alcanzar ganancias significativas si se estudia el ciclo de vida de los productos, procesos, servicios, compras y diseños de productos.
- Tipo 3 – Intercambio entre empresas localizadas en una zona determinada – Este tipo de intercambio ocurre primordialmente en parques eco-industriales definidos, donde se realizan intercambios de energía, agua y materiales. Además, los parques eco-industriales pueden realizar intercambios de información y servicios, como lo pueden ser permisología, transportación y mercadeo.
- Tipo 4 – Intercambio entre empresas que no están contiguas, pero sí próximas¹⁴. Este tipo de intercambio ocurre entre organizaciones que ya se encuentran localizadas en una región en particular, entre las que comienza un intercambio basado en unas necesidades y en su aproximación.
- Tipo 5 – Intercambio entre empresas que se encuentran en un una zona geográfica amplia¹⁵. Por lo general, debido a los costos relacionados al transporte de materiales, algunas empresas se re-localizan para poder alcanzar la simbiosis industrial. Por esto,

¹⁴ Caso del parque eco-industrial de Kalunborg, Dinamarca

¹⁵ Caso del parque eco-industrial de Browsville, Tampico.

éste tipo de intercambio se basa en uniones virtuales, en vez de uniones por aproximación de las empresas (Chertow, 2000).

Una deficiencia en el reciclaje de materiales es la falta de consistencia en la cantidad y la calidad de los materiales, para que este sea costo-efectivo. La simbiosis industrial entre conglomerados establecidos supera esta controversia, debido a que los conglomerados tienen por lo general los mismos subproductos, por lo que se pueden mantener un flujo constante de materiales similares para su reciclaje, o para un usuario secundario. (Ashton y Chertow, 2003)

En resumen, el análisis del flujo de materiales nos ayudará a determinar si es posible la aplicación de la simbiosis industrial y la implementación de un parque eco-industrial, para de esta forma poder realizar un análisis estratégico de la simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico en Puerto Rico. Una vez estudiados los conceptos de ecología industrial, simbiosis industrial y flujo de materiales, pasaremos a ver estos conceptos enlazados y en función, en lo que es conocido como parque eco-industrial.

2.2.3 Parques Eco-Industriales

Un parque eco-industrial es un grupo de empresas unidas por medio de intercambio de productos y subproductos, que trabajan en conjunto con el fin de optimizar la economía, crear empleos y mejorar el ambiente¹⁶. La meta principal de un parque eco-industrial es el lograr obtener beneficios económicos a la vez que se reduce el impacto ambiental. Los *beneficios* que se pueden obtener de un parque eco-industrial son prácticamente los mismos a los de la simbiosis industrial, debido a que un parque eco-

¹⁶ Center of Economic Conversion's Green Base Conversion Project Web Page. 1997. *Eco-Industrial Parks: Economic Advantage through Environmental Performance*. <http://www.conversio.org>

industrial es la concretización de la simbiosis industrial. Un parque eco-industrial puede brindar beneficios tanto económicos, como ecológicos en la comunidad donde sea establecido (Lowe et al., 2001). Esto lo podemos ver en tres aspectos primordiales¹⁷:

- Optimizar la actividad económica de las empresas envueltas en el parque eco-industrial – Un parque eco-industrial le puede brindar grandes ganancias a las empresas participantes por medio de aumentar la eficiencia de los recursos materiales y los recursos humanos.
- Creación de empleos para la comunidad local – Por medio de la fomentación de nuevas empresas y las uniones de las empresas ya establecidas en la comunidad, los parques eco-industriales pueden crear empleos directos e indirectos.
- Preservación del medio ambiente – Un parque-eco-industrial provee un marco en el que las empresas se integran con la comunidad, alcanzando la mejora y preservación del medio ambiente.

Existen varias *características fundamentales* con las que un parque eco-industrial debe cumplir para alcanzar el éxito. Entre estas podemos mencionar¹⁸:

- Intercambio de energía, agua y/o materiales entre las empresas que componen el parque eco-industrial.
- Intercambio de información y sistemas de mercadeo entre las empresas que componen el parque eco-industrial.
- Creación e intercambio de estrategias para prevenir la contaminación y para la utilización eficiente de la energía y el agua.

¹⁷ Center of Economic Conversion's Green Base Conversion Project Center of Economic Conversion's Green Base Conversion Project Web Page. 1997. *Eco-Industrial Parks: Economic Advantage through Environmental Performance*. <http://www.conversio.org>

¹⁸ Center of Economic Conversion's Green Base Conversion Project Web Page. 1997. *Eco-Industrial Parks: Economic Advantage through Environmental Performance*. <http://www.conversio.org>

- Construcción de edificios, donde se integren los conceptos de ecología industrial.
- Creación de empleos, enfocados en los residentes locales.
- Reducción de los costos de disposición de desperdicios y costos de adquisición de materia prima.
- Participación de la comunidad en la planificación de parques eco-industriales.

Para poder establecer un parque eco-industrial, es de vital importancia la *planificación y el diseño* del mismo. Hay que evaluar la infraestructura, la economía local y los recursos naturales de la región donde se pretende establecer el parque eco-industrial. Es muy importante evaluar la localización de las empresas que formarían parte del mismo. Analizar si las empresas se encuentran cercanas, de forma tal que el intercambio entre estas se pueda llevar a cabo. Hay parques eco-industriales donde las empresas se encuentran muy cercanas en una zona geográfica determinada. Existen otros parques eco-industriales que forman una red de intercambios entre empresas en una misma región. En ocasiones el parque eco-industrial es formado por una combinación de ambos: empresas muy próximas y empresas, no tan cercanas, que completan el ciclo del intercambio¹⁹.

Durante la planificación de un parque eco-industrial es sumamente importante identificar una empresa ancla. Esta empresa debe ser la empresa de mayor consistencia en la generación de desperdicios, mayor potencial en el crecimiento de empleomanía y que contenga una amplia red de suplidores y consumidores. Puede ser identificado, también, un grupo de empresas que descarten y requieran los mismos materiales y / o energía, y esta sustituir a la empresa ancla. Una vez esto, se debe realizar un análisis del

¹⁹ Center of Economic Conversion's Green Base Conversion Project Web Page. 1997. *Eco-Industrial Parks: Economic Advantage through Environmental Performance*. <http://www.conversio.org>

flujo de materiales, de forma tal, que se pueda determinar las empresas que pueden, y deben, formar parte del parque eco-industrial. Se debe realizar un reclutamiento estratégico donde se establezcan las condiciones de los intercambios que se realizarán entre las empresas. Las empresas que compongan el parque eco-industrial deben tener conocimiento del flujo de materiales del resto de las empresas, de esta forma se ofrece la oportunidad de identificar potenciales intercambios²⁰.

Las empresas que son parte de un parque eco-industrial pueden reducir sus costos individuales y el impacto ambiental colectivo compartiendo ciertas infraestructuras. Esto se puede lograr de diversos modo, como por ejemplo, compartiendo el uso de diversos sistemas de conducción de agua, logrando permisos ambientales colectivos y/o intercambiando servicios administrativos, entre otros. Debido a que la mayoría de las infraestructuras están diseñadas para ser usadas de forma independiente, se puede considerar la posibilidad de utilizar otros sistemas como lo son el sistema de cascada²¹ y el de cogeneración²². Por otro lado, las empresas que componen un parque eco-industrial deben establecer una contabilidad del costo del ciclo de vida de sus productos, así como estrategias de diseño ambiental para poder reducir sus costos y mejorar el impacto ambiental, por medio de la utilización más eficiente de los recursos humanos y ambientales²³.

En resumen, podemos decir, que un parque eco-industrial es un grupo de empresas unidas de forma voluntaria, en donde todas las empresas involucradas obtienen beneficios

²⁰ Center of Economic Conversion's Green Base Conversion Project Web Page. 1997. *Eco-Industrial Parks: Economic Advantage through Environmental Performance*. <http://www.conversio.org>

²¹ Sistema de cascada – Reciclaje de materiales o de energía corriente por medio de re-utilizarlos en procesos que continuamente requieren menor calidad y / o cantidad de energía.

²² Sistema de cogeneración – Uso de una fuente de energía central en común.

²³ Center of Economic Conversion's Green Base Conversion Project Web Page. 1997. *Eco-Industrial Parks: Economic Advantage through Environmental Performance*. <http://www.conversio.org>

económicos por medio de los intercambios y la reutilización de los desperdicios, a la vez que incrementan su competitividad y eficiencia (Schwarz y Streininger, 1997). Además, un parque eco-industrial le brinda beneficios ecológicos a la región donde este es establecido. El caso más estudiado en los Estados Unidos, como ejemplo a seguir, lo es el parque eco-industrial de *Kalunborg, Dinamarca*. Este parque eco-industrial provee el mejor ejemplo operacional de obtener beneficios económicos por medio de mejoras al medio ambiente.

2.2.3.1 Kalunborg, Dinamarca

La simbiosis industrial comenzó a desarrollarse en los años 70, cuando varios empresarios, en un intento por reducir sus costos y a su vez cumplir con las regulaciones, establecieron formas innovadoras de manejar sus residuos y de utilizar el agua potable de modo más eficaz (Cohen y McGalliard, 1998). El interés de los empresarios de Kalunborg, Dinamarca era encontrar usos rentables de los residuos y de la energía no utilizada.

El parque eco-industrial de Kalunborg aparece integrado por cinco participantes principales, estos son:

- La Central Eléctrica Asnæs - Central de carbón construida en 1959 (Considine, 1998). Cuenta con aproximadamente 600 empleados y tiene una capacidad cerca de 1,500 Megavatios por año (Urresti, 2002).
- La Refinería Statoil – Una de las mayores refinerías en Dinamarca. (Considine, 1998). Emplea a aproximadamente 250 empleados y tiene una capacidad de 3 a 4 millones de toneladas /año (Urresti, 2002).

- Novo Nordisk – Empresa farmacéutica líder en la producción de insulina, penicilina y ciertas enzimas industriales. Produce un 40% de la insulina del mundo y emplea a aproximadamente 1,400 empleados (Urresti, 2002).
- Gyproc – Empresa manufacturera de cartón de yeso, mejor conocido como “gypsum”. (Considine, 1998). Cuenta con aproximadamente 160 empleados y su producción anual es de aproximadamente 14 millones de m² (Urresti, 2002).
- La Ciudad de Kalunborg – proporciona servicios de calefacción a 20,000 residentes de la zona, además les suministra agua a las casas y empresas de la localidad. (Cohen y McGalliard, 2002)

La simbiosis industrial de Kalunborg comenzó en 1975, cuando la empresa Gyproc decide establecer una fábrica en Kalunborg, con el fin de reducir sus costos de producción por medio de aprovechar el gas excedente que quemaba la empresa Statoil. Es en este momento, en el que las empresas comienzan a explorar las posibilidades de intercambios y los beneficios económicos que se podían obtener de estos. En 1976 la empresa Novo Nordisk comienza a suministrar 1.1 millones de toneladas / año de lodo rico en Nitrógeno y Fósforo a más de 1,000 granjas. Tres años más tarde (1979), Asnæs comienza a suministrar cenizas a una cementara llamada Aalborg Pórtland, ubicada fuera de Kalunborg (Urresti, 2002). En 1993 se realizó una inversión de sesenta millones de dólares en infraestructura, para la transportación de los materiales y energía, dos años más tarde (1995) se habían reflejado ciento veinte millones de dólares en ganancias y ahorros (Lowe et al., 1997). Se logró reducir el consumo de 19,000 toneladas de aceite, 30,000 toneladas de carbón y 60,000 m³ del consumo de agua. A su vez, se comenzaron

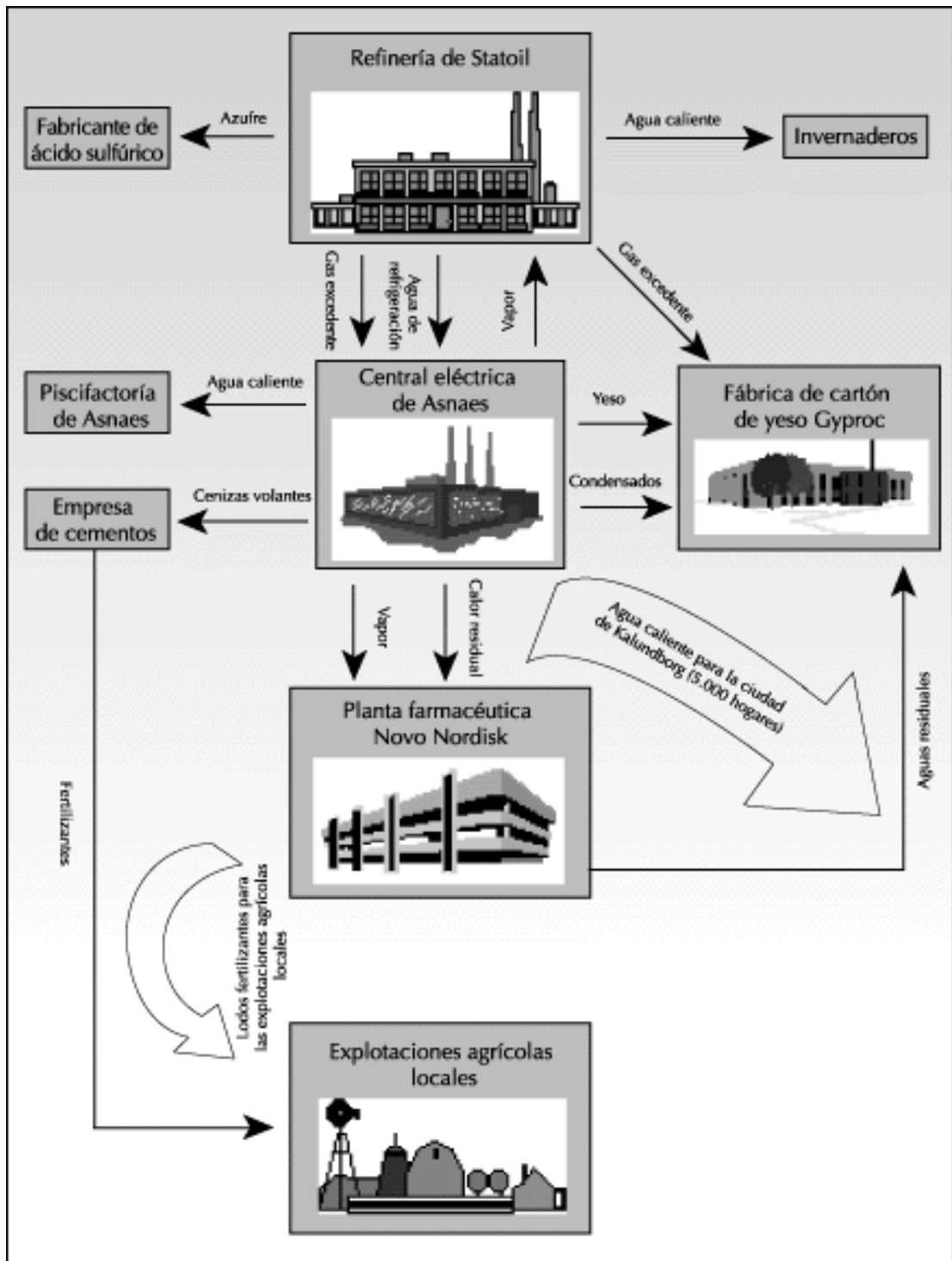
a reutilizar 135 toneladas de cenizas volantes, 2,800 toneladas de sulfuro, 80,000 toneladas de yeso y 800 toneladas de nitrógeno en lodo (Lowe, 1996).

Hoy día existe un total de once relaciones simbióticas que vinculan a dichas empresas, incluyendo además una red de usuarios dentro del municipio (Figura 2). Entre estas interacciones, la actividad principal es el intercambio de materiales y energía (Cohen y McGalliard, 1998). Cada una de estas conexiones se fueron creando en un periodo de 25 años y cada unión se realizó como una transacción bilateral normal. Es importante destacar que la creación de estas relaciones se pudieron llevar a cabo por los procesos de negociación, investigación e interés de los empresarios por aumentar su competitividad (Considine, 1998).

El éxito que Kalunborg ha alcanzado y continúa alcanzado, se debe a varios factores. Entre estos, podemos mencionar la estabilidad de las asociaciones formadas, las cuales fueron creadas de forma voluntaria, con acuerdos bilaterales y apoyadas por contratos (Ashton y Chertow, 2003). El principal incentivo para estas empresas, fue el desarrollar una economía sostenida donde las empresas reducirían sus costos y / o aumentarían sus ganancias, a la vez que mejoraban el ambiente. Estas empresas se encontraban con una aproximación tanto física como mental²⁴, lo cual favoreció el que la simbiosis industrial se pueda llevar a cabo de manera exitosa (Lowe, 1996).

²⁴ La distancia física se refiere a la distancia entre las empresas que componen el parque eco-industrial de Kalunborg. La distancia mental se refiere a la relación que existe entre los gerentes de las distintas empresas.

Figura 2. Simbiosis Industrial en Kalundborg²⁵



²⁵ Cohen, E. and Thomas N. McGilliard, *Desarrollo Eco-Industrial: El caso de Estados Unidos*. <http://www.jrc.es/iptsreport/vol27/spanish/COH1S276.htm> - (11/13/2002) 1998, Cornell University

Existen un sin número de planes para construir nuevos parques eco-industriales basados en el concepto de simbiosis industrial, pero la realidad es que son muy pocos los que están operando exitosamente. La simbiosis industrial aparenta ser más exitosa cuando se intenta establecer entre empresas ya establecidas, que cuando se desea crear un nuevo parque industrial. Puerto Rico cuenta con gran parte de las características que los parques eco-industriales exitosos requieren. En Puerto Rico existe una gran concentración de industrias, la mayoría de las industrias se encuentran concentradas en zonas específicas, donde la distancia es relativamente corta. La simbiosis industrial puede ayudar a estas empresas a solucionar problemas relacionados a la escasez de recursos²⁶, a la vez que se pueden crear nuevas oportunidades para la innovación y la creación de nuevas empresas (Ashton y Chertow, 2003). Algunas de estas oportunidades pueden ser aplicadas, no tan solo en la región oeste de Puerto Rico, sino que en toda la isla, debido a las distancias relativamente cortas dentro de su jurisdicción²⁷.

Para poder establecer un parque eco-industrial exitoso, es sumamente necesario el establecer políticas públicas que ayuden a atraer empresas, retenerlas y a su vez, ayuden en su crecimiento. Estas deben enfocarse en políticas de desarrollo sostenida, reconociendo que la industrialización es en parte responsable de la situación social y ambiental de un país (Ashton y Chertow, 2003). Por otro lado, la infraestructura con la que cuenta la región en la que se pretende establecer el parque eco-industrial influye mucho en el posible éxito o fracaso que éste pueda alcanzar. Por esto, nos hemos dado a la tarea de estudiar la importancia de la infraestructura y las políticas públicas y así

²⁶ Puerto Rico enfrenta una seria escasez de dos recursos naturales básicos: el agua y las tierras.

²⁷ Puerto Rico ocupa en área de 3,515 millas cuadradas, equivalente a 9,104 kilómetros cuadrados.

complementar la revisión literaria para el análisis de la simbiosis industrial como herramienta del desarrollo económico de Puerto Rico.

2.2.4 Importancia de la infraestructura y la política pública

La *infraestructura* con la que los individuos, las empresas y otras entidades cuentan, es de suma importancia para poder mantener un crecimiento continuo y lograr adoptar prácticas y metodologías con un enfoque eco-industrial (Allenby, 1999). Allenby (1999) se enfoca en cuatro categorías importantes, dentro de la infraestructura empresarial para alcanzar la ecología industrial:

- Establecer políticas reguladoras generales – Es necesaria la implementación de políticas que apoyen de forma sustancial la ecología industrial; tomando en consideración la cultura, sociedad, aspectos legales y los regímenes económicos ya existentes²⁸.
- Identificación y establecimiento de prioridades de riesgos, costos y beneficios – Es importante definir y establecer prioridades de riesgo, tanto individuales, como colectivas, que puedan surgir de las políticas reguladoras. Se deben crear modelos y metodologías que ayuden a estimar los posibles riesgos y cómo reducir los mismos. Esto se puede realizar por medio de la integración del análisis de costo-beneficio, análisis de riesgo de escalas y modelos para identificar los riesgos que han sido creados por científicos ambientalistas. De igual forma se deben realizar un análisis de los costos que las políticas reguladoras acarrearán y los beneficios que se pueden obtener.

²⁸ Este aspecto será ampliado más adelante.

- Establecer prioridades de los valores – Se debe definir y establecer prioridades en los valores que las empresas podrán intercambiar en sus operaciones. Para esto, es necesario generar información que ayude a reducir la incertidumbre y crear políticas de consenso que ayuden a establecer dichas prioridades.
- Investigación y desarrollo – Se deben unir esfuerzos con el fin de apoyar la investigación y el desarrollo, y a la vez proveer herramientas que fomenten la ecología industrial (Allenby, 1999).

Por otro lado, la infraestructura pública juega un papel sumamente importante dentro del posible éxito que pueda alcanzar la planificación de un parque eco-industrial. La infraestructura pública se subdivide en once categorías, los cuales deben ser evaluadas bajo la perspectiva de un parque eco-industrial: educación, salud, transportación, sistema legal, recreación, suministro de energía, sistemas contra incendios, disposición de desechos, telecomunicaciones, suministro de agua y el tratamiento y disposición de aguas residuales (Stein, 1988). No existen unos estándares establecidos para medir las condiciones de cada una de estas categorías, debido a que éstos pueden variar de acuerdo a las necesidades y sistemas de gobiernos de cada país. Una forma de evaluación de las infraestructuras públicas es realizar un análisis entre la infraestructura que se entiende es necesaria y los recursos físicos reales existentes. El alcanzar una infraestructura que cumpla con los requisitos para el establecimiento de un parque eco-industrial, va asido del establecimiento de una política pública enfocada en la ecología industrial.

Al momento de crear una *política pública* enfocada en la ecología industrial, se deben incluir varios elementos importantes como lo son: políticas de ecología, políticas de tecnología, políticas de investigación y desarrollo, políticas de seguridad nacional y

políticas económicas (Allenby, 1999). Según este autor existen seis pasos a seguir para establecer una política pública de ecología industrial:

- **Iniciación** – Es el reconocer la necesidad de una política pública; esto ocurre cuando se reconoce que se necesitan realizar cambios.
- **Estimación** – Es la evaluación de las políticas que cumplen con las necesidades previamente identificadas.
- **Selección** – Es el proceso de escoger la política que cumple con las necesidades ya evaluadas. Este es un proceso complicado debido a que hay que evaluar las condiciones económicas, políticas, culturales, ideológicas y teológicas del país.
- **Evaluación** – Es cuando se reta la política y se evalúan los posibles resultados de esta. También se evalúan los posibles resultados no deseados y cómo estos impactarían el proceso de revisión de la política.
- **Culminación** – Es el momento en el que la política ha generado los resultados esperados, o cuando la política es eliminada porque no cumple con los resultados esperados (Allenby, 1999).

Las políticas deben de ir enfocadas en un periodo de tiempo predeterminado, ya sea el corto plazo o el largo plazo. Lo ideal es la creación de políticas a corto plazo, que nos vayan llevando a lograr las políticas a largo plazo. Las políticas a corto plazo, por lo general, van enfocadas a resolver problemas específicos, mientras que las políticas a largo plazo se enfocan en realizar cambios culturales y sociales más profundos. Estos cambios, por su naturaleza, no son sencillos de realizar. Por esto, se deben establecer métricas en el corto plazo que ayuden a realizar los ajustes necesarios en las políticas establecidas y así alcanzar eventualmente eficiencia económica y eficiencia en el medio

ambiente, con el cual logremos un mundo sostenido (Allenby, 1999). Este autor ha reseñado seis aspectos que tienen un impacto muy significativo en el establecimiento de una política de ecología industrial:

- Forma de Gobierno – Independientemente del sistema de gobierno, las personas a través del globo terráqueo tienen conciencia de los problemas ambientales. El sistema de gobierno influenciará en la forma en que estas preocupaciones son expresadas.
- Riquezas – Los países con mayores recursos económicos pueden responder de forma más positiva a los retos ambientales, que los países pobres. Esto se debe a su habilidad para invertir en mejoras a las condiciones del medio ambiente y a su vez, mejoras en la calidad de vida.
- Tamaño del Mercado – Los países que acaparan una gran porción del mercado tienen mayor habilidad en establecer políticas ambientales que los países con una menor porción del mercado.
- Cultura e Ideologías – Cada país y cada cultura tienen una forma distinta de ver los problemas del medio ambiente y de abordar los mismos.
- Relación entre el sector privado y el público – La relación entre el sector privado y el público tiene mucha relación con el tipo de gobierno del país, el cual influye directamente en las políticas de ecología industrial.
- Factores que afectan el desarrollo – Existen cuatro factores que afectan el desarrollo de un país: la situación económica, la geografía, las políticas gubernamentales y los cambios demográficos. Estos factores influyen en la creación de las políticas de ecología industrial (Allenby, 1999).

En resumen, es sumamente importante realizar un análisis de la infraestructura necesaria para la creación y el establecimiento de un parque eco-industrial. El apoyo que el gobierno le brinde al mismo, establecerá la base para el éxito. También, deben establecerse políticas empresariales y políticas públicas, que sirvan de apoyo a las empresas que formen el parque eco-industrial. En las pasadas décadas se han publicado varios escritos sobre la política tecnológica en Puerto Rico, los cuales sustentan estas aseveraciones²⁹.

2.3 Los Conglomerados

La segunda parte de la revisión literaria, pretende analizar los escritos que le brindan apoyo al análisis estratégico de los conglomerados como herramienta de desarrollo económico de Puerto Rico. Para poder realizar este análisis, es de vital importancia entender lo que es un conglomerado y cómo funciona un parque industrial, para así comprender los beneficios que estos pueden brindar. El análisis estratégico del concepto de conglomerado como herramienta de desarrollo económico en Puerto Rico se realizará utilizando la teoría de los cuatro determinantes de M. Porter.

2.3.1 Parques Industriales

El concepto de un parque industrial es visto como un medio de evolución de la industria, por lo general tiene una misión relevante y debe estar en condiciones de ofrecer la infraestructura, edificación y servicios de la mejor calidad, además de ser eficiente y competitivo. Debido a la globalización de la economía, los tiempos actuales exigen parámetros de nivel internacional, donde los países y las industrias deberán tomar su

²⁹ Algunos de estos escritos se pueden encontrar en la ficha bibliografía, haciendo referencia a los siguientes autores: Colon (1998), Kawani (1980), Plan Chardin (1934), Colon (1994), Green (1998), del Valle (1996, 1999), Gonzalez y Almeda (1992).

lugar dentro de este contexto por medio de la generación de parques industriales. Luego de una intensa búsqueda de información de los parques industriales que se encuentran en proceso de desarrollo, y una evaluación de las características más relevantes para esta investigación, se ha determinado que hay dos parques industriales que deben ser analizados. Los parques industriales que serán estudiados como plataforma para el análisis de un conglomerado como herramienta de desarrollo económico en Puerto Rico son los parques industriales de Tucson y Singapur.

2.3.1.1 Tucson³⁰

El parque industrial *Tucson High-Tech Park* cuenta con sobre 1,200 empresas y 40,000 empleos relacionados a la alta tecnología que trabajan en conglomerados de tecnología que generan unos \$6 mil millones en ganancias al año. Actualmente, la ciudad de Tucson es considerada por la revista *Smart Money Magazine* como el tercer lugar más favorable para la localización de empresas. La revista *Forbes Magazine* considera la ciudad de Tucson como el lugar número 23, de una total de 200, para desarrollar negocios y una carrera profesional. El gobierno de Tucson se ha enfocado en que su infraestructura le pueda ofrecer apoyo a cualquier empresa, además de proveerles asistencia e incentivos para ayudarles a alcanzar sus metas. La ciudad de Tucson cuenta con los menores costos de mano de obra, materiales y utilidades en todos los Estados Unidos; con propiedades inmobiliarias abundantes, adquisitivos, incluyendo parques de investigación y desarrollo. Entre sus atractivos principales, Tucson ofrece la gran oportunidad de internacional los productos y/o servicios de las empresas que allí se localicen, en especial cuando México se encuentra a tan solo 60 millas de distancia.

³⁰ La información fue obtenida del website del parque industrial GTEC: <http://www.futurewest.com> (10/2003)

El parque industrial *Tucson High-Tech Park* cuenta con un Consejo Supremo Económico, conocido como GTEC³¹ (por sus siglas en inglés). GTEC inició un plan estratégico llamado *Greater Tucson Strategic Economic Plan* (GTSEP) el cual instituyó la base principal para el establecimiento del *Tucson High-Tech Park*. El plan estratégico GTSEP se enfocó primordialmente en proveer un marco general para las actividades de desarrollo económico dentro de la ciudad de Tucson y un marco que les ayudara a tomar las mejores decisiones con relación a la asignación de los recursos limitados. El plan estratégico GTSEP se estableció además, con el fin de optimizar la colaboración, coordinación y cooperación entre las distintas organizaciones implicadas activamente con el parque industrial *Tucson High-Tech Park*.

Son muchos los logros que el Consejo Supremo Económico de Tucson ha alcanzado, entre los que podemos mencionar:

- En el año 2002 se localizaron 5 empresas en el parque industrial *Tucson High-Tech Park*, de las cuales 4 reflejaron un impacto económico considerable creando 1,126 empleos, los cuales devengaron un total de \$28.3 millones en salarios. Esto generó un impacto en la economía local de \$80 millones e impuestos de \$2.4 millones.
- Ayudó en el establecimiento del Consorcio Internacional de Genomics y con este un instituto de investigación llamado *Translational Genomics Research Institute*, creando un enlace con tres universidades.
- Los especialistas de la corporación que constituye el parque industrial *Tucson High-Tech Park* han logrado alrededor de 400 contactos con industrias relacionadas a las

³¹ El nombre en inglés es Greater Tucson Economic Council.

ciencias (*Life Science Industries*) a través de todo los Estados Unidos y Europa al servir como fuentes para desarrollo de nuevas iniciativas.

- La junta GTEC asistió a 113 empresas, entre los años 1993 al 2001, en sus decisiones para expandirse o re-localizarse en el parque industrial *Tucson High-Tech Park*. Con esto se lograron crear 21,000 empleos directos y 21,000 empleos indirectos los cuales devengaron un total de \$633 millones en salarios directos y unos \$468 de salarios indirectos. Esto generó un impacto en la economía local de \$3.2 mil millones e impuestos de \$33 millones.
- El ingreso de los empleados dentro del condado de Pima se incrementó en \$5,500 (de 23,500 a 29,000) desde el año 1993 al 2000.
- Los esfuerzos legislativos en unión a la organización GTEC resultaron en varios beneficios a los ciudadanos. Se redujeron las contribuciones a la propiedad y se redujo en un 2% las contribuciones al estado. Se estableció una eliminación progresiva a los impuestos de las empresas que establezcan Investigación y Desarrollo³². Se aumentó en \$15 millones el fondo para ayudar en el desarrollo y adiestramiento de la fuerza trabajadora³³.

En términos generales, el parque industrial *Tucson High-Tech Park* se estableció bajo estrategias estudiadas y analizadas, las cuales han resultado en grandes beneficios económicos para los empleados, las empresas, el gobierno, las universidades y la ciudad en general. La ciudad de Tucson ha alcanzado ventaja competitiva sobre otras ciudades por medio del parque industrial *Tucson High-Tech Park*, al lograr ser altamente atractiva para las empresas que se encuentran en crecimiento y expansión.

³² Este incentivo dio comienzo en el año 2001.

³³ El aumento fue de \$3 millones en 1993 a \$18 millones en el 2001.

2.3.1.2 Singapur³⁴

El Parque de Ciencias de Singapur fue creado con el principal objetivo de lograr investigación y desarrollo e innovación, pretendiendo crear un ambiente atractivo para las empresas que tienen investigaciones vanguardistas. El Parque de Ciencias de Singapur estableció servicios de valor añadido, al igual que actividades sociales y recreacionales que facilitarían la interacción formal e informal entre las industrias, universidades y grupos de investigación del parque industrial. El Parque de Ciencias de Singapur se encuentra en el corazón del Corredor Tecnológico de Singapur.

El Corredor Tecnológico de Singapur es descrito como un área donde se encuentra una alta concentración de empresas que se basan en la investigación y desarrollo, universidades y centros de investigación y desarrollo. Se considera que al situar en una corta distancia una alta concentración de empresas que se basan en la investigación y desarrollo, universidades y centros similares, se establezcan redes de apoyo que den lugar a proyectos en colaboración en este tipo de actividad.

Este movimiento comenzó en el año 1982 cuando se localizó la primera empresa en el Parque de Ciencias de Singapur. El número de empresas localizadas en este parque ha aumentado de 117 en el año 1994 a 307 en el 2000. Alrededor de 44% de estas empresas son de Información Tecnológica. Actualmente el Parque de Ciencias de Singapur cuenta con 7,000 investigaciones, ingenieros y científicos. Como es de esperarse en un parque industrial especializado en la investigación y desarrollo, la mayoría de los empleados tienen estudios universitarios en Ciencias de Computadora, Ciencias o Ingeniería. Aproximadamente 52% de estos empleados tienen bachillerato,

³⁴ La información fue obtenida del website del Parque de Ciencias de Singapur: <http://www.sciencepark.com.sg/> (10/2003)

16% maestría y 12% doctorado. En términos generales, el Parque de Ciencias de Singapur se encuentra en un proceso de desarrollo de una iniciativa basada en la investigación y desarrollo e innovación. Con este enfoque, Singapur pretenden convertirse en el lugar de mayor atracción para las empresas de Información Tecnológicas y alcanzar ventaja competitiva sobre otros países al incentivar y atraer este tipo de empresa. Puerto Rico requiere hacer lo propio, pero a nuestro favor, por medio de establecer nuevas estrategias para impulsar la economía por medio de los conglomerados, con el fin de alcanzar su ventaja competitiva.

El economista M. Porter establece las estrategias mediante las cuales se puede alcanzar ventaja competitiva por medio del concepto de conglomerados. A continuación estas estrategias son explicadas a través del diamante de la competitividad³⁵ de los cuatro determinantes de M. Porter, la cual representa las condiciones básicas para la formación de los conglomerados.

2.3.2 Los conglomerados y los cuatro determinantes de la competitividad de M. Porter

Según mencioné en el primer capítulo, el Dr. Michael Porter (1990) define a un conglomerado como un grupo geográficamente próximo de compañías interconectadas e instituciones asociadas, en un campo en particular, vinculadas por características comunes y complementarias. El enlace geográfico de estos conglomerados va desde una región o una ciudad, hasta cubrir países cercanos. Incluye compañías de productos finales o servicios, proveedores, instituciones financieras y empresas en industrias conexas. También suelen incluir empresas que se encargan de las últimas fases de un

³⁵ Para efectos de esta investigación, competitividad es definida como la capacidad de una empresa u organización para sostenerse a través del tiempo en el entorno socioeconómico en el que actúa.

proceso, fabricantes de productos complementarios, así como instituciones que ofrezcan capacitación, investigación y apoyo técnico. Muchos conglomerados incluyen asociaciones gremiales y otros cuerpos colectivos.

Por lo general, en conglomerado cuenta con una industria primordial que puede constar de una o varias empresas ancla, las cuales son consideradas de mucha importancia en la economía local. Por lo general, las empresas ancla tienen recursos de producción y tecnologías similares, las cuales son suplidas por empresas contrincantes localizadas en la misma área. Otros miembros importantes en un conglomerado son clientes que adquieren el producto final, empresas de industrias relacionadas que producen productos complementarios, instituciones de apoyo y una entidad reguladora que influya en las decisiones de las empresas (Porter, 1998).

Cada día son más las empresas con fines similares o complementarios que tienden a ubicarse en zonas geográficamente cercanas³⁶. De esta manera, las empresas logran disminuir factores que incrementan sus costos, como lo puede ser la adquisición de su materia prima, o la distribución de su producto final. Este nuevo concepto hace que la *ventaja competitiva* tome un nuevo giro, creándose así una colaboración entre empresas del mismo sector económico. La ventaja competitiva está llevando hoy a los empresarios a tener un concepto claro acerca de la importancia del uso de los recursos de producción, y la necesidad de tener innovación. Según Porter (1990), existe un nuevo desafío a nivel gerencial y este consiste en alcanzar la innovación, de forma tal, que el éxito sea conexo con la ubicación geográfica de la empresa. Un conglomerado es una alternativa de

³⁶ Una empresa con fines complementarios puede ser una empresa suplidora o una empresa distribuidora de esta.

organización sólida, que permite obtener ciertas ventajas competitivas como flexibilidad y eficiencia en las diferentes actividades económicas.

Los conglomerados son el motor de las exportaciones y una atracción a la inversión extranjera. Estos conglomerados afectan positivamente a la competencia en tres aspectos: incrementan la productividad de las empresas, mejoran su capacidad para innovar y estimulan la creación de nuevas empresas. Es sumamente importante la concentración geográfica de técnicas y conocimientos especializados, instituciones, empresas rivales, empresas afines y clientes especializados que generen un entorno de negocios favorable con mayor flujo de información, mayores incentivos y ventajas de productividad difíciles de conseguir en otro lugar³⁷ (Porter, 1990).

El diamante de la competitividad³⁸ de los cuatro determinantes de M. Porter representa las condiciones básicas para la formación de conglomerados. Según Porter (1990), se destacan cuatro aspectos básicos en el clima de negocios que determinan las condiciones para la formación y el desarrollo de los conglomerados en un lugar determinado (referirse a Figura 2):

1. Las condiciones de los factores – Los factores, dígame capital e infraestructura física, información, sistema legal, universidades, habilidades, conocimientos, tecnología, fuerza laboral, recursos naturales, entre otros; deben mejorar su eficacia y calidad para así aumentar la productividad del conglomerado. En ocasiones estos factores deberán especializarse en las necesidades particulares del conglomerado, para así ayudar en los procesos de innovación y en la distinción del conglomerado.

³⁷ Esta es la ventaja competitiva que se puede alcanzar por medio del concepto de los conglomerados.

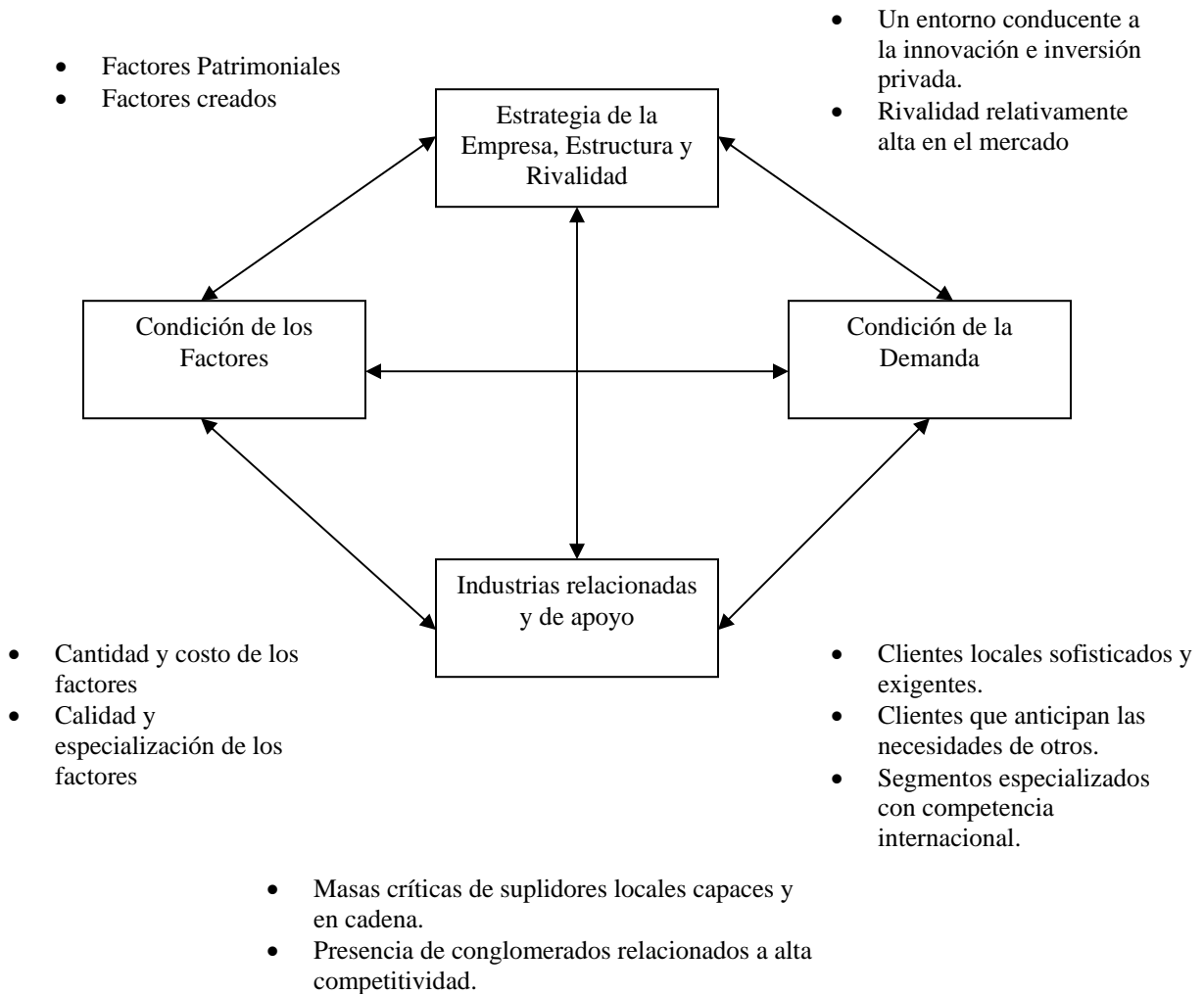
³⁸ Para efectos de esta investigación, competitividad es definida como la capacidad de una empresa u organización para sostenerse a través del tiempo en el entorno socioeconómico en el que actúa.

2. Las estrategias, la estructura y la rivalidad de las empresas – La estrategia y rivalidad de las empresas, se refiere a los incentivos y normas que rigen la intensidad de la rivalidad local. Las economías con baja productividad se caracterizan por tener poca rivalidad local, donde la mayor competencia proviene de las importaciones. Por tal razón, es importante que exista una rivalidad sólida, que no se enfoque en reducir los salarios para poder competir, sino que se enfoque en reducir los costos. Esto se puede lograr por medio de mejoras en la eficiencia manufacturera, prestación de servicios y diferenciación de productos. La competencia debe desplazarse de la imitación a la innovación, y de una baja inversión a una alta inversión³⁹, tanto en activos tangibles (edificios, equipos, etc.) como intangibles (tecnologías, destrezas, etc.).
3. Las condiciones de la demanda interna – La demanda tiene gran influencia en las empresas que estudian la posibilidad de cambiar de imitadores de productos y servicios de baja calidad, a una competencia basada en la diferenciación. Las empresas deben enfocarse en los mercados locales exigentes y no en los mercados extranjeros. La presencia o surgimiento de clientes nacionales sofisticados y exigentes, presiona a las empresas a mejorar y les permite discernir entre las necesidades existentes y las futuras, lo cual es difícil de hacer con los mercados extranjeros. La demanda local también puede revelar segmentos del mercado donde las empresas se pueden diferenciar.
4. Industrias afines y de apoyo – Un conglomerado provee la oportunidad de adquirir recursos de producción de calidad superior, a menor costo que recursos de producción especializados, tales como componentes, maquinaria, servicios y recursos humanos.

³⁹ Las inversiones están sujetas a la condición de varios factores, como lo son la estabilidad macroeconómica y política, el sistema tributario, políticas laborales y reglas de propiedad intelectual, entre otros, de un país.

Se reducen los costos y las demoras relacionadas a la transportación de los recursos de producción y se minimizan los costos de inventario. El conglomerado puede ser un medio más eficaz para reunir los recursos de producción, siempre que disponga de competidores locales competitivos. Un conglomerado facilita la comunicación, reduce costos de adaptación y facilita la presentación conjunta de servicios auxiliares o de apoyo. Un conglomerado desarrollado no sólo consiste en una industria, si no de las empresas más afines que por lo general tienen recursos de producción comunes o muy parecidos que expanden las oportunidades para los proveedores (Porter, 1990).

Figura 3: Diamante de los cuatro determinantes de M. Porter⁴⁰



⁴⁰ Adaptación de la figura del diamante de los cuatro determinantes de M. Porter (1990) del libro "The Competitive Advantage of Nations" The Free Press, New York.

Estos cuatro factores influyen en la forma en que las empresas generan, mantienen o pierden su ventaja competitiva. Esto se debe a que las empresas operan en entornos geográficos, económicos, sociales y culturales específicos los cuales se deben considerar al momento de analizar las estrategias de competitividad. La interacción de estas cuatro fuentes de competitividad es lo que crea un conjunto de condiciones especiales que influyen en la formación de los conglomerados. A la vez, la dinámica de los conglomerados influye en la estructura de la competencia, en la oferta de los factores, en las características de la demanda y en las industrias afines y de apoyo; en este sentido, se le puede considerar al conglomerado como el quinto punto del “diamante de competitividad”.

En resumen, un conglomerado afecta las ventajas competitivas en tres sentidos: aumentando la productividad de las empresas y de las industrias a las cuales pertenecen, mejorando la capacidad de innovación de empresas e industrias y estimulando la formación de nuevas empresas que amplíen y profundicen en las ventajas aportadas por el conglomerado. Si las empresas que componen el conglomerado compiten intensamente entre sí en el mercado local e innovan de modo permanente, las empresas alcanzarán una alta productividad y por ende una alta calidad en sus productos. En las pasadas décadas se han publicado varios escritos sobre el desarrollo económico de Puerto Rico, los cuales sustentan estas aseveraciones⁴¹.

Con esta investigación se pretende que las industrias del oeste de Puerto Rico integren estos conceptos a su forma de operación y alcancen ventajas competitivas por

⁴¹ Algunos de estos escritos se pueden encontrar en la ficha bibliografía, haciendo referencia a los siguientes autores: CEREP (1984), de Jesús (1995), Echenique (1976), Maldonado (1974), Navas y Hermenegildo (1975), Ortiz (1981), Oyola (1986), Puchi (1984), Ramírez (1988), Rodríguez (1999), Ruiz (1982), Tobin (1976) y Villamil (1986).

medio del apoyo del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico (PRTEC). Para que estas estrategias sean efectivas y provean beneficios reales es indispensable una organización que le apoye y le dé seguimiento a las iniciativas que se vayan delineando para beneficio de las empresas, la comunidad y el país. Por esto, es importante entender cual es el papel del Corredor Techno Económico de Puerto Rico con relación al análisis estratégico de los conglomerados y la simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico en Puerto Rico.

2.4 Corredor Tecno Económico de Puerto Rico (PRTEC)

El Corredor Tecno Económico de Puerto Rico (PRTEC) es una organización sin fines de lucro, relativamente nueva que se encuentra en el oeste del país. Esta organización fue incorporada en el 2001 con el *objetivo principal* de estimular el desarrollo industrial y la economía de la región oeste. El Corredor Tecno Económico de Puerto Rico tiene metas establecidas con las que espera impulsar la economía, la infraestructura, la educación y el ámbito social. El PRTEC pretende contrarrestar la disminución de empresas manufactureras, causada por la eliminación de las leyes de incentivos contributivos federales que ha afectado la isla en los pasados años. (Rivera, 2003)

El Corredor Tecno Económico de Puerto Rico es una asociación pública-privada la cual es representada por el Gobierno de Puerto Rico (representado por La Compañía de Fomento Industrial de Puerto Rico – PRIDCO), la academia (representada por la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez) y la industria privada (representada por varias industrias del oeste de Puerto Rico). La *misión* del PRTEC es “permitir el desarrollo económico de Puerto Rico, con un énfasis particular en la comercialización global de nueva e innovadora tecnología”. La *visión* del Corredor Tecno Económico de Puerto

Rico es “lograr un ambiente ideal y particularmente atractivo que promueva la innovación, el desarrollo y comercialización en la nueva economía global”. Las *metas principales* del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico, según resumió Santos (2002), presidenta actual del PRTEC y Gerente General de Hewlett Packard en Puerto Rico, son las siguientes:

- Lograr que Puerto Rico sea grandemente reconocido como un líder y centro de alta tecnología en el ámbito mundial.⁴²
- Mejorar la calidad de vida de los ciudadanos de Puerto Rico logrando que la isla sea un mejor lugar tanto para vivir, como para trabajar.
- Retener los empleos existentes
- Crear nuevos empleos
- Atraer nuevas industrias
- Apoyar y desarrollar la investigación y desarrollo (R&D)
- Apoyar y desarrollar la cultura empresarial (Santos, 2002)

El Corredor Tecno Económico de Puerto Rico ha diseñado su estructura basándose en otras organizaciones públicas-privadas a través del mundo, que intentan de igual manera mejorar la competitividad industrial en su región. Basándose en esto, el PRTEC estableció dos conglomerados de industrias principales y con fuerte base industrial en Puerto Rico: “Computer and Information Technology”, que son las industrias manufactureras de electrónica y computación y “Medical Devices”, que son las industrias que manufacturan dispositivos médicos (Rivera, 2003). Además de estos conglomerados,

⁴² Puerto Rico ha adquirido conocimiento tecnológico, pero no es un creador de tecnologías. Puerto Rico es un adaptador de la tecnología de los Estados Unidos.

el PRTEC cuenta con un grupo de compañías farmacéuticas y de biotecnología, al igual que un conglomerado de turismo de la costa oeste de Puerto Rico. El Corredor Tecno Económico de Puerto Rico se encuentra en planes de incluir compañías de “Software” y “Aerospace” (Rivera, 2003). Para complementar los conglomerados industriales, se crearon tres grupos de trabajos estratégicos: ambiente social, ambiente financiero e infraestructura competente. (Morell, 2002; Santos, 2001).

Las *empresas* que actualmente son parte del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico son⁴³:

- Allergan Medical Optics
- Edwards Lifesciences
- EMS Inc.
- Hewlett Packard Puerto Rico
- MS&SS
- MSL of Puerto Rico
- Nypro Puerto Rico
- PCB Horizon
- Sensormatic Electronic Corp
- Solectron Puerto Rico Inc.
- Tecno Plastics Industry Inc.
- Thermometrics
- TNT
- Tecnum

⁴³ Debido a que el PRTEC se encuentra en sus etapas iniciales, este listado podría cambiar eventualmente.

- Avent
- Phoenix Cable
- Metaltech
- Onopa Management
- Khronos
- Symmetricon (Rivera, 2003)

El Corredor Tecno Económico de Puerto Rico tiene varias estrategias para poder lograr las metas establecidas. Las estrategias, según definidas por Santos (2002), son:

- Crear conglomerados industriales
- Apoyo al ambiente social
- Ambiente financiero atractivo
- Infraestructura competente y confiable
- Relaciones públicas y de mercadeo

Una vez completada la revisión de las publicaciones previas de mayor importancia utilizadas mediante esta investigación, pasaremos a establecer la *metodología* necesaria para realizar el análisis estratégico de los conglomerados y la simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico en Puerto Rico.

3.0 Metodología

3.1 Introducción

Esta investigación ha sido dividida en tres etapas principales. En la *primera etapa* se realizó un estudio del concepto de simbiosis industrial y sus beneficios. Además, incluye un análisis del flujo de materiales de las empresas del oeste de Puerto Rico con el fin de determinar si los conceptos de simbiosis industrial pueden ser aplicados en dichas empresas. La *segunda etapa* comprende de un análisis de las características necesarias para la aplicación de simbiosis industrial dentro de un parque eco-industrial. La *tercera etapa* presenta un análisis de las características necesarias en Puerto Rico para la aplicación del concepto de conglomerados en las industrias del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico. La descripción de las tareas realizadas para las tres etapas es la clave fundamental para el entendimiento a cabalidad de los objetivos y los resultados obtenidos, por lo que la misma será discutida a continuación.

3.2 Etapa I: Análisis del flujo de materiales y la aplicación de la simbiosis industrial en las industrias del oeste de Puerto Rico.

La primera etapa consiste en un análisis estratégico de la simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico en Puerto Rico. Durante esta primera etapa se realizó un estudio del concepto de simbiosis industrial, su aplicabilidad en Puerto Rico y los múltiples beneficios que de ésta se pueden obtener. Una vez analizado esto, se pasó a realizar un análisis del flujo de materiales de las industrias del oeste de Puerto Rico con el fin de determinar si es posible la aplicación de simbiosis industrial en dicha zona. A continuación se detallan los pasos que componen en la primera etapa:

- Se realizó un estudio de los conceptos de simbiosis industrial y sus beneficios en la aplicación de conglomerados.
- Se contactó la Compañía de Fomento Industrial de Puerto Rico con el fin de obtener información sobre las empresas localizadas en el oeste de Puerto Rico.
- Se identificaron las empresas que forman parte del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico y las empresas con potencial para la aplicación del concepto de simbiosis industrial.
- Se estudiaron distintos parques eco-industriales y los métodos utilizados en sus respectivos análisis de flujo de materiales con el fin de identificar el mejor modelo a seguir.
- Se diseñó un cuestionario para recopilar la información necesaria para el análisis del flujo de materiales de las empresas previamente identificadas.
- Se establecieron los contactos con las industrias utilizando la información obtenida de Fomento Industrial de Puerto Rico. Se contactó primero al personal de Recursos Humanos con el fin de informarle los objetivos de la investigación, hacerle llegar una carta explicativa de los fines de la investigación y un acuerdo de confidencialidad.
- El departamento de Recursos Humanos de cada empresa nos ayudó a identificar la persona a ser nuestro contacto durante la investigación. A esta persona se le hizo llegar el cuestionario para recopilar la información necesaria para el análisis de flujo de materiales de las industrias del oeste de Puerto Rico.
- Se estableció un itinerario de visitas con todas las empresas incluidas en la investigación con el fin de aclarar dudas relacionadas al cuestionario.

- Se recopiló la información de los cuestionarios y esta fue tabulada con el fin de identificar si existía la posibilidad de aplicar el concepto de simbiosis industrial en las industrias del oeste de Puerto Rico.
- Se establecieron conclusiones y recomendaciones basadas en la información recopilada.

3.3 Etapa II: Análisis de la simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico para Puerto Rico.

La segunda etapa es una continuación del enfoque en simbiosis industrial, pero en esta ocasión los esfuerzos fueron dirigidos al análisis de las características necesarias en Puerto Rico para la aplicación de simbiosis industrial dentro de un parque eco-industrial. Esta etapa se llevó a cabo mediante las siguientes actividades:

- Se realizó una investigación exhaustiva de la literatura disponible relacionada a parques eco-industriales. Se estudiaron parques eco-industriales que se encuentran operando efectivamente⁴⁴ a través del mundo.
- Se identificó el mejor modelo a seguir de entre los parques eco-industriales estudiados y se identificaron las características que les permitió alcanzar una implementación exitosa.
- Se realizó un estudio del estatus de Puerto Rico en términos de las posibilidades para el desarrollo de un parque eco-industrial exitoso y las características previamente identificadas del mejor modelo a seguir.

⁴⁴ Se debe tomar en consideración que esta característica puede cambiar mediante el transcurso de la investigación.

- Se realizó un estudio exhaustivo de los distintos beneficios económicos y ecológicos que los parques eco-industriales le han brindado a sus países y se identificaron cuáles de estos beneficios son aplicables a Puerto Rico.
- Se establecieron conclusiones y recomendaciones basadas en la información recopilada.

3.4 Etapa III: Análisis de los conglomerados como herramienta de desarrollo económico para Puerto Rico.

El enfoque principal de la tercera etapa fue el análisis de las características necesarias en Puerto Rico para la aplicación del concepto de conglomerados en las industrias del oeste de Puerto Rico. La etapa final incluyó las siguientes actividades:

- Se realizó una investigación exhaustiva de la literatura disponible relacionada a los parques industriales y el concepto de conglomerados industriales.
- Se estudiaron los parques industriales que se encuentran operando efectivamente a través del mundo con el fin de estudiar las características y técnicas utilizadas para la implementación exitosa de estos parques industriales.
- Se realizó una comparación del estatus de Puerto Rico vs. las características necesarias para una implementación del concepto de conglomerados y establecer un parque industrial exitoso.
- Durante el estudio de los parques industriales, se identificaron características que sirvieron de escollos en la implementación exitosa del mismo. Estas características fueron comparadas con el estatus de Puerto Rico.

- Se establecieron conclusiones y recomendaciones basadas en la información recopilada.

4.0 Resultados

4.1 Introducción

El *objetivo principal* de esta investigación es la realización de un análisis estratégico de los conceptos de *conglomerados* y *simbiosis industrial* como herramienta para el desarrollo económico de Puerto Rico. Con el fin de alcanzar el objetivo principal, se definieron los siguientes objetivos específicos:

- Análisis del flujo de materiales de las industrias del oeste de Puerto Rico con el fin de determinar si existe potencialidad en la aplicación de la simbiosis industrial en las industrias del oeste de Puerto Rico.
- Identificar las características necesarias para la aplicación de los conceptos de conglomerados industriales y simbiosis industrial en las industrias del oeste de Puerto Rico.
- Análisis de la situación de Puerto Rico ante las características previamente identificadas.
- Análisis de los conglomerados como ventaja competitiva a la luz de la teoría del Dr. Michael Porter.
- Análisis de la importancia de la política pública para la aplicación exitosa de los conceptos de conglomerados y la simbiosis industrial en las industrias del oeste de Puerto Rico.

Los resultados han sido dividido en cuatro partes. La primera parte son los resultados enfocados en el concepto de simbiosis industrial, la segunda parte se enfoca en los resultados de la investigación basado en el concepto de conglomerados. La tercera parte

son los resultados del análisis de los conglomerados como ventaja competitiva a la luz de la teoría de M. Porter, y la cuarta parte es un análisis de la importancia de una política pública que le ofrezca apoyo a los conceptos de conglomerados y simbiosis industrial de forma tal que estos puedan ser establecidos en Puerto Rico con éxito. Estos resultados nos llevarán a establecer las conclusiones del análisis estratégico de los conglomerados y la simbiosis industrial como herramienta de desarrollo económico en Puerto Rico.

4.2 Simbiosis industrial en los conglomerados del Corredor Tecnológico Económico de Puerto Rico:

4.2.1 Análisis del flujo de materiales

Mediante el análisis de flujo de materiales se pudo obtener información sobre el posible intercambio de materiales, la potencialidad de reducir el envío de materiales a los vertederos y posibilidad de crear nuevos conglomerados entre estas empresas. El análisis del flujo de materiales nos provee las cantidades del material que necesita o descarta una empresa en términos de libras o unidades, lo que nos ayuda a visualizar de manera uniforme las cantidades que se requieren y/o se descartan entre estas empresas. La idea es crear un círculo cerrado de materiales, donde el material que descarta una empresa pueda ser reusado por una o varias empresas, de forma tal que se minimice el material que es descartado en los vertederos.

Al comienzo de esta investigación fueron contactadas un total de cuarenta empresas con el fin de realizar el análisis de flujo de materiales. El primer paso fue contactar al departamento de recursos humanos de cada una de las empresas con el fin de explicarle los objetivos de la investigación y la información que requeriríamos de su

empresa. De las empresas inicialmente contactadas un 20% (8) nos indicó que no les interesaba participar de la investigación, un 22.5% (9) no nos proveyeron los datos completos y un 57.5% (23) nos proveyó de la información necesaria para la investigación. Es importante recalcar que la información que se ha recopilado es una preliminar. En un futuro, la misma debe ser recopilada de forma más consistente por las empresas y mantener un registro constante de las cantidades exactas tanto de la materia prima, como del material que es descartado por cada empresa⁴⁵.

Una vez analizado el flujo de materiales de las 23 empresas que nos proveyeron de la información requerida, pudimos apreciar que existe oportunidad para establecer simbiosis industrial dentro de los conglomerados del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico y/o establecer nuevos conglomerados donde exista intercambio de materiales. La Tabla 2 nos muestra de forma descendente los materiales que son descartados y/o necesitados por las empresas y proveen oportunidad para establecer simbiosis industrial. Los materiales que mayor oportunidad ofrecen para la simbiosis industrial son el plástico, componentes electrónicos, cartón, sedimentos, pegamentos, tintas, aceites, vidrio, ácidos, paños de tela, madera, metales, lubricantes, papel y alcohol isopropano. Los materiales que se deben de vigilar más de cerca para determinar si podrían ofrecer una oportunidad potencial para la aplicación de la simbiosis industrial lo son el flux, detergentes, solventes, pintura cobertora, cloruro de polivinilo (PVC), acetona, xelene y el aluminio. Otros productos, como lo son la espuma (“foam”), arena, carbón, bronce, paneles de computadoras personales, cables, pasta de soldar, funda de papel, metales, tolueno, metanol, cloroformo, drones y el plomo, entre otros, no proveen

⁴⁵ Ver limitaciones de la investigación en el Capítulo 1 para más detalles.

oportunidad para simbiosis industrial debido a que las empresas no descartan estos materiales o simplemente reciclan el total de lo que se descartan. Por medio del análisis del flujo de materiales de las empresas que pertenecen al Corredor Tecno Económico de Puerto Rico y empresas con potencial⁴⁶ para pertenecer a este, podemos decir que existe información substancial para que la simbiosis industrial sea aplicada en los conglomerados del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico. La aplicación de la simbiosis industrial en las empresas del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico le puede ofrecer grandes beneficios a las empresas, la comunidad y al medio ambiente.

Tabla 2: Análisis del Flujo de Materiales

Tipo de producto	Unidad	Entrada de Material	Salida de Material	Material Reciclado	Oportunidad	Empresas
Plástico	Libras	15,128,234	3,456,876	754,998	2,701,878	9
Componentes electrónicos	Unidades	50,000,000,000	1,500,000	0	1,500,000	1
Cartón	Libras	16,929,546	1,722,630	1,166,498	556,132	17
NMP	Libras	352,507	308,000	0	308,000	1
Sedimentos	Libras	195,340	123,870	0	123,870	2
Pegamentos	Libra	117,124	95,435	0	95,435	12
Tintas	Libras	194,531	90,406	35	90,371	5
Aceites	Libras	15,374	83,182	1,280	81,902	7
Vidrio	Libras	1,838,300	73,440	2,300	71,140	1
Ácidos	Libra	156,123	53,139	0	53,139	5
Paños	Libras	3,600	46,240	100	46,140	6
Madera	Libras	2,145,060	1,096,499	1,056,199	40,300	15
Aleación de Metales	Libras	187,967	39,671	8,225	31,446	4
Lubricantes	Libras	16,000	18,200	0	18,200	2
Papel	Libras	36,719	772,109	755,508	16,601	14
Alcohol Isopropano	Libras	66,827	17,778	2,308	15,470	10
Flux	Libras	290,800	5,195	123	5,072	6

(continua próxima página)

⁴⁶ La potencialidad de estas empresas es basada en la proximidad en distancia con empresas que ya pertenecen al PRTEC y en la cantidad de materiales que requieren y/o descartan.

Tabla 2: Análisis del Flujo de Materiales (continuación)

Tipo de producto	Unidad	Entrada de Material	Salida de Material	Material Reciclado	Oportunidad	Empresas
Detergentes	Libra	7,816	4,320	0	4,320	1
Solventes	Libras	22,475	13,600	9,600	4,000	3
Pintura cobertura ("Coatings")	Libra	2,350	657	0	657	5
Cloruro de polivinilo (PVC)	Libra	500	475	0	475	1
Acetona	Libra	358	115	0	115	3
Xelene	Libra	2,200	80	0	80	1
Aluminio	Libras	36,543	19,122	19,069	53	8
Arena	Libra	6,002,134	391,000	391,000	0	2
Carbón Steel	Libra	3,625,940	761,220	761,220	0	1
Bronce	Libras	709,606	323,230	323,230	0	1
PC Boards	Libras	218,750	112,064	112,064	0	4
Drones	Libras	26,840	45,041	45,041	0	2
Plomo	Libras	110,344	160,250	160,250	0	4
Cables	Libras	50,000	13,000	13,000	0	2
Pasta de soldar	Libra	17,974	4,924	4,924	0	1
Metales	Libra	4,867	2,400	2,400	0	1
Herramientas livianas	Libra	2,580	630	630	0	1
Duraflo	Libra	1,347	784	784	0	1
Espuma ("foam")	Libras	7,051,168	0	0	0	2
Fundas de papel	Libras	12,830	0	0	0	2
Dow corning 200	Libra	440	0	0	0	1
Mineral Spirt	Libra	440	0	0	0	1
Disolvente	Libra	408	0	0	0	1
Epoxy	Libra	368	0	0	0	1
Methyl Chloride	Libra	300	0	0	0	1
Ethyl Acrylate	Libra	270	0	0	0	1
Acetronile	Libra	175	0	0	0	1
Cyclohexanone	Libra	67	0	0	0	1
Tolueno	Libra	45	0	0	0	1
Metanol	Libra	11	0	0	0	1
Cloroformo	Unidades	10	0	0	0	1
Ethylene Oxide	Libra	10	0	0	0	1

4.2.2 Beneficios de la simbiosis industrial en las empresas, la comunidad y el medio ambiente

La simbiosis industrial le puede brindar grandes beneficios tanto a las empresas, la comunidad, como al medio ambiente. Las *empresas* pueden obtener reducción en los costos al disponer de sus desperdicios, debido a que la cantidad de material que será descartada luego de la simbiosis industrial se reduce o se anula. Así mismo, las empresas pueden obtener reducción en los costos de adquirir materiales, al identificar empresas que descartan materiales que estos podrían usar como materia prima. El intercambio de estos materiales mejora las relaciones entre las empresas y crean un ambiente colaborador de mejorar el medio ambiente continuamente.

Por otro lado, la *comunidad* se beneficia grandemente de la simbiosis industrial. La reducción en costos que las empresas tendrían a través de la simbiosis industrial ayudaría a aumentar sus ganancias, siendo más estables y teniendo una empleomanía más fija y segura. Además, la simbiosis industrial ofrece la oportunidad de que se puedan establecer nuevas empresas que complementen el flujo de materiales de la simbiosis industrial, creando a su vez nuevos empleos. La comunidad se verá directamente beneficiada por la simbiosis industrial, fomentado a su vez el apoyo comunitario en conservar el medio ambiente.

Todo esto nos lleva al beneficio principal: el *medio ambiente* del que vivimos. El principal impacto que el medio ambiente recibe es la reducción en el volumen de material sólido en los vertederos, ayudando a su vez a reducir la contaminación. Tanto los beneficios que puede obtener las empresas, la comunidad y el medio ambiente son

beneficios que los parques eco-industriales han alcanzado por medio de la simbiosis industrial. Existe una serie de características que un parque industrial debe cumplimentar para poder convertirse en un parque eco-industrial donde se pueda aplicar la simbiosis industrial, creando conglomerados exitosos, de forma tal que se puedan obtener los beneficios antes mencionados.

4.3 Características necesarias para la aplicación de la simbiosis industrial y la creación de conglomerados exitosos para el Corredor Tecno Económico de Puerto Rico

Luego de establecer la viabilidad de aplicar simbiosis industrial en las industrias pertenecientes al Corredor Tecno Económico de Puerto Rico y empresas con potencial⁴⁷ para pertenecer a este, se establecieron los posibles beneficios que las empresas, la comunidad y el medio ambiente pueden obtener en su aplicación. Pero, para alcanzar tales beneficios existen unas características necesarias para que la simbiosis industrial funcione y se puedan crear conglomerados exitosos. Durante la investigación logramos identificar varias características indispensables para que la simbiosis industrial funcione adecuadamente. Entre estas se encuentra el establecer un actor líder local, establecer contratos entre las empresas, aproximación física y mental, publicidad, asegurar la democratización de beneficios, mantener enfoque, representante individual, confianza en el modelo, disponibilidad de recursos, coordinación y cooperación entre las partes, toma de decisiones, vulnerabilidad de las empresas, la comunicación y la disciplina de seguimiento. A continuación se explicarán cada una de estas características y se

⁴⁷ La potencialidad de estas empresas es basada en la proximidad en distancia con empresas que ya pertenecen al PRTEC y en la cantidad de materiales que requieren y/o descartan.

analizara la situación del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico frente a cada una de estas.

- **Actor líder local** – Es importante la existencia de un actor líder local que tome el liderazgo, que convoque, coordine las acciones y mantenga la cohesión del equipo. Esto ayudará a que los proyectos propuestos no se queden como simples planeamientos, si no que los mismos sean dirigidos y coordinados con el fin de que sean llevados a cabo. El PRTEC cuenta con la empresa Hewlett Packard como empresa ancla de este movimiento, siendo desde esta empresa donde se han realizado la mayor parte de las gestiones relacionadas a la organización.
- **Contratos** – Las empresas que deciden participar de la simbiosis industrial, en los parques eco-industriales más exitosos, han establecido contratos donde se establecen los intercambios de materiales que se efectuarán. Esto ayuda a crear un compromiso real entre estas empresas. Dentro de las empresas que son parte del PRTEC no existe ningún tipo de contrato donde se establezcan los acuerdos y responsabilidades. Este tipo de gestión le puede brindar al PRTEC una mayor estabilidad y se podría apreciar un mayor compromiso por parte de las empresas que sean parte del PRTEC.
- **Aproximación física y mental** – Tanto los parques industriales como los parques eco-industriales exitosos tienen en común que las empresas participantes se encuentran a una distancia relativamente corta. De igual manera se puede apreciar que se mantiene una comunicación constante donde se comparten necesidades e ideas en común. Una de las mayores ventajas del PRTEC es la aproximación de las empresas del oeste de Puerto Rico, lo que puede facilitar el movimiento de materiales en la formación de los conglomerados. Sin embargo, la aproximación mental necesita

de un mayor esfuerzo. La organización del PRTEC debe establecer un patrón más seguido de reuniones y mantener una mayor comunicación entre los líderes que componen la organización. Por otro lado, los líderes de las empresas deben comunicarle a sus asociados los beneficios de estas asociaciones, a la vez que esta información debe ser transmitida a la comunidad en general.

- **Publicidad** – Las organizaciones que representan los parques industriales y parques eco-industriales han logrado ser exitosos, en parte, por la comunicación constante de sus metas y de sus logros. Esto motiva a otras empresas, tanto dentro del país, como del exterior a ser parte de estos parques debido al renombre que es adquirido por los logros alcanzados. El PRTEC debe preocuparse por que todas las actividades y logros que sean alcanzados, desde sus comienzos, sean conocidos por las empresas que son partes del PRTEC, por las empresas que no lo son, por las universidades y los educadores, y por la comunidad en general. Se debe establecer un sistema de mercadeo que llegue a todos estos sectores como lo pueden ser los mismos miembros de la organización, un website de Internet donde se provea información actualizada y por medio de artículos publicados de forma periódica en los principales rotativos de Puerto Rico.
- **Democratización de los beneficios** – Es importante que todos los participantes dentro del conglomerado entiendan claramente los beneficios que pueden obtener como parte de este y que no tengan la errónea percepción de que un sector se beneficiara más que otro. Desde un inicio se debe insistir en el objetivo fundamental de mejorar la plataforma competitiva de negocios para todos los miembros del conglomerado, respondiendo a las necesidades del sector general, y no a problemas

- particulares de unas pocas empresas. El PRTEC debe asegurarse de que ninguna empresa se beneficie más que otra, o que se tomen decisiones que beneficien a un sector en particular, debido a que esto puede crear la pérdida de fe en la organización.
- **Enfoque** – Los parques industriales y los parques eco-industriales han demostrado mantener un enfoque específico y dirigen sus esfuerzos a este. El PRTEC ha establecido un enfoque específico delineado así en su política organizacional. El PRTEC debe incluir en su enfoque la simbiosis industrial como un método para alcanzar sus metas y objetivos.
 - **Representante por empresa** – Las empresas que son parte de los parques eco-industriales tienen una persona que les representa y se encuentra encargada de todas las gestiones relacionadas al parque. En el caso del PRTEC, existen representantes a nivel gerencial, pero estos, por sus variadas responsabilidades, no pueden cumplir con algunas tareas necesarias para establecer un parque eco-industrial. Por ejemplo, cuando se establezca la recopilación de los datos para el análisis del flujo de materiales de las empresas, es sumamente necesario que cada empresa asigne un recurso para que se dedique completamente a mantener las cantidades exactas de la materia prima, del material descartado y del material que es reciclado.
 - **Confianza en el modelo** – Las personas involucradas en el proceso deben entender claramente lo que significa funcionar como conglomerado y estar racionalmente convencidos de los potenciales beneficios que se pueden obtener de la coordinación y el trabajo en conjunto. Es responsabilidad de la directiva del PRTEC el transmitir esta información y asegurarse que todos los miembros están conformes, son escuchados y

tienen clara la visión, misión y objetivos de la organización. Esta es la única forma de obtener un compromiso real por parte de los miembros de la organización.

- **Disponibilidad de recursos** – Los proyectos resultantes de los conglomerados generalmente representan una inversión de recursos, entre estos, mejoras de infraestructura, promoción internacional, investigación y desarrollo. Es sumamente importante el tener los recursos disponibles para así poderle dar inicio a los proyectos identificados por los miembros del conglomerado, de lo contrario, el conglomerado comenzara a perder fuerzas. Cuando se comienza a trabajar en un proyecto dentro del conglomerado y el mismo ofrece resultados concretos, comienza un efecto multiplicador en el entusiasmo de todos los participantes y se convierte en un fuerte impulso para alcanzar mas resultados a mediano y largo plazo dentro del proceso. El PRTEC debe establecer metas específicas, donde todas las empresas que pertenecen a esta organización se beneficien y se puedan utilizar los recursos disponibles de la forma mas apropiada posible. Una vez se vean alcanzada las metas, se lograra un mayor compromiso por parte de los miembros de la organización.
- **Coordinación y cooperación entre las partes** – La coordinación dentro de todas las instituciones relevantes del gobierno, las instituciones universitarias y todas las instituciones relevantes del sector privado es el primer paso, repartiéndose de forma lógica las responsabilidades y evitando la duplicidad innecesaria de funciones. Una vez el PRTEC halla adquirido este nivel de eficacia, es que tiene sentido hablar de coordinación entre el gobierno, las instituciones universitarias y el sector privado, no antes.

- **Toma de decisiones de las empresas** – El PRTEC debe enfocarse en atraer pequeñas y medianas empresas, debido al control en la toma de decisiones que estas tienen. Las empresas grandes por lo general tienen sus oficinas principales en los Estados Unidos y las oficinas administrativas de Puerto Rico necesitan consultar todas sus decisiones relacionadas a las inversiones con estos. Esto dificulta el que las empresas grandes puedan invertir dinero, tiempo y/o recursos de la forma que es necesaria para poder impulsar esta organización en sus inicios. En cambio, las pequeñas y medianas empresas por lo general tienen sus oficinas principales en Puerto Rico, proveyéndole a las empresas mayor autoridad para la toma de decisiones.
- **Experiencia de vulnerabilidad** – Otro gran beneficio que los conglomerados exitosos han experimentado es cuando ocurre un suceso infortunado⁴⁸ en común, este se convierte en un aliciente muy eficaz para obtener cooperación entre los integrantes del conglomerado. Este tipo de evento puede ayudar a unir el conglomerado en la búsqueda de soluciones en común. Puerto Rico, por su naturaleza misma, le permite el unir esfuerzos y buscar soluciones a posibles situaciones infortunadas que se presentan anualmente, como por ejemplo en la época de huracanes.
- **Mayor comunicación** – Las juntas de directivos de los parques industriales exitosos se reúnen en un periodo corto de tiempo y de forma periódica, ya sea semanal o quincenal, esto les ayuda a mantener comunicación constante, mantener control de los proyectos en proceso y el estatus de los mismos, a la vez que pueden identificar posibles situaciones contradictorias y atacarlas a tiempo. Es necesario que el PRTEC

⁴⁸ Con suceso infortunado nos referimos a eventos como tormentas, huracanes, sequías o alguna catástrofe natural a la que todos los miembros del parque eco-industrial estén expuestos de igual manera.

establezca una reunión regular⁴⁹, en un periodo corto de tiempo, esto ayudará a aumentar la comunicación dentro de la junta del PRTEC y se lograrán más y mejores resultados.

- **Disciplina de seguimiento** – Para lograr los resultados esperados es sumamente importante una firme disciplina de trabajo de parte de todos los participantes del conglomerado. Por lo general, este tipo de proceso comienza con un alto entusiasmo de todos los involucrados, pero paulatinamente esto disminuye hasta prácticamente desaparecer. Por esto, el mantener la disciplina de seguimiento de trabajo y mantener una visión al largo plazo en los objetivos, es vital para el éxito del conglomerado. Los conglomerados que históricamente han logrado mayor éxito se reúnen periódicamente, ya sea semanal o como mínimo quincenal, sus miembros cumplen estrictamente con las tareas asignadas y repartidas por ellos mismos, mantienen una fuerte cohesión del grupo, manejan efectivamente los conflictos y diferencias, y entienden que los resultados pueden demorar meses o incluso hasta años. La disciplina que se pueda alcanzar determinará en gran medida el éxito que esta organización obtendrá. Es sumamente importante que el PRTEC establezca un programa de reuniones, agendas y persona responsable de las mismas.
- **Economías de Escala** - Se puede alcanzar economía de escalas por medio de los conglomerados al realizar compras de materiales en común, inversión en investigación y desarrollo, sistemas de información, infraestructura de distribución y almacenaje, gastos de promoción y ventas, entre otros. El PRTEC debe analizar las

⁴⁹ Actualmente la junta de directores del PRTEC se reúne mensualmente.

distintas oportunidades que existen para alcanzar ventajas de las economías de escalas e incorporar las mismas

4.4 Análisis de los conglomerados como ventaja competitiva a luz de la teoría de M. Porter

Es sumamente importante comenzar enfatizando que el modelo de competitividad de M. Porter es uno conocido y aceptado universalmente, debido a que no es un modelo teórico, sino el resultado de varios años de estudio en los escenarios donde se han desarrollado empresas competitivas a nivel mundial. Para que este modelo funcione en el Corredor Tecno Económico de Puerto Rico es importante que se desarrolle innovación entre los conglomerados que componen el PRTEC. Para poder alcanzar esta innovación es necesario un entorno favorable que se compone de investigación y desarrollo, tecnología, infraestructura apropiada, exigente demanda, una dotación adecuada de factores, industrias y actividades relacionadas, y una vigorosa estrategia de posicionamiento en el mercado mundial.

El papel del Gobierno de Puerto Rico es sumamente importante ya que debe brindar las condiciones de estabilidad política y económica que son necesarias para que prospere un clima favorable de inversión, dentro de reglas de juego claras y estimulantes. Al Gobierno de Puerto Rico le corresponde la construcción de la infraestructura física y la facilitación y canalización de los recursos disponibles. Debe mejorar la calidad y eficiencia de los recursos de producción generales, al mismo tiempo que establece los incentivos para la competencia y el crecimiento de la productividad. Según M. Porter (1998) "Las naciones compiten por ofrecer el ambiente más productivo posible". Sin

embargo, no conviene esperar indefinidamente por que el Gobierno cumpla su parte, porque la reactivación de la economía, pudiera tomar un plazo más largo. Es necesario que las empresas participantes de los conglomerados y la dirección del PRTEC tomen decisiones ahora. La competitividad requiere del plano "macro", pero en realidad se desarrolla en el micro cosmos de las empresas, en donde es imperativo maximizar su productividad, o sea obtener los mayores resultados al menor costo de los recursos de producción.

La riqueza se obtiene por medio de una mayor productividad. La productividad es sinónimo de competitividad; y esta se alcanza por medio de obtener los resultados a un costo mas bajo. Por medio de la simbiosis industrial y del intercambio de materiales, se pueden reducir los costos de adquisición de la materia prima y así alcanzar una alta productividad, afectándose de forma positiva la economía de las empresas y por consiguiente del país. Esto a su vez nos proyecta como un lugar atractivo para inversionistas y nos hace competitivos a nivel mundial.

La prosperidad se limita solo por ideas y comportamiento. Si el PRTEC decide realizar un análisis exhaustivo de los beneficios que pueden obtener por medio de incluir la simbiosis industrial en sus conglomerados, se vera claramente que es de gran ventaja y beneficio, no solo para la economía de las empresas que componen el mismo, si no para todo Puerto Rico. Si el PRTEC incluye la simbiosis industrial como parte de sus estrategias, puede lograr que las empresas que pertenecen a los conglomerados disminuyan los factores que incrementan sus costos, como lo puede ser la adquisición de su materia prima, o la distribución de su producto final. De esta forma las empresas tomarían ventaja de este nuevo concepto que hace que la *ventaja competitiva* tome un

nuevo giro, creándose así una colaboración entre empresas del mismo sector económico. Los empresarios vinculados al PRTEC deben tener un concepto claro acerca de la importancia del uso de los recursos de producción, y la necesidad de tener innovación. Un conglomerado es una alternativa de organización sólida, que permite obtener ciertas ventajas competitivas como flexibilidad y eficiencia en las diferentes actividades económicas.

En resumen, la teoría de los conglomerados como ventaja competitiva de M. Porter, nos indica que para alcanzar la competitividad es necesario que las empresas sean competitivas en el mercado globalizado; y para ser competitivas conviene desarrollar nuevos paradigmas de calidad, mejoramiento continuo, productividad y una estrategia de posicionamiento en el mercado. Por otro lado, es de vital importancia el establecer políticas públicas que le ofrezcan apoyo tanto al concepto de conglomerados, como al de simbiosis industrial.

4.5 La política pública como apoyo al parque eco-industrial

Para alcanzar el éxito en el establecimiento del parque eco-industrial es sumamente importante el establecer políticas públicas que le brinden apoyo a este concepto tan innovador. Es necesario el que se implementen políticas que apoyen de forma sustancial la ecología industrial; tomando en consideración la cultura, sociedad, aspectos legales y los regímenes económicos de Puerto Rico. Es necesario que las partes envueltas en el establecimiento del parque eco-industrial (el PRTEC, el gobierno, las instituciones universitarias y las empresas privadas envueltas) reconozcan la necesidad de establecer estas políticas públicas. Se debe realizar un consenso entre las partes de las políticas que realmente le brinden apoyo al establecimiento del parque eco-industrial. Una vez las

partes han determinado las políticas que se deben establecer, estas deben pasar por un proceso de evaluación donde se estimen los resultados esperados y los no deseados que podrían surgir y como estos serian contrarrestados. Una vez se ha completado este análisis la política pública debe ser establecida.

Las políticas deben de ir enfocadas a un periodo de tiempo predeterminado, ya sea el corto o largo plazo. Lo ideal es la creación de políticas a corto plazo, que nos vayan llevando a lograr las políticas a largo plazo. Las políticas a corto plazo, por lo general, van enfocadas a resolver problemas específicos, mientras que las políticas a largo plazo se enfocan en realizar cambios culturales y sociales más profundos. Estos cambios, por su naturaleza, no son sencillos de realizar. Por esto, el PRTEC debe establecer métricas en el corto plazo que les ayude a realizar los ajustes necesarios en las políticas establecidas y así alcanzar eventualmente eficiencia económica y eficiencia en el medio ambiente, con el cual logremos una isla sostenida.

Las políticas públicas que mayor enfoque requieren son aquellas destinadas a mejorar la calidad ambiental por medio del uso más efectivo de los recursos, aplicándose el reciclaje y re-uso de los recursos de producción de las empresas, llevándose a cabo así la simbiosis industrial. También se deben establecer políticas que incentiven a las empresas privadas a pertenecer al parque eco-industrial y políticas que estimulen a la comunidad a formar parte de este proceso. Las políticas deben estar enfocadas en alcanzar beneficios ambientales, económicos y sociales, donde el Gobierno de Puerto Rico juegue un papel importante en establecer dichos incentivos. Por ultimo, se deben establecer políticas públicas que estimulen la investigación y el desarrollo

En resumen, el PRTEC, el gobierno, las instituciones universitarias y las empresas privadas envueltas, deben lograr un consenso para establecer políticas públicas que le brinden apoyo al establecimiento de un parque eco-industrial exitoso. Una vez determinadas y establecidas las políticas, se debe monitorear el éxito de las mismas tanto en el corto plazo, como en el largo plazo.

5.0 Conclusiones

Al completar esta investigación podemos enumerar las siguientes conclusiones:

1. Se evidenció por medio del análisis de flujo de materiales de las empresas del oeste de Puerto Rico que la simbiosis industrial es un concepto aplicable en las industrias del PRTEC, del cual se pueden alcanzar un sin número de beneficios, tanto económicos, como ecológicos.
2. Se establecieron 15 características que Puerto Rico requiere para poder aplicar los conceptos de conglomerados y simbiosis industrial para que estos sean utilizados como herramienta de desarrollo económico en Puerto Rico.
3. Por medio del análisis de los conglomerados como ventaja competitiva a la luz de la teoría de M. Porter, se llegó a la conclusión de que Puerto Rico puede utilizar como herramienta de desarrollo económico los conceptos de conglomerados y simbiosis industrial y así alcanzar ventaja competitiva sobre otros países.
4. Se estableció la importancia de establecer una política pública que le brinde apoyo directamente a los conglomerados y a la ecología industrial de Puerto Rico.
5. Por medio de mejorar la ecología, se puede afectar la economía de forma positiva.
6. El establecimiento de un parque eco-industrial puede beneficiarnos en varios aspectos. Algunos de estos lo son el atraer nuevas empresas a Puerto Rico, crear uniones o asociaciones que fortalezcan las empresas que se encuentran actualmente en Puerto Rico, estimular la formación de nuevas empresas, atraer nuevas ideas e innovación y el aumentar la productividad de las empresas o industrias constituyentes, entre otros.

6.0 Recomendaciones

Al finalizar esta investigación y revisar sus resultados podemos hacer las siguientes recomendaciones:

6.1 Recomendaciones para el Corredor Tecno Económico de Puerto Rico:

- Recolección de datos para el análisis de flujo de material - Es importante recalcar que la información que se ha recopilado es una preliminar. La misma debe ser recopilada de forma más consistente por las empresas y mantener un registro constante tanto de la materia prima, como del material que es descartado por cada empresa. Durante nuestro estudio pudimos apreciar que varias empresas tenían el interés en participar y contribuir con nuestra investigación, pero no tenían los datos requeridos. El PRTEC debe comenzar por fomentar el que una persona o departamento de cada empresa recolecte estos datos.
- Establecer un representante por cada empresa que es parte del PRTEC – El PRTEC actualmente cuenta con la representación de algunas empresas dentro de la junta directiva. Esto debe ser ampliado para que cada una de las empresas cuente con un representante en las reuniones que se lleven a cabo y que este representante dedique el 100% de su tiempo dentro de la empresa a las actividades relacionadas al parque eco-industrial.
- Reuniones semanales – Para que el PRTEC mantenga un buen enfoque y se pueda monitorear mas detenidamente las metas en el corto plazo, se

deben establecer reuniones semanales, o como máximo quincenales. A esta reunión debe asistir la junta del PRTEC y un representante de cada empresa que sea parte del parque eco-industrial, se debe establecer una agenda a seguir con un tiempo establecido para cada punto a ser discutido y se deben mantener minutas de cada reunión.

- Contratos – Se deben estipular contratos donde se establezcan las alianzas y responsabilidades de cada una de las partes. Esto ayuda a crear un compromiso real entre las empresas que formen parte del parque eco-industrial.

6.2 Recomendaciones para el Gobierno de Puerto Rico:

El gobierno de Puerto Rico le debe ofrecer incentivos económicos y no económicos a empresas que apoyen la gestión en pro de la sostenibilidad, tanto ecológica, como económica. Algunos incentivos pueden ser los siguientes:

- Proveer incentivos económicos basados en la reducción de la materia que es descartada, un vez implementado el parque eco-industrial.
- Proveer cursos de capacitación relacionado a la ecología para los asociados de las empresas participantes del parque eco-industrial.
- Establecer un premio a la empresa que cumpla con unas metas previamente establecidas y se considere la empresa “más verde”, ecológicamente hablando.
- Apoyo a la investigación y desarrollo que se enfoque en mejorar la ecología, a la vez que se afecta de forma positiva la economía.

- Facilitarle financiamiento para gestiones que como resultado final tengan reducir la contaminación.
- Brindarles prioridad en gestiones gubernamentales, como la solicitud de permisos, etc.
- “Requerirle a las empresas que se establezcan en Puerto Rico que le dediquen recursos significativos a la investigación y desarrollo de nuevos productos y técnicas de producción” (Irizarry, 2001).
- “Destinar recursos públicos a la investigación y desarrollo como incentivo”. (Irizarry, 2001).
- “Adjudicarle un papel protagónico a las pequeñas empresas como gestoras de innovación” (Irizarry, 2001).

6.3 Recomendaciones para el sector universitario:

- “Iniciar formalmente acuerdos de colaboración entre las universidad del país y la empresa privada para el desarrollo del conocimiento” (Irizarry, 2001).
- Servicios promocionales – La universidad debe actuar como un agente de mercadeo de los logros alcanzados por las empresas dentro del parque eco-industrial.
- Investigación y desarrollo – El sector universitario tiene los recursos y capacidades para realizar investigación y desarrollo para el parque eco-industrial a un costo relativamente bajo.

- Revisar y actualizar los currículos de los programas de bachillerato y maestría de acuerdo a las necesidades de las empresas y de esa forma estar a la par con la nueva tecnología.
- Educar a la comunidad en general sobre la importancia de apoyar un sistema que nos provea beneficios tanto ecológicos, como económicos.

6.4 Recomendaciones para estudios futuros:

- Análisis económico – Realizar un estudio costo-beneficio del establecimiento de un parque eco-industrial en las empresas de la región oeste de Puerto Rico.
- Posibles conglomerados - Realizar un estudio de los posibles conglomerados que se pueden formar, a raíz del flujo de materiales de las empresas estudiadas.
- Robustez de la investigación - Realizar éste estudio en otras zonas industriales de Puerto Rico, con el fin de que este proyecto se establezca a nivel de Puerto Rico y no de una zona en particular.

7.0 Diseminación

Con el fin de que los resultados de esta investigación tengan un impacto real en Puerto Rico, los resultados obtenidos han sido diseminados a personas, industrias y entidades relacionadas con el Corredor Tecno Económico de Puerto Rico y a personas, industrias y entidades cuyos resultados le sean de utilidad. La diseminación realizada ha sido la siguiente:

- La tesis será publicada por la compañía UMI y se facilitó una copia a la biblioteca de la Universidad de Puerto Rico la cual se encuentra disponible en la sección de tesis en reserva.
- Se publicó un artículo en la página 12 de la edición del mes de agosto de 2002 del periódico Diálogo de la Universidad de Puerto Rico que lleva como título “Estudiantes del RUM participan en innovador programa en Yale”. El artículo menciona la importancia de la primera etapa de esta investigación y da a conocer los beneficios económicos y ecológicos que se esperan de la misma para Puerto Rico (ver Apéndice 1).
- Se le entregará una copia de la tesis a la directiva del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico.
- Se le ha entregado una copia de la tesis a La Compañía de Fomento Industrial de Puerto Rico (PRIDCO)
- Tanto el informe escrito como la presentación oral serán incluidos en el Web Page de Internet del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico.

- La presentación de defensa del proyecto de tesis será abierta al público. Esto le ofrece la oportunidad a los interesados en el tema de asistir y conocer los resultados en detalle de esta investigación, a la vez que pueden aclarar dudas mediante el periodo de preguntas abierto al público.

8.0 Bibliografía

Allen, D. y N. Behmanesh. 1994. *Waste as Raw Material, The Greening of Industrial Ecosystems*. National Academy Press, Washington D.C., 69-89 pp.

Allenby, B. 1999. *Industrial Ecology: Policy Framework and Implementation*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 40-43 pp.

Allenby, B. y D. J. Richards. 1994. *The Greening of Industrial Ecosystems*. National Academy Press, Washington D.C.

Anderson, R. 1998. *Mid-Course Correction. Towards a Sustainable Enterprise: The Interface Model*. Perigrinzilla Press, Atlanta, GA.

Aparicio, R. 1991. La Ventaja Competitiva de las Naciones. (Traducción de *The Competitive Advantage of Nation* de M. Porter) Plaza & Janes Editores, S. A., Barcelona, España, 112-113, 186-240, 256-263, 286-291, 342-343, 730-733, 811-813, 838-847 y 854 pp.

Ashton, W. y M. Chertow. 2003. *Enhancing A Cluster's Competitiveness Through Industrial Symbiosis: The Case of Puerto Rico's Pharmaceutical Manufacturing Cluster*. (en prep.), New Heaven, CT.

Breault, B. 2001. *Partnering for Innovation & Technology for Economic Development*. PRTEC_breault.ppt.

Breault, B. y R. González. 2001. *Collaboration for Success: An Industry Cluster Strategy*. PRTEC_newglobalstrategy.ppt.

Brings, N. y S. Anderberg. 2001. *Understanding the evolution of industrial symbiotic networks: The case of Kalunborg*, ISIE Conference: The Science and Culture of Industrial Ecology.

Center of Economic Conversion's Green Base Conversion Project Web Page. 1997. *Eco-Industrial Parks: Economic Advantage through Environmental Performance*. <http://www.conversio.org>

Centro de Estudios de la Realidad Puertorriqueña (CEREP), "La crisis económica de Puerto Rico: una respuesta al informe del Comité para el Desarrollo Económico de Puerto Rico, Inc.", Grupo de Economistas de CEREP, San Juan, 1984.

Chamoun, M. 2001. *PRTEC: Infrastructure working group*. PRTEC Congress Presentation copy - 1.ppt

Chamoun, M. 2002. Vicepresidente del PRTEC y Presidente de Tecno-Plastic Industries, Inc. (com. pers.) J. González, J. Campos. 2002: Añasco, PR.

Chertow, M. 2000. *Industrial symbiosis: Literature and taxonomy*. Annual Review of Energy and the Environment, 313-337 pp.

Chertow, M. 2002. *Puerto Rico: An Island of Sustainability*. Center of Industrial Ecology, School of Forestry & Environmental Studies in Yale University. *Forum for Innovation.ppt*

Cohen, E. y T. N. McGilliard., 1998. *Desarrollo Eco-Industrial: El caso de Estados Unidos*. Cornell University. <http://www.jrc.es/iptsreport/vol27/spanish/COHIS276.html>.,

Cohen-Rosenthal, E., 2000. *A walk on the Human Side of Industrial Ecology*. *American Behavioral Scientist*. Vol.44 Issue 2, 245 pp.

Colón Alicea, L., 1994. "Industrial Policy and Technological Capability in Puerto Rico", en *Ceteris Paribus*, Revista de Investigaciones Socioeconómicas, Vol. 4. No. 1, abril 1994, UPR, Recinto de Mayagüez, pp. 27-54.

Colón Morera, J. J., "Future Political-Economic Scenario in Puerto Rico", en Edwin Meléndez y Angel L. Ruiz, *Economic Effects of The Political Options for Puerto Rico*, Centro de Publicaciones, Universidad Interamericana de Puerto Rico, San Germán, 1998, pp. 51-122.

Considine, T., 1998. *Ecología Industrial, Sistema Nacional para el Desarrollo Sostenible*.<http://www.mideplan.go.cr>, 1-8 pp

del Valle Caballero, J. L. "Políticas tecnológicas en Puerto Rico: pasado, presente y futuro", en *El futuro económico de Puerto Rico*, Francisco E. Martínez (ed), Editorial de la Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, 1999, págs. 61-81.

del Valle Caballero, J. L. 1996. "Políticas tecnológicas: el Sistema Nacional de Innovación", Unidad de Investigaciones Económicas, Serie de Conferencias y foros, No. 42, UPR, Río Piedras.

de Jesús Collazo, I. 1995. "Análisis del Nuevo Modelo de Desarrollo Económico" Unidad de Investigaciones Económicas, Serie de Conferencias y foros, No. 38, UPR, Río Piedras.

DeSimone, L. y F. Popoff. 1997. *Eco-efficiency: The Business Link to Sustainable Development*. Cambridge, MA: MIT Press, 29-54 pp.

Echenique, M. 1976. *El desarrollo económico de Puerto Rico: una estrategia para la próxima década*, Ed. UPR, Río Piedras.

- Ehrenfeld J. y M. Chertow. 2001. *Industrial Symbiosis: The Legacy of Kalunborg. Industrial Ecology at the National Regional Level*, 334-348 pp.
- Fairfield Ecological Industrial Park Baseline Study*. 1995, Cornell's Center For The Environment. <http://www.cfe.cornell.edu/wei/feipark.html>.
- Field, B. C. 1996. *Environmental Economics: An Introduction*, Segunda Edición , Mc Graw Hill/Irwin, 129-170 pp.
- Forward, G. y A. Mangan. 1999. *By-Product Synergy. The Bridge. National Academy of Engineering*. Vol. 29, No.1.
- Frosch, R.A. y N.E Gallopouls. 1989. *Strategies of Manufacturing, Scientific American*, vol 261 (3), 144-154 pp.
- González Martínez, A. y J. Alameda Lozada. 1992. “Elementos de una política de desarrollo industrial”, en Ensayos Económicos, Asociación de Economistas de Puerto Rico, San Juan.
- Gonzalez, J. y J. Campos. 2002. *Industrial Symbiosis: The New Approach for the Success of the PRTEC*. (en prep). New Haven, CT.
- Gradel, T. E. y B. R. Allenby. 1995. *Industrial Ecology*. Prentice Hall. 24-56, 120-143, 268-296 pp.
- Green, C. 1998. “Industrial Policy for Puerto Rico and the Implications of Political Status”, en Edwin Meléndez y Angel L. Ruiz, *Economic Effects of The Political Options for Puerto Rico*, Centro de Publicaciones, Universidad Interamericana de Puerto Rico, San Germán, p. 359.
- Hawkin, P.; A. Lovins y L. H. Lovins. 1999. *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*. Boston, New York, London: Little, Brown and Company.
- Hormaza, M. 2002. *Science and Techonology Office. PRIDCO presentation.ppt*.
- Hormaza, M. 2002. (com. pers). J.González y J. Campos. San Juan, PR.
- Irizarry Mora, E. 2001. *Economía de Puerto Rico: Evolución y Perspectivas*”. Capitulo 9: Alternativas de desarrollo y recomendaciones de política económica. Thompson Learning p.1-43
- Lama, R. 2002. *Prevén repunte económico este año*. El Nuevo Día, San Juan, Puerto Rico, Enero 24, 2002. 122 pp.
- Lifeset, R. 2002. *Introduction to Material Flow Analysis*, Center of Industrial Ecology, School of Forestry & Environmental Studies in Yale University (Presentation.ppt).

- Lifeset, R. y T. E. Gradel. 2001. *Industrial Ecology: Goals and Definition.*, A Handbook Of Industrial Ecology, Edward Elgar Publishing.
- Lowe, E. A. 2001. *Eco-Industrial Park Handbook for Asian Developing Countries.* Indigo Development RPP International, Emeryville, CA. Indigo. www.indigodev.com
- Lowe, E. A., Moran, S. R. y D. B. Holmes. 1997. *Eco-Industrial Parks: an hand book for local development teams.* Indigo Development, RPP International, Emeryville, CA.
- Lowe, E. A. 1996. *Industrial Ecology: A Context for Design and Decision.* En Joseph Fiksel (ed.). *Design for Environmental: Creating Eco-Efficient Product and Process.* McGraw-Hill Mountain View, California. 437-471 pp.
- Kakwani, N. C. 1980. *Income Inequality and Poverty: Methods of Estimation and Policy Applications,* IBRD, Oxford University Press, Oxford.
- Kibert, C. J. y A. Wilson. 1999. *Reshaping the Built Enviromental: Ecology, Ethics, and Economics. The promises and limits of sustaintability.* (1999) Island Press, Washington DC p.24.
- Kincaid, J. 1999. *Industrial Ecosystem Development at the Metropolitan Level.* Triangle J Council of Governments: Research Triangle Park, NC.
- Kincaid, J. 1999. *Industrial Ecosystem Development Project Report.* Triangle J Council of Governments: Research Triangle Park, NC. 105 pp.
- Mangan, A. 1998. *By-Product Synergy: The Tampico Project Status Report 1998,* The Business Council for Sustainable Development Gulf of Mexico.
- Maldonado, R. M. 1974. "La distribución del ingreso y el desarrollo económico de Puerto Rico Revista de Ciencias Sociales, Universidad de Puerto Rico, Vol. XVIII, No. 1 y 2. págs. 125-144.
- McLoughlin, M. 2001. *PRTEC: Partnering for Innovation & Technology on behalf of Economic Development.* ireland-nov10.ppt
- Morell, L. 2002. (com pers.) Dong, Chertow, Gonzalez, Memon, Murrow.
- Morell, L. 2002. *Introduction to PRTEC.ppt* Dong, Chertow, Gonzalez, Memon, Murrow, Mayagüez, P.R.
- Morell, L. 2002. *PRTEC: 2nd Presidents & Chancellors Meeting. PRTEC-corridor pres 1.5a nov9- version mediana-3-11.ppt*
- Murrow, D., J. Aron, L. Memon y J. González. 2002. *The Application of Industrial Symbiosis to the Puerto Rico Techno Economic Corridor: PRTEC & Industrial Symbiosis*

Project. Industrial Environmental Management Program, Yale School of Forestry and Environmental Studies, p.3-50.

National University of Singapore. 2001. *NUS' Perspective, Singapore's Experience. NUS' Perspective Backup 2.ppt*

National University of Singapore. 2001. *Singapore experience from a university administrator's point of view. NUS' Perspective Backup 2.ppt.*

Navas Dávila, G. y H. Ortiz Quiñónez. 1975. "Algunos apuntes sobre la planificación del desarrollo en Puerto Rico", en PLERUS, Vol. IX, Nos. 1 y 2, Escuela Graduada de Planificación, UPR, Río Piedras, pp. 49-60.

Oyola, J. R. 1986. "El financiamiento público en Puerto Rico", en Taller sobre estrategias de desarrollo económico, Asociación de Economistas de Puerto Rico, San Juan.

Porter, M. y C. Van Der Linde. 2000. *Green and Competitive*, Harvard Business Review on Business and Environmental, Harvard Business School Press, Boston.

Porter, M. 1998. Cluster and Competition: New Agendas for Companies, Governments and Institutions, in "On Competition", Harvard Business School Press, Boston.

Porter, M. 1990. *The Competitive Advantages of Nations*. The Free Press, New York.

Puchi Acuña, M. 1984. "El desarrollo económico de Puerto Rico: una visión crítica", en PLERUS, Vol. XVII, Nos. 1 y 2, Escuela Graduada de Planificación, UPR, Río Piedras, pp. 169-180.

Puerto Rican Policy Commission, Report of the Puerto Rican Policy Commission, (Plan Chardón), San Juan, 14 de junio de 1934.

Santos, I. 2002, 2003. (com. pers.) Gonzalez Dong, Memon, Murrow. Aguadilla, PR.

Ramírez Pérez, M. 1988. "Productividad y compensación laboral en Puerto Rico: perspectiva internacional e interna", en *El desarrollo económico de Puerto Rico: una comparación internacional; retos y oportunidades*, Unidad de Investigaciones Económicas, Departamento de Economía, RUM, UPR, Mayagüez.

Rivera, J. 2002, 2003 y 2004. (com. pers.) J. Gonzalez. Aguadilla, PR.

Sánchez, H. 2002 (com. pers.). Gonzalez Dong, Memon, Murrow. Aguadilla, PR.

Rodríguez, E. L. 1999. "Desarrollo y ambiente en Puerto Rico", en *El futuro económico de Puerto Rico*, Francisco E. Martínez (ed), Editorial de la Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, págs. 131-157.

Ruiz, Ángel L. 1982. "Desarrollo económico de Puerto Rico: evaluación de una estrategia de desarrollo basada en importación de capital y tecnología", Departamento de Economía, UPR, Río Piedras.

Santos, I. 2001. *PRTEC: The Ultimate Business Paradise*. chiqui-prtec-mediana sabado nov 10-1.ppt..

Schwarz, E. J. y K. W. Steininger. 1997. *Implementing nature's lesson: The industrial recycling network enhancing regional development*, J. Cleaner Prod., 1997 Vol. 5, number 1-2, Gran Bretaña. 47-56 pp.

Shaw, T. 2001. *Green Base Conservation Strategies*. Center of Economic Conservation's Green Base Conservation Project. 1-8 pp.

Stain, J. M. 1988. *Public Infrastructure*. En: Catanese Anthony J. and James C Snyder (ed.). *Urban Planning*, 2da edición. McGraw-Hill, Florida. pp. 265-280.

The Business Council for Sustainability Development Gulf of Mexico Web Page. 2002. <http://www.bcsdgm.org>. *Business Council for Sustainability Development Gulf of Mexico*.

The Cornell Waste Management Institute Web Page. 2002. <http://www.cfe.cornell.edu/WMI/>. *Center for the Environment, Cornell University*.

The Economic Research at RTI – Eco- Industrial Parks Web Page. 2001. <http://www.rti.org/units/ssid/cer/parks.cfm> Research Triangle Institute, North Carolina.

The Indigo Development: RPP International's Industrial Ecology Research Center Web Page. 2001. <http://www.indigodev.com/Ecoparks.html>. *Indigo Development, Center in the Sustainable Development Division of RPP International, California*.

The PRIDCO Web Page. 2002. <http://pridco.com>. *Puerto Rico Industrial Development Company, San Juan, PR*.

The Singapur Science Park Web Page. 2003. <http://www.sciencepark.com.sg/>

The Triangle J Council of Governments, Industrial Ecosystem Development Project's Web Pag. 2002. <http://www.tjcog.dst.nc.us/indeco.htm>.

The Tucson High-Tech Park. 2003. <http://www.futurewest.com>

Thomas, G. 2000. *Environmental Aspects of the Technological Society*

Triangle J Council of Governments. 2004. *Industrial Ecosystem Development Project's Web Page*. <http://www.tjcog.dst.nc.us/indeco.htm>.

Trinidad, P. 2003. Pulso Económico: Visión estratégica a largo plazo. El Nuevo Día, San Juan Puerto Rico. Marzo 21, 2002. 125 pp.

Trinidad, P. 2003. Para buen rato el tiempo de 'vacas flacas', El Nuevo Día, San Juan Puerto Rico. Septiembre 2, 2001. 120 pp.

Urresti, J., *Simbiosis Industrial en Kalunborg*. 2002.
<http://usuarios.intercom.es/rpastor/ecolind/John2.htm>.

Villamil, J. 1986. "Towards a Strategy for Tourism in Puerto Rico", en Taller sobre estrategias de desarrollo económico, Asociación de Economistas de Puerto Rico, San Juan.

Zampierollo, R. 2002. *Industrial Symbiosis, Alternate Road to Self-Respect and Sustainability: Is it a New Freedom for Puerto Rico?*. Yale School of Forestry and Environmental Studies: New Haven, CT. 16 pp.

9.0 Apéndices

Apéndice 1: Artículo del periódico Diálogo de la Universidad de Puerto Rico, (Edición del mes de agosto de 2002, página 12) “Estudiantes del RUM participan en innovador programa en Yale”.

Apéndice 2: Cuestionario utilizado para la primera fase de esta investigación y obtener la información para el análisis del flujo de materiales de las empresas del oeste de Puerto Rico.

Introducción

El propósito de este cuestionario es ayudar a identificar la posibilidad de reutilizar materiales, agua y la energía, creando conglomerados (“*clusters*”) con otras industrias dentro de la región oeste de la isla.

Su facilidad ha sido elegida para este examen debido a que existe la probabilidad de que su empresa descarte algún material que podría ser utilizado como recursos de producción por otra empresa. Por otro lado, podría ser que otra empresa descarte un material que pueda ser usada como materia prima por su empresa, o podría ser tratado en común, reciclado o producido para su ventaja económica.

El cuestionario ha sido preparado por una investigación en sociedad entre la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez y la Universidad de Yale en Connecticut, con la ayuda de la Compañía de Fomento Industrial y de la organización del Corredor Tecno Económico de Puerto Rico.

No se impresione por la cantidad de preguntas y tablas que componen el cuestionario. Solo deberá llenar las preguntas y tablas que apliquen a su empresa. La información suministrada deberá ser lo mas certera posible, tómese este tiempo como una oportunidad de evaluar que tan eficientemente su empresa utiliza los recursos.

Este documento ha sido diseñado para recopilar la información necesaria para realizar un análisis de flujo de materiales de las empresas del oeste de Puerto Rico.

Instrucciones para llenar el cuestionario:

- Favor de leer cada una de las preguntas detenidamente, antes de contestarla.
- Conteste solamente las preguntas que apliquen a su tipo de empresa.
- Si no esta seguro de la información, o no tiene las cantidades completas, por favor omita la pregunta.
- Recuerde que existe un acuerdo de confidencialidad previamente firmado y el mismo indica que no se divulgara ninguna información de forma individual de las empresas. Se hará referencia a la información recopilada de forma global.
- Si tiene duda con alguna de las preguntas, siéntase en la confianza de contactarnos a la oficina de la Universidad de Yale: (203) 436-4246, o al e-mail jantzengonzalez@yahoo.com

A. Información de la empresa

Nombre de la empresa	
Dirección física	
Nombre de la persona contacto	
Posición de la persona contacto	
Teléfono	
Fax	
E-mail	

B. Uso del Material

Un análisis del flujo de materiales de las empresas del oeste de Puerto Rico nos ayudará a identificar materiales que su empresa descarta y que probablemente podría ser utilizado por otra empresa. De igual manera nos ayudará a identificar materiales que otras empresas descartan y probablemente pueda ser usado por su empresa como recursos de producción.

Las siguientes tablas, tituladas Tabla de Materiales – Entrada y Tabla de Materiales – Salida, enumeran varios de los materiales que podrían ser parte del flujo de materiales de las empresas analizadas. Es probable que su empresa compre y/o descarte alguno de estos productos. Si la cantidad de material que su empresa requiere o descarta es substancial, existen posibilidades de formar asociaciones entre su empresa y otras empresas. La idea fundamental es reutilizar el material constantemente, hasta crear un círculo cerrado de materiales, esto es conocido como simbiosis industrial.

Probablemente su empresa requiera y/o descarte otros materiales que no están en la lista. La tabla le provee unas filas en blanco para que usted incluya estos materiales. Utilice la columna A para enumerar estos materiales y la columna B para describirlos.

Tabla 1: Flujo de Materiales - Entrada

A. Material	B. Descripción	C. Cantidad lbs./año	D. Cantidad que se reutiliza internamente
Plástico			
Componentes electrónicos			
Cartón			
NMP			
Sedimentos			
Pegamentos			
Tintas			
Aceites			
Vidrio			
Ácidos			
Paños			
Madera			
Aleación de Metales			
Lubricantes			
Papel			
Alcohol Isopropano			
Flux			
Detergentes			
Solventes			
Pintura cobertora ("Coatings")			
Cloruro de polivinilo (PVC)			
Acetona			
Xelene			
Aluminio			
Arena			
Carbón Steel			
Bronce			
PC Boards			
Drones			
Plomo			
Cables			
Pasta de soldar			
Metales			
Herramientas livianas			
Duraflo			
Espuma ("foam")			
Fundas de papel			

Dow corning 200			
Mineral Spirt			
Disolvente			
Epoxy			
Methyl Chloride			
Ethyl Acryl ate			
Acetronile			
Cyclohexanone			
Tolueno			
Metanol			
Cloroformo			
Ethylene Oxide			

Tabla 2: Flujo de Materiales - Salida

A. Material	B. Descripción	C. Cantidad lbs./año	D. Cantidad que se recicla
Plástico			
Componentes electrónicos			
Cartón			
NMP			
Sedimentos			
Pegamentos			
Tintas			
Aceites			
Vidrio			
Ácidos			
Paños			
Madera			
Aleación de Metales			
Lubricantes			
Papel			
Alcohol Isopropano			
Flux			
Detergentes			
Solventes			
Pintura cobertora ("Coatings")			
Cloruro de polivinilo (PVC)			
Acetona			
Xelene			
Aluminio			
Arena			
Carbón Steel			
Bronce			
PC Boards			
Drones			
Plomo			
Cables			
Pasta de soldar			
Metales			
Herramientas livianas			

Duraflo			
Espuma ("foam")			
Fundas de papel			
Dow corning 200			
Mineral Spirt			
Disolvente			
Epoxy			
Methyl Chloride			
Ethyl Acryl ate			
Acetronile			
Cyclohexanone			
Tolueno			
Metanol			
Cloroformo			
Ethylene Oxide			

