



MODELO AUTOORGANIZATIVO PARA UN SISTEMA DE EMPRESAS

D.I GERMÁN SILVA VALDERRAMA

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

BOGOTÁ, COLOMBIA

2006



MODELO AUTOORGANIZATIVO PARA UN SISTEMA DE EMPRESAS

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**BOGOTÁ, COLOMBIA
2006**

**ASESOR
DOCTOR ROBERTO ZARAMA
DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



DEDICATORIA

Liliana. Dedicado a nuestro ángel de las oportunidades.

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que me apoyaron en el desarrollo de mis estudios, algunas con un convencimiento sobre los planteamientos realizados, otras con su crítica constructiva me entusiasmaron a continuar, en todos los casos se evidenció la posibilidad de generar nuevas formas de racionalidad para entender diferentes fenómenos.

Agradezco al profesor Roberto Zarama, por su confianza, espero haber cumplido con las expectativas puestas en mí. De la misma forma al profesor Alfonso Reyes.

Juan Pablo Calderón, gracias a usted se generó la inquietud sobre el tema de esta tesis. Cesar Niño y Samuel Herrera por su asesoría, en especial en la parte de programación, a José Bermeo por su interés general en estos temas. La Cámara de Comercio de Bogotá, a través de la ventanilla ambiental, DAMA, CAR, CEINOVA y Jairo Ladino, brindaron la información necesaria para entender el mundo de las curtiembres.

Finalmente a todos mis compañeros de estudio y docentes de esta maestría.



El conocimiento nos debe brindar nuevas y mejores formas de interactuar entre nosotros y con nuestro ambiente.

TABLA DE CONTENIDO

1.	CONTEXTO GENERAL EN QUE SE UBICA EL PROYECTO.....	7
2.	IMPORTANCIA Y RELEVANCIA DEL PROYECTO.....	13
3.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
4.	OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	17
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	17
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
5.	LÍMITES DEL PROYECTO.....	18
6.	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	19
7.	MARCO CONCEPTUAL.....	21
7.1	TEORIA DEL GAIA.....	24
7.1.1	DAISYWORLD.....	25
8.	“COMUNIDAD DE SAN BENITO”.....	26
8.1	CURTIEMBRES.....	27
8.2	CADENA PRODUCTIVA DEL CUERO.....	29
8.3	DEFINICIÓN DEL PROCESO.....	29
8.4	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	30
8.4.1	Pre-tratamiento y almacenamiento.....	31
8.4.2	Ribera.....	31
8.4.3	Curtido.....	35
8.4.4	Acabado.....	37
8.5	IMPACTO AMBIENTAL DEL PROCESO.....	39
8.6	LEGISLACIÓN AMBIENTAL.....	42
8.7	ANÁLISIS DEL NIVEL TECNOLÓGICO.....	47
8.8	GESTIÓN AMBIENTAL.....	50
9.	MODELO DE SIMULACIÓN.....	52
10.	RESULTADOS.....	58
11.	CONCLUSIONES.....	76
12.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	78

1. CONTEXTO GENERAL EN QUE SE UBICA EL PROYECTO.

Las condiciones necesarias para el desarrollo de la vida, son una suma de factores perfectamente relacionados en equilibrio dinámico, la humanidad es responsable de mantener las mencionadas condiciones. Se deben "adoptar estilos de vida y pautas de desarrollo que respeten los límites de la naturaleza. Los actuales estilos de vida, están utilizando los recursos naturales de manera equivocada ejerciendo presiones extremas sobre los ecosistemas de la tierra"¹.

Los últimos planteamientos de protección medio ambiental, se enmarcan en dos aspectos primordiales: Uno, es lograr un compromiso profundo y generalizado con una nueva ética, la ética para vivir de manera sostenible², y materializar sus principios en la práctica. El otro, consiste en integrar la conservación y el desarrollo: conservación que mantiene nuestras acciones dentro de la capacidad de la tierra, y el desarrollo que permite a todo el mundo disfrutar de una vida prolongada, saludable y satisfactoria. (UICN. PNUMA. WWF.)

Los estudios medio ambientales en la época moderna³ han tenido una evolución importante, antes de la década de los sesenta no se consideraba como un factor de análisis, toda la atención se concentraba en el modelo de desarrollo⁴ de la productividad, fomentando la explotación a gran escala de los recursos naturales renovables y no renovables, durante este tiempo se evidenció el advenimiento de la crisis ambiental, es importante mencionar algunos elementos que indicaron esta situación; el primero, es la disminución constante de la cantidad de tierra productiva, principalmente originada por procesos de erosión, comparativamente con los procesos de recuperación

¹ Esta idea es tomada del documento "Cuidar la tierra. Estrategia para el futuro de la vida". Publicado por UICN – Unión Mundial Para la Naturaleza. PNUMA – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. WWF – Fondo Mundial para la Naturaleza.

² Desarrollo sostenible, término aplicado al desarrollo económico y social que permite hacer frente a las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Definición de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

³ El término moderno, solamente es usado para indicar que es muy reciente la preocupación por el medio ambiente. No esta ligado a un carácter histórico.

⁴ El modelo de desarrollo muestra que los procesos de transformación de materia prima solamente el 20% de ella es producto terminado, mientras el 80% restante son desperdicios.

natural de las tierras de cultivo, los terrenos erosionados aumentan mas rápidamente, adicional a ello, la tala indiscriminada de bosques tropicales avecinan su pronta escasez. La crisis también se evidencia en los recursos hídricos, la distribución del agua potable no cubre en las mismas proporciones a todos los grupos sociales, se presentan notables desequilibrios entre la población rural y la población urbana, entre los llamados países desarrollados y los países en vía de desarrollo, en el mismo campo los mares y océanos como lugar donde finalmente llegan los desperdicios originados por las personas en general, se han transformado en los basureros mas grandes del mundo, las tierras húmedas entraron en un proceso de contaminación, drenado o edificado, sin considerar la importancia de su papel como generadoras de agua. La contaminación atmosférica y como consecuencia el agotamiento de la capa de ozono, por la cantidad de gases emitidos al medio, principalmente los clorofluorcarbonados, aumentan constantemente el efecto invernadero en el planeta y a su vez ocasionan graves cambios climáticos. Las diversas actividades del hombre afectan especies animales y vegetales, para algunas de ellas se ha llegado a su extinción. Finalmente el crecimiento de la población, aumentando con ello el uso de los recursos y de las diferentes fuentes energéticas, para algunos, ya que la población pobre también crece en cifras alarmantes, ahondan en los factores que marcan la denominada crisis ambiental.

A continuación se presenta un cuadro desarrollado por el Ing. Arturo Sánchez H. profesor de Gestión Ambiental de Proyectos. En este cuadro se muestra el desarrollo cronológico de la gestión ambiental.



Finalizando la década de los ochenta, las políticas ambientales se orientaron hacia el concepto de producción mas limpia *"minimización en el uso de recursos y reducción a niveles mínimos de las cargas contaminantes aportadas al medio"*, que propende por el desarrollo de productos con impactos poco nocivos para el medio ambiente, el principal énfasis está sobre el proceso de producción en sí mismo, pero a su vez contempla todo el ciclo de vida del producto. Para los noventa se desarrollaron tecnologías con el objetivo de minimizar la emisión de residuos, nuevamente el trabajo impactó el proceso productivo.

La percepción a nivel industrial sobre la implementación de medidas ambientales, paso de ser considerada como un gasto al comienzo innecesario o inversiones extras, paso a ser consideradas como estrategias productivas que permiten disminuir los costos de la operación y posicionar los productos en el mercado (sellos verdes), el respeto por el medio ambiente se presenta

como un valor agregado al producto afectando la sensibilidad y decisión del consumidor, además en diversos países se han desarrollado políticas, como la exención de impuestos o el no pago de tasas retributivas, para estimular la implementación de procesos de producción mas limpia.

Las tres principales etapas de este proceso se pueden considerar como:

1. Dilución.

En esta etapa, simplemente se descargan los agentes contaminantes al medio ambiente, la debilidad de esta consideración se encuentra en el momento donde la cantidad de contaminantes supera la capacidad propia del medio para la asimilación de estos impactos.

2. Tratamiento.

Conocido como tratamiento a final de tubo, aquí los agentes contaminantes son tratados al final del proceso de producción, su disposición final no soluciona la problemática.

Las dos posturas anteriores, tienen su límite en la capacidad propia del ambiente para asimilar los impactos. Especialmente donde se presentan concentraciones de producción, el tratamiento de los agentes contaminantes es limitado, ya que los recursos que se puedan destinar no son considerados como inversión productiva.

3. Evitar.

Centra toda la atención, para la solución de la problemática, no en tratar los síntomas de la situación, en no producirlos.

Los procesos de especialización del conocimiento y el objeto de estudio de cada una de las disciplinas han presentado una visión fragmentada de la naturaleza, la expresión de "ciencias ambientales" como asociación entre ciencia y cultura, es una alternativa para tener una visión global de los

problemas del planeta en conjunto. La preocupación actual por la fragilidad del medio es producto del conocimiento, de cómo el mundo cambia y ha cambiado con el paso del tiempo. La finalidad de los estudios de la ciencia debe concentrarse en entender la naturaleza para obtener un equilibrio entre explotación y conservación.

Es necesario hacer claridad que esta es una perspectiva de la cultura occidental de la situación, otras culturas perciben la naturaleza de distinta forma, por incidencia de factores religiosos, filosóficos, económicos, políticos y sociales, entre otros, la ciencia moderna ha llevado muy lejos la imagen de un universo estático.

La teoría de Darwin muestra la interacción de los organismos con su medio, como un proceso de adaptación, sin embargo, si las condiciones del medio cambian demasiado rápido, las especies no logran enfrentarse a las nuevas condiciones y podrían extinguirse. La teoría en sus orígenes fue usada para justificar la fuerza impulsora del progreso interpretando este como mayor explotación, pero no logro despertar interés sobre el peligro de la degradación ambiental.

La complejidad del mundo posmoderno hace que la problemática ambiental tenga manifestaciones en ámbitos locales y globales, interrelacionados, haciendo que esta preocupación no le corresponda a algunos grupos sociales, le debe preocupar a la humanidad en general. Sin embargo, la descentralización del tema fortalece el papel de las comunidades locales como la mejor forma de corregir formas de desarrollo no sustentables⁵. (Guhl y Tokatlian) Es importante aclarar que no se pueden generalizar situaciones, para cada una de ellas se hace necesario, en términos de Deleuze, la elaboración de un mapa y la confrontación contra un calco.

⁵ Existe un pensamiento generalizado en diferentes ámbitos profesionales "Pensar en lo global para actuar en lo local".

Las acciones planteadas para proteger el medio ambiente no son garantía de sustentabilidad a largo plazo, porque siguen presentándose muchos factores desconocidos o imprevisibles. (UICN. PNUMA. WWF.). Abordar la problemática desde la óptica de la complejidad usando los avances en el campo de las matemáticas y de las ciencias computacionales, permiten realizar modelos de simulación que brinden información importante para la selección de las acciones a seguir para proteger el entorno. Es necesario ampliar las consideraciones y las implicaciones de las acciones realizadas para entender la complejidad de un fenómeno. Sobre este tema se hace necesario aclarar que los modelos de simulación no logran ser una representación total de la realidad, como modelos consideran un grupo de variables, que bajo determinado punto de vista, son relevantes para lograr entender el fenómeno y realizar análisis pertinentes.

La investigación no parte del supuesto que la problemática ambiental este ligada a transferencia de tecnología⁶ o la implementación de políticas de ajuste, la hipótesis se enfoca a modos organizacionales de un sistema que permiten la emergencia de características auto-eco-organizativas.

La atención hasta el momento se ha centrado en los esfuerzos que pueda realizar una industria para mejorar su comportamiento ambiental, un ejemplo de esto es la implementación de SGAI –sistemas de gestión ambiental industrial-, el planteamiento en este estudio, se enfoca en un mejoramiento organizacional del sector de industrias, esperando que las repercusiones sean de mayor impacto si se comparan con los resultados a nivel de cada una de las empresas.

⁶ En diferentes ejemplos se ha demostrado que estas acciones no han cumplido con los objetivos planteados, por eso se pueden considerar como acciones invasivas.

2. IMPORTANCIA Y RELEVANCIA DEL PROYECTO

“Los empresarios no tienen mas alternativa que responder a ser reformadores ellos mismos, haciendo un es fuerzo consiente por adaptar el sistema de mercado a nues tro medio ambiente social, político y tecnológico cambiante.

La cuestión se reduce sencillamente a lo siguiente: ¿tomarán los directivos empresariales la iniciativa de realizar los cambios necesarios y absorber nuevas responsabilidades voluntariamente, o esperarán hasta que la ley se las imponga?
DAVID ROCKEFELLER⁷

El desarrollo de la sociedad contemporánea y de la sociedad posmoderna, ha marcado un particular interés en torno a los recursos naturales renovables y no renovables, a la calidad del medio ambiente natural y artificial y su capacidad de recuperación. Se puede considerar esta etapa como crítica, puesto que la degradación del medio alcanzo un nivel demasiado alto e irreversible, ya no se puede recuperar en su totalidad los daños causados al medio ambiente. (Ackoff).

Las condiciones de este equilibrio dinámico entre sistemas sociales y ambiente, hacen que el conocimiento que se tiene no presente verdades absolutas ni irrefutables, está en constante construcción, abierto al aporte de diferentes disciplinas y saberes. El conocimiento adquirido (tecnología)⁸, después de analizar las interrelaciones del sistema, se considera como una estrategia de adaptación al medio (Bermúdez).

Los sistemas sociales afectan el entorno que los rodea, alteran las condiciones del medio, todas las variaciones del medio generan modificaciones en los

⁷ Esta es una cita realizada en el libro “Rediseñando el Futuro” Ackoff, Russell.

⁸ Para ampliar el concepto de tecnología ver Heidegger.

sistemas que contiene, en una relación recíproca e interdependiente. La preocupación actual está en encontrar un sistema social donde las relaciones que se establecen entre los organismos (entre sí) y su entorno estén en un plano de responsabilidad, equidad y sustentabilidad⁹.

Si la calidad del medio ambiente se deteriora al grado que ya no permita su restauración, los sistemas sociales estarán condenados a su desaparición.

Lo anterior permite mostrar que esta investigación puede ser implementada para solucionar lo que se conoce como *la tragedia de los comunes*, siendo esta una abstracción de referencia, en ella se plantea el uso de un recurso renovable, de propiedad común, por parte de un conjunto de agentes, hasta llegar a la sobre explotación del mismo. Como ejemplos de recurso renovable se puede encontrar: agua, pesca, agro, aire, temperatura, y en cada uno de ellos diferentes situaciones en las que estos recursos son usados en las actividades de un conjunto de empresas.

El marco de interrelaciones entre las empresas entre sí y el medio, las acciones realizadas por cualquier empresa afectarán a las demás empresas del sistema y a las acciones que ellas desarrollan, adicionalmente estas acciones también tendrán efectos sobre el ambiente en el cual se encuentre el sistema, el ambiente se modificará como consecuencia de las acciones de las empresas, todo cambio en el ambiente necesariamente afecta a las empresas y por ende a las acciones que ellas puedan tomar, esto es considerado equilibrio dinámico en total interdependencia. Este equilibrio, logrado por autoorganización, evitaría llegar a situaciones extremas donde se ponga en riesgo la "vida" del sistema.

El futuro del sistema, está determinado por su esfuerzo de autoorganización. Para esta idea la autoorganización tiene como objetivos la explotación

⁹ Las relaciones son el resultado del intercambio de materia, energía e información. Eugene, Odum. "Ecología".

controlada y la distribución del recurso, como idea central este recurso debe ser considerado parte vital del sistema, no simplemente como una mercancía que se explota (Aldo Leopold). La situación no puede excluir la explotación del recurso, si esto no se realiza el sistema estará en riesgo, se hace necesario plantear la noción conjunta de explotación (desarrollo) y conservación.

Una analogía biológica, permite plantear patrones de relaciones cambiantes entre un sistema de empresas, haciendo emerger la propiedad de autoorganización. La intervención conllevará a estados de equilibrio dinámico del sistema.

3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los desarrollos actuales, para controlar o evitar las emisiones ambientales de los diferentes sistemas productivos, se encaminan a la implementación de sistemas de gestión ambiental, en cada uno de los agentes que componen el sistema, para este proyecto un agente del sistema es una empresa. El planteamiento se enfoca a establecer mecanismos o sistemas de gestión ambiental que implique una consideración de todo un sistema de empresas, no de forma individual, de esta manera se espera que los resultados en términos ambientales sean más significativos. Al tener una visión sistémica de la situación, se recurre al concepto de autoorganización, el propósito es conseguir que el conjunto de empresas pueda controlar por si mismo la contaminación emitida.

El proyecto se dirige al desarrollo de un modelo simulado en términos computacionales que permita evaluar el planteamiento anterior.

La situación particular sobre la cual se implementará este modelo son las curtiembres de la comunidad de San Benito, localidad de Tunjuelito en Bogotá.

Diseñar juegos, que se realizaran con la comunidad de San Benito (empresas de curtiembres) cuyos resultados serán confrontados con simulaciones computacionales, con el propósito de conseguir que el conjunto de empresas pueda regular por si mismo la contaminación emitida al recurso hídrico.

En esta situación particular, la autoorganización se evalúa de acuerdo al uso del recurso hídrico, bajo la óptica de los siguientes puntos:

- A. Efecto ecológico: si la contaminación emitida al río Tunjuelito es controlable.
- B. Agotamiento del recurso: la cantidad de agua usada para la curtiembre.
- C. La magnitud: cuantificación de partículas nocivas emitidas al río.

La evaluación de estos aspectos determina la capacidad de manejo del recurso hídrico por parte de las curtiembres.

4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar una analogía biológica, de la(s) característica(s) de autoorganización de los sistemas vivos, como instrumento para realizar simulaciones de comportamiento en el campo de las empresas (considerando a estas como sistemas sociales vivos).

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las condiciones necesarias para que se desarrollen diferentes patrones de organización, que permita la interrelación entre empresas (como caso inicial se plantean las curtiembres de San Benito en Bogotá, ya que estas empresas tienen un impacto nocivo para el ambiente) posibilitando la emergencia de característica(s) autoorganizativas del sistema.
- Establecer indicadores que permitan determinar los cambios en términos ambientales.

5. LÍMITES DEL PROYECTO

Los modelos de simulación, son herramientas de trabajo que permiten realizar aproximaciones al entendimiento de un fenómeno, en el se establecen un conjunto de variables y sus relaciones, determinado previamente por el modelador, la incidencia de su experiencia previa y del carácter mismo de la investigación es decir el punto de vista de la observación, son los principales límites para este proyecto de tesis. Es importante aclarar que se trata de desarrollar un modelo de gestión ambiental que abarque la totalidad de un sistema de empresas, la situación particular son las curtiembres, el criterio de selección empleado básicamente consiste en determinar un sector productivo cuyos efectos de la contaminación se perciban fácilmente. El modelo, contempla el uso de DBO y DQO como indicadores del comportamiento ambiental, son los indicadores empleados por las autoridades ambientales, sin embargo no se contemplan otros factores, que para el caso de las curtiembres son importantes.

6. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

La primera etapa consiste en realizar una exploración en el campo de la biología para determinar el marco teórico que se usara para realizar la analogía planteada en la investigación. En esta primera etapa se estudiarán los planteamientos del neo-darwinismo, los últimos desarrollos de la teoría del Gaia y la co-evolución. Como parte de esta primera etapa se buscarán ejemplos en términos de simulación computacional para cada una de las teorías mencionadas.

Tomando como referente la teoría de juegos, se diseñará un juego que permita que las curtiembres se comporten de manera sistémica con el objeto de hacer emerger un comportamiento autoorganizativo¹⁰.

La segunda etapa del proyecto se enfoca en obtener información de una situación en particular, para ello se determina la caracterización del sistema, los elementos que lo constituyen, la membrana que establece los límites del mismo y los factores que condicionan su comportamiento. Como primera alternativa se plantean las curtiembres en el sector de San Benito (Bogotá), donde se evalúe el impacto ambiental que generan las empresas sobre el recurso, para este caso agua.

En la tercera etapa se realizará un trabajo apoyado en las ciencias computacionales, se desarrollarán pseudo algoritmos que permitan simular el comportamiento de las diferentes variables (o las más relevantes) encontradas en la situación en particular. A este nivel se hace necesario generar pruebas de escritorio para evaluar el pseudo-algoritmo planteado.

Se desarrolla el algoritmo que permita hacer simulaciones computacionales del modelo. Es necesario hacer los ajustes al modelo según los datos obtenidos en las primeras iteraciones.

¹⁰ En el campo de la física se utiliza la palabra coligativa para indicar una propiedad de conjunto. Para el campo biológico la homeostasis es una propiedad coligativa de la vida.

Finalmente para obtener las conclusiones se propone analizar las relaciones mutuas que se pueden entablar entre teoría, experiencia y simulación.

1. Relación teoría – experiencia.
2. Relación experiencia – teoría.
3. Relación simulación – experiencia.
4. Relación experiencia – simulación.
5. Relación teoría – simulación.
6. Relación simulación – teoría.

(J. Wagensberg)

7. MARCO CONCEPTUAL

Los sistemas vivos muestran un mundo dinámico, en constante cambio, en evolución, siempre en la búsqueda de equilibrio no estático, el modelo es de carácter cinético. Esta dinámica permite realizar los siguientes cuestionamientos. ¿Cuáles son los elementos que propician esta inestabilidad? ¿Existe un propósito en estas dinámicas de cambio? Somos testigos de cómo la reflexión científica ha dado respuesta a estas preguntas, generando un cambio paradigmático. Si se toma como referente la biología, sus principales desarrollos, han tenido implicaciones radicales en otros campos del conocimiento humano. (Briggs y Peat)¹¹

En la actualidad se han generado nuevas formas de abordar el conocimiento sobre la naturaleza de la vida (campo biológico), los avances en las ciencias computacionales y la formulación de algoritmos desde el ámbito de las matemáticas permiten desarrollar simulaciones para comprender la naturaleza de los procesos biológicos. El desarrollo que ha tenido la biología gracias al aporte brindado por la teoría del Gaia (Lovelock y Margulis) y el planteamiento sistémico de la evolución¹² sustentada en tres elementos: la mutación¹³, la recombinación de ADN¹⁴ y simbiosis¹⁵, y la coevolución, han brindado un

¹¹ Existen referentes en otros campos del conocimiento, Morin en sus planteamientos para explicar el ecosistema en su libro "El método". (1977, 1980 y 1986). Se puede entablar una conexión con el trabajo sobre el desarrollo cognitivo realizado por Piaget. Sócrates hablaba sobre el continuo movimiento "Diálogos" Platón. E. Wilson en sus trabajos sobre sociobiología.

¹² "Un aspecto importante en la teoría clásica de la evolución es la idea de que, en el curso del cambio evolutivo y bajo la presión de la selección natural, los organismos se adaptaran gradualmente a su entorno hasta alcanzar un ajuste suficientemente adecuado para sobrevivir y reproducirse. Bajo la nueva perspectiva sistémica, sin embargo, el cambio evolutivo es visto como el resultado de la tendencia inherente en la vida a crear novedad, que puede o no ir acompañada de adaptación a las condiciones medioambientales cambiantes" (Capra)

¹³ Este concepto está basado en la teoría Neodarwinista "...toda variación evolutiva es el resultado de una mutación aleatoria – es decir cambios genéticos aleatorios..." (Capra)

¹⁴ Conocida también como *Intercambio global de genes*. Lynn Margulis y Dorion Sagan

"En los últimos cincuenta años, aproximadamente, los científicos han observado que [las bacterias] transfieren rápida y rutinariamente distintos bits de material genético a otros individuos. Cada bacteria dispone periódicamente del uso de genes accesorios, provenientes en ocasiones de muy diferentes linajes y que cubren funciones que quizás su propio ADN no podría desarrollar. Algunos de estos bits son recombinados con los genes originales de la célula, otros vuelven a ser puestos en circulación... Como resultado de esta habilidad, todas las bacterias del mundo tienen acceso a un único banco de genes y por ende, a los mecanismos de adaptación de todo el reino bacteriano" Nota del texto (Capra)

¹⁵ Se puede contemplar como la teoría de la simbiogénesis "Lynn Margulis declara que la formación de nuevas entidades compuestas a través de simbiosis de organismos anteriormente independientes ha sido la fuerza evolutiva más poderosa" (Capra).

marco teórico que permite entender, con más claridad, el proceso creativo de la vida. (Capra)

El abordaje de la autoorganización surgido en el marco de las ciencias de la complejidad, sirve de punto de referencia y al mismo tiempo posibilita la comprensión de los sistemas vivos, sin ser esta, una propiedad exclusiva de la biología. La autoorganización como noción sistémica, indica la característica de una entidad para organizarse a sí misma, sin la intervención de un agente externo.

Esta noción se origina con los primeros años de la cibernética gracias al aporte del trabajo de Warren McCulloch y Walter Pitts¹⁶, la emergencia espontánea del orden (auto-organización) es una propiedad básica de cierto tipo de sistemas. *“Para comprender el fenómeno de la autoorganización, debemos comprender primero la importancia del patrón. La idea de un patrón de organización es una configuración de relaciones características de un determinado sistema-”* (Capra), que permite la emergencia de ciertas propiedades sistémicas. La forma de este patrón es una intrincada red (no lineal) de relaciones, con la propiedad de retroalimentación y por consiguiente con la capacidad de autorregularse.

Heinz von Foerster desarrolla el primer modelo cualitativo de autoorganización, incorporando el concepto de orden y la métrica que puede ser utilizada para establecer el nivel de orden implicado en la «organización», para lo cual emplea el concepto de «redundancia» desarrollado en la teoría de la información.

Kauffman en su texto “The Origins of order: Self – organization and Selection in Evolution” (1993) presenta la autoorganización como una propiedad primordial en el proceso evolutivo de un sistema.

¹⁶ Para una explicación sobre el trabajo de estos científicos en el campo de redes neuronales ver Flake.

“Resumiendo estas tres características (creación de nuevas estructuras y modos de comportamiento, sistemas abiertos que operan lejos del equilibrio, interconectividad no lineal) de los sistemas auto organizadores, podemos decir que autoorganización es la aparición espontánea de nuevas estructuras y nuevos modos de comportamiento en sistemas lejos del equilibrio”. (Capra)

Los estados futuros de un sistema con la propiedad de auto organizarse, se generan desde el interior del sistema mismo y de las relaciones que establezcan con el medio, el futuro ya no está completamente gestado por el pasado, sino más bien que se deriva de una cierta conciencia o premonición procedente del propio futuro. No se trata de una simple repetición de estados anteriores, tiene la posibilidad de generar órdenes que antes no existían, capacidad de creación.

Al realizar observaciones de un fenómeno, en especial de carácter natural, siempre se espera que se revelen un conjunto de conocimientos que nos permitan comprenderlo, se busca tener el control; lo que no se comprende es considerado, caótico. En la naturaleza, los sistemas vivos se presentan esquivos frente a las posturas que buscan racionalizarlos. *“Aunque los seres humanos tendemos a aborrecer el caos y evitarlo siempre que nos sea posible la naturaleza lo utiliza como medio adecuado para crear nuevas entidades”¹⁷*, como herramienta para asegurar su supervivencia.

Para la presente investigación se plantea el análisis ambiental en el marco de la complejidad, ya que contempla la organización social, como un conjunto de seres vivos, la forma como interactúan en una intrincada red de relaciones, como resultado del intercambio de materia e información, entre si y con su entorno. La autoorganización del sistema de las curtiembres, se genera por la capacidad de las empresas para controlar y distribuir la cantidad producción a

¹⁷ Briggs John. Peat David. “Las siete leyes del caos”

realizar en cada una de las iteraciones y por consiguiente la contaminación emitida al medio.

7.1 TEORIA DEL GAIA

El nombre es tomado de la mitología griega, Gaia es la madre de la Tierra. Esta noción está ligada con el concepto de la vida, parte desde sus orígenes y se extiende hasta los límites de la vida misma, plantea que la Tierra es un inmenso organismo viviente¹⁸, autoorganizado, autorregulado y autocambiante, no se puede considerar a Gaia como un sinónimo de biosfera o de biota, estos forman parte de ella, sin constituirla en su totalidad, la hipótesis de Gaia plantea que algunos elementos se mantienen constantes y que esta homeostasis se logra por procesos cibernéticos, las condiciones se mantienen constantes por periodos de tiempo y evolucionan en sincronía con los cambios requeridos por el biota, la vida y su entorno están tan

¹⁸ En particular se encuentran relaciones con el tema de Gaia, en el texto "Los seres imaginarios" de Jorge Luis Borges de 1968. En este libro el autor hace una descripción literaria de seres o animales míticos, uno de estos seres son los animales esféricos, considerando la tierra como un gran organismo.

"Animales esféricos

La esfera es el más uniforme de los cuerpos sólidos, ya que todos los puntos de la superficie equidistan del centro. Por eso y por su facultad de girar alrededor del eje sin cambiar de lugar y sin exceder sus límites, Platón (*Timeo* 33) aprobó la decisión del Demiurgo, que dio forma esférica al mundo. Juzgó que el mundo es un ser vivo y en las *Leyes* (898) afirmó que los planetas y las estrellas también lo son. Dotó, así, de vastos Animales Esféricos a la zoología fantástica y censuró a los torpes astrónomos que no querían entender que el movimiento circular de los cuerpos celestes era espontáneo y voluntario.

Más de quinientos años después, en Alejandría, Orígenes enseñó que los bienaventurados resucitarían en forma de esferas y entrarían rodando e la eternidad.

En la época del Renacimiento, el concepto de Cielo como animal reapareció en Vantini; el neoplatónico Marsilio Ficino habló de los pelos, dientes y huesos de la Tierra y Giordano Bruno sintió que los planetas eran grandes animales tranquilos, de sangre caliente y de hábitos regulares, dotados de razón. A principios del siglo XVII, Kepler discutió con el oculista inglés Robert Fludd la prioridad de la concepción de la Tierra como monstruo viviente, <<cuya respiración de ballena, correspondiente al sueño y la vigilia, produce el flujo y el reflujo del mar>>. La anatomía, la alimentación, el color, la memoria y la fuerza imaginativa y plástica fueron estudiados por Kepler.

En el siglo XIX, el psicólogo alemán Gustav Theodor Fechner (hombre alabado por William James, en la obra *A Pluralistic Universe* repensó con una suerte de ingenioso candor las ideas anteriores. Quienes no desdeñan la conjetura de que la tierra, nuestra madre, es un organismo, un organismo superior a la planta, al animal y al hombre, pueden examinar las piadosas páginas de su *Zend-Avesta*. Ahí leerán, por ejemplo, que la figura esférica de la tierra es la del ojo humano, que es la parte más noble de nuestro cuerpo. También, <<que si realmente el cielo es la casa de los ángeles, éstos sin duda son las estrellas, porque no hay otros habitantes del cielo>>."

íntimamente relacionados que la evolución afecta no solamente a los seres o a su ambiente individualmente sino que afecta a Gaia.

Esta teoría planteada por James Lovelock en 1979, generó alta controversia en el campo científico, y en principio fue catalogada como especulación y sólo una década después se reconoce como un campo prioritario para diferentes disciplinas.

7.1.1 DAISYWORLD

El mundo de las margaritas es una modelación esquemática que permite explicar la teoría de Gaia, publicado en 1983 en *Tellus "The parable of Daisyworld"*, por el mismo autor de la teoría. En el se plantea un planeta con condiciones similares a la tierra, con zonas continentales y oceánicas, como representación de la vida, se desarrollaran en principio dos especies de margaritas unas claras y otras oscuras. El planeta gira alrededor de una estrella que lo calienta e ilumina, además de ello la cantidad de emisión de energía siempre estará en aumento. De esta manera se esquematiza el ambiente a una sola variable, temperatura, el biota por las margaritas, ellas tendrán un rango de temperatura apto para su desarrollo y un albedo correspondiente con el color. De esta manera el ambiente brinda la temperatura necesaria para comenzar el proceso de reproducción, inicialmente existen unas margaritas mas aptas que otras de acuerdo con su albedo, esta característica propia de las margaritas regula el aumento de temperatura manteniéndolo siempre apta para la vida, los procesos de realimentación alterarían las poblaciones de margaritas para los diferentes periodos.

8. “COMUNIDAD DE SAN BENITO”

El trabajo de curtiembre en el sector de San Benito en Bogotá, es desarrollado por una comunidad que presenta niveles de calidad de vida bajos, según los estándares actuales del mundo desarrollado. Las condiciones sociales y económicas de la localidad han hecho que la implementación del proceso -descrito posteriormente- se adapte lentamente. Existen curtiembres que realizan la totalidad del proceso, otras empresas realizan parcialmente el proceso contratando las operaciones faltantes con microempresas que se especializan en la prestación del servicio.

La actividad es abordada sin el menor reparo en el ámbito de la sostenibilidad generando un impacto nocivo para el medio ambiente, en términos inmediatos sobre el río Tunjuelito, en términos mediatos sobre la localidad y finalmente sobre la ciudad.

En la actualidad muchas de las curtiembres localizadas en Villa Pinzón Cundinamarca, fueron cerradas por disposiciones del DAMA, algunas de las curtiembres de San Benito también fueron cerradas generando un impacto sobre la comunidad, las otras se encuentran en evaluación y estudio. La contaminación emitida por estas empresas al utilizar el recurso hídrico pone en alto riesgo la conservación del ambiente. Bajo las actuales condiciones del proceso de curtiembre es indispensable el uso de agua, este recurso está llegando a formas y niveles de sobre explotación afectando no solamente a la localidad, sino también a todos los ecosistemas relacionados con el paso del río Tunjuelito.

El plan de ordenamiento territorial de Bogotá, indica que se deben agrupar un 80% de las curtiembres en un Parque Industrial Ecoeficiente en el sector de San Benito.

Para evitar la sobre explotación del recurso se debe proponer un uso adecuado, las curtiembres deben ser las generadoras de un modelo de organización que garantice la continuidad y evolución de esta actividad

productiva sin poner en riesgo la vida del sistema (*la tragedia de los comunes*).

8.1 CURTIEMBRES

Los cambios en políticas medioambientales en países desarrollados, ha tenido implicaciones en los países en vía de desarrollo, actividades que se declararon prohibidas o con muchas restricciones se desplazaron a lugares donde la legislación en estos aspectos no se ha generado o no es tan fuerte, originando nichos de contaminación, este es el caso de las curtiembres. Presentando una atractiva demanda del producto.¹⁹

La proliferación de las pequeñas y medianas industrias, en las áreas o lugares donde se concentra el desarrollo, como consecuencia, ha aglutinado las fuentes principales de contaminación.

En la actualidad el tratado de libre comercio, podría expandir la actividad industrial, presionando el ambiente en función de una alta demanda de recursos naturales y una mayor generación de contaminantes. La liberación de la competencia de mercados, puede establecer dos dinámicas, una que muestre mercados mas exigentes inclinándose por productos que cumplan normatividades ambientales, y otra que las industrias presionen a las autoridades ambientales para minimizar los costos derivados del cumplimiento de las medidas ambientales.

El recurso hídrico es uno de los más usados en general en los procesos industriales ya sea como materia prima o como insumo de producción. Finalizado el proceso el agua ha sufrido una serie de alteraciones físicas y químicas que trae como consecuencia su contaminación, alcanzando niveles que superan ampliamente la capacidad natural de auto purificación. En Colombia los indicadores sobre vertimientos se encuentran clasificados según los sectores industriales en la resolución 1074 de 1997.

¹⁹ Rodríguez, Álvaro José. La producción más limpia en el TLC con Estados Unidos. Noviembre de 2005.

En la curtiembre el uso intensivo de químicos, la hace una de las actividades más riesgosas para la salud de los operarios y de las más contaminadoras del medio ambiente. A pesar del surgimiento de productos sintéticos considerados como sustitutos, la demanda de cuero curtido como materia prima para la elaboración de diversos productos, esta en aumento considerable, la actividad de las pequeñas y medianas industrias, como respuesta a esta demanda, incrementa la generación de residuos, efluentes y emisiones atmosféricas.

Debido a que muchas curtiembres surgieron a manera de famiempresas que han aumentando su tamaño poco a poco, presentando un crecimiento industrial no planificado; causa problemas de contaminación severa por la peligrosidad de sus vertimientos.

Las principales dificultades sobre este tema, encontradas en la microempresas de Bogotá son²⁰:

Limitada capacidad gerencial.

Deficiente gestión de calidad.

Incumplimiento de normatividad.

Tecnología obsoleta.

Deficiente relación entre empresas.

Limitados mecanismos de comunicación.

No disponibilidad de un mercado financiero.

Los procesos empleados por algunas de estas empresas y por la condición actual del proceso de curtición, han generado problemáticas como taponamiento de alcantarillado por descarga de residuos sólidos, la contaminación del recurso hídrico por desechos orgánicos y químicos, que se pueden sintetizar en un deficiente manejo de los residuos generados. Estos aspectos afectan el desarrollo de las industrias. Además, la proliferación de

²⁰ Uribe, Eduardo. "La pequeña y la mediana industria y sus relación con las regulaciones y las instituciones ambientales en Colombia". DAMA. 1995.

estas empresas, hace urgente plantear diferentes formas de gestión ambiental.

8.2 CADENA PRODUCTIVA DEL CUERO

El proceso de curtido forma parte de la cadena productiva del cuero, el proveedor de la materia prima es la industria ganadera, durante la etapa de levante del ganado, los ganaderos no prestan mucha atención a la piel, esta es considerada como un subproducto del mercado de carne, representando solamente el 4% de su valor, esto hace que la piel en sí no sea un factor determinante para el sacrificio de reses. El siguiente eslabón de la cadena se encuentra ligado a los mataderos, la calidad de su infraestructura incide en un adecuado desuello y por consiguiente en la calidad propia de la piel.

El sector de las curtiembres se compone de micro, pequeña y mediana empresas de tradición familiar, donde predominan las dos primeras.



8.3 DEFINICIÓN DEL PROCESO

El objetivo del proceso de la curtición es la transformación de las pieles de diversos animales, tales como bovinos, ovinos y porcinos, y otras más exóticas como cocodrilo y culebra, en cuero, por la reacción de las fibras de colágeno de la piel con agentes curtientes; de esta forma da uniformidad y estabilidad a las fibras proteicas, mediante la formación de complejos tipo quelatos, con el

fin de evitar su descomposición y facilitar su uso en la fabricación de diversos artículos como calzado, marroquinería, talabartería, tapizados, entre otros.

En la clasificación CIIU (Clasificación Internacional Industrial Unificada de Actividades Económicas) el sector incluye:

D191000 Curtido y preparado de cueros.

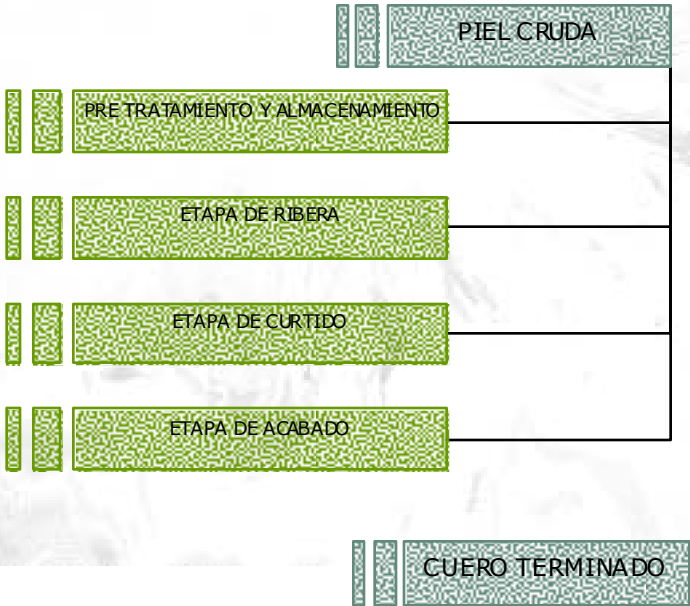
D191001 Curtido y acabado de cueros.

D191003 Charolado del cuero.

D191004 Fabricación de cuero gamuzado, apergaminado, metalizado, grabado.

8.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Las principales etapas del proceso de curtición son el pre-tratamiento y almacenamiento, ribera, curtido y acabado.



8.4.1 Pre-tratamiento y almacenamiento

El procesamiento del cuero inicia inmediatamente después del sacrificio del animal, la función de la curtiembre es evitar la putrefacción del cuero, en esta etapa el proceso se divide en estados, clasificados según el momento de la curtición, así:

Pieles frescas:

Si el tiempo entre el sacrificio del animal y el proceso de curtido es corto, la curtición puede empezar sin un tratamiento previo del cuero.

Pieles saladas:

En este caso las pieles deben ser almacenadas por un tiempo considerable antes de su proceso de curtición. Debido a esto, los cueros reciben un tratamiento con el objetivo de proteger la piel contra microorganismos y en general del proceso natural de putrefacción. El tratamiento de preservación comienza con una inmersión del cuero en salmuera, luego para su apilamiento las capas de cuero son separadas por un manto de sal. La calidad de la sal, identificando elementos como el tamaño del grano, procedencia marina o mina, entre otras afectan el proceso.

Pieles verdes:

Si el tiempo entre el sacrificio del animal y el proceso de curtido es demasiado largo, los cueros deben ser tratados repetidamente con sal, previos al proceso de curtición.

Finalmente las pieles son secadas para evitar la acción de las bacterias, la velocidad de secado es una variable importante a considerar en esta operación.

8.4.2 Ribera

El objetivo de esta etapa es limpiar y preparar el cuero para el curtido. Comprende las siguientes operaciones: recepción de las pieles, desorillo preliminar, remojo, encalado y pelambre, descarnado y dividido (separación del corium en flor y carnaza). Desde el punto de vista ambiental, esta etapa contribuye con aproximadamente el 65% de los efluentes líquidos generados durante todo proceso, el restante proviene del curtido, lavado final y

mantenimiento de la planta.²¹ Se presentan descargas puntuales, con características variables, dependiendo de la operación.

Recepción de las pieles:

Se realiza en los saladeros o directamente en la curtiembre, posteriormente se clasifica de acuerdo a la calidad de la piel y el pre-tratamiento.

Desorillo preliminar:

Consiste en la operación manual de retirar los apéndices como cola, extremidades, entre otras; así se evita que en las piletas se rasgue piel buena al enredarse con las aspas.

Remojo:

El fin de esta operación es la rehidratación por medio de agua de cueros, alterándose de acuerdo a los procesos de pre-tratamiento, se realiza en tambores rotativos o tanques. En la práctica, los volúmenes de agua cargados al fulón son medidos en forma aproximada según la experiencia del operador. Es necesario adicionar bactericidas, ya que la presencia de agua reactiva la putrefacción del cuero. La operación se puede acelerar aumentando la temperatura del agua.

Aquí se generan efluentes líquidos que contienen sal, sangre, tierra, heces y grasas, de no hacerlo favorecería el desarrollo bacteriano y podrían ser origen de decoloración y manchas en el cuero terminado, necesita una alta DBO por la presencia de materia orgánica.

El remojo del cuero, afecta la uniformidad de la acción de los químicos usados en la curtición.

²¹ Cinset-Dama. Valoración del Impacto Ambiental de la Pyme en el D.C., Santa fe de Bogotá D.C., Jun. 1996.
Proyecto Gestión ambiental en la Industria de Curtiembre en Colombia. Centro Nacional de Producción Más Limpia. 2004.

En el caso particular de las curtiembres de San Benito, el tiempo de remojo tiene grandes variaciones, originadas por la variedad de tensoactivos (detergentes) que se pueden adicionar al baño y la temperatura el agua.

Encalado y pelambre:

Esta operación se realiza para hinchar la piel y facilitar la eliminación de pelo en el cuero. La técnica de destrucción del pelo empleando sulfuro de sodio y cal, es la más diseminada y usada desde entre los curtidores, la concentración de estos químicos y la temperatura altera el tiempo del proceso. Se generan desechos líquidos en gran volumen con sal, pelo, excesos de cal y sulfuros. Las aguas residuales de esta operación son las más concentradas de todas las generadas en la fabricación de cuero, representando entre 70% y 80% de toda la contaminación de la carga originada en los efluentes. Las altas concentraciones, posibilitan la reutilización de las aguas residuales de pelambre con un tratamiento adecuado.

Si el producto que se desea obtener debe ser demasiado blando es necesario repetir el encalado.

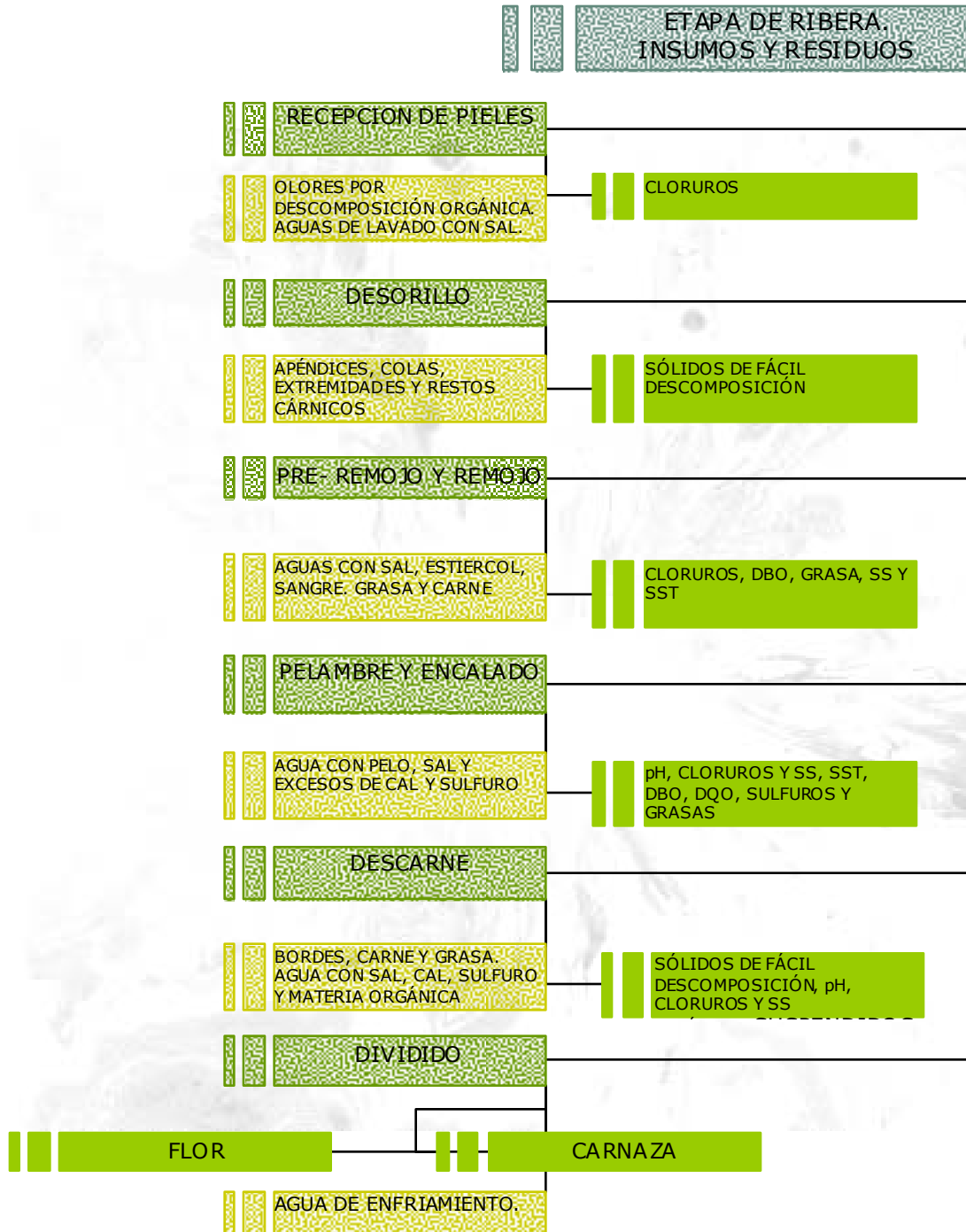
Descarne:

Esta operación es la remoción, por lo general manual, de tejidos adiposos, carne y bordes de la piel en mal estado para facilitar la penetración de los agentes curtientes. Una variación del proceso es realizar un pre-descarne antes del encalado para recuperar grasa naturales que se usan en la fabricación de otros productos. Los efluentes líquidos contienen una alta concentración de sólidos en suspensión que pueden ser tamizados, para reducir la carga contaminante.

Dividido:

Consiste en la separación mecánica de la flor y la carnaza, esto cuando se trata de pieles vacunas en proceso de plena flor y flor corregida; no para el proceso de suelas ni en el caso de pieles pequeñas como becerro, cabra y

oveja. Esta operación se puede realizar después del pelambre o después del curtido en "wet blue"²².



²² Esta denominación se da al cuero al finalizar la etapa de curtido cuando ha sido realizada al cromo.

En la gran mayoría de las curtiembres la carnaza no se curte por no tener un mercado para ubicar este producto, son vendidas para fabricar gelatina, o para que otras empresas, la curta y comercialice para la elaboración de guantes, petos, botas militares, juguetes para perros y algunos artículos para confección.

8.4.3 Curtido

En general la etapa de curtido, comprende las siguientes operaciones: desencalado y purga, piquelado y curtido, la finalidad es un acondicionamiento químico para facilitar la acción del agente curtiente.

Esta etapa genera el 35% de los efluentes líquidos descargados, y una parte menor de los residuos sólidos desechados.

Desencalado y purga:

Preparación de la piel para el curtido, se lava la piel con agua limpia para remover la cal y el sulfuro. La operación se realiza en tambores rotativos o bombos adicionando al agua sulfato de amonio y bisulfito de sodio. La técnica se cambia, si se necesita un cuero suave se denomina baño, si se produce un cuero grueso, se realiza un baño corto o en seco. El efluente presenta cargas de cal y sulfuro de sodio que deben ser procesadas posteriormente.

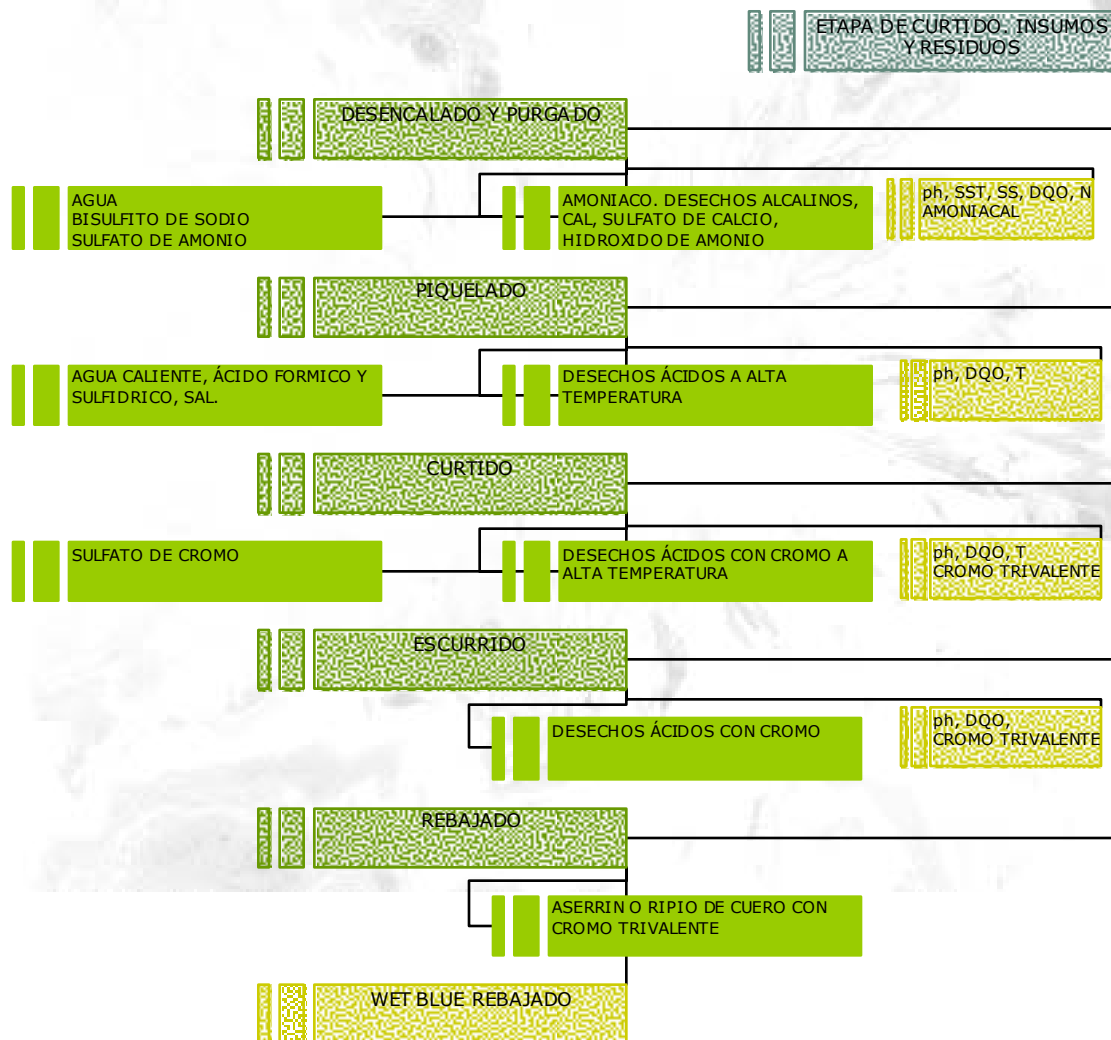
La purga elimina las raíces de pelo que estén presentes en el cuero, las enzimas denominadas lipasas, su concentración, la temperatura, la acción mecánica de retirado de pelo, la cantidad de agua y el ph del baño son los factores a considerar en la operación.

Piquelado:

El piquelado tiene como finalidad mantener la piel, en un medio ácido, para lograr que la piel convierta la mayor cantidad de colágeno en cuero. Al igual que la operación anterior se realiza en bombos adicionando agua limpia, ácido sulfúrico y/o fórmico.

Curtido:

El curtido modifica las pieles en materias fuertes y resistentes a la acción biológica o a cargas físicas. Según el tipo de curtiembre se clasifica esta operación en curtido vegetal, curtido mineral o curtido sintético. "El curtido con sales de cromo representa el 80% de la producción total de cueros en el mundo. Con estas sales se logra un muy buen nivel de calidad, una producción racional y un acabado económicamente ventajoso; Todas las anteriores ventajas hacen que las sales de cromo mantengan el liderazgo. Por esto es necesario continuar trabajando en el problema ambiental"²³.



²³ ACERCAR.

8.4.4 Acabado

Se realizan con el fin de suministrar diferentes características al cuero de acuerdo con su uso final. Esta etapa genera el 5% de los efluentes líquidos desechados dentro del proceso, también una pequeña parte de residuos sólidos.

Escurrido o prensado:

Es la operación mecánica (prensado) donde los cueros pierden humedad (licor de cromo), estiran las partes arrugadas y aumentan su área. Al finalizar el escurrido es necesario dejar reposar los cueros un tiempo para que los cueros adquieran su espesor final.

Rebajado:

Se realiza mecánicamente en una maquina rebajadora, con el fin de reducir el calibre del cuero hasta obtener un espesor uniforme. Se produce un aserrín que contiene cromo trivalente cuando se ha curtido al mineral.

Recurtido:

El cuero en estado "wet blue" recibe un nuevo proceso de curtición que puede ser al tanino o al cromo nuevamente. Si se realiza un curtido al tanino se denomina un curtido combinado. Con esta operación se brindan las características finales del producto.

Blanqueado:

No se realiza en todos los casos, solamente se emplea para eliminar manchas producidas por ácidos.

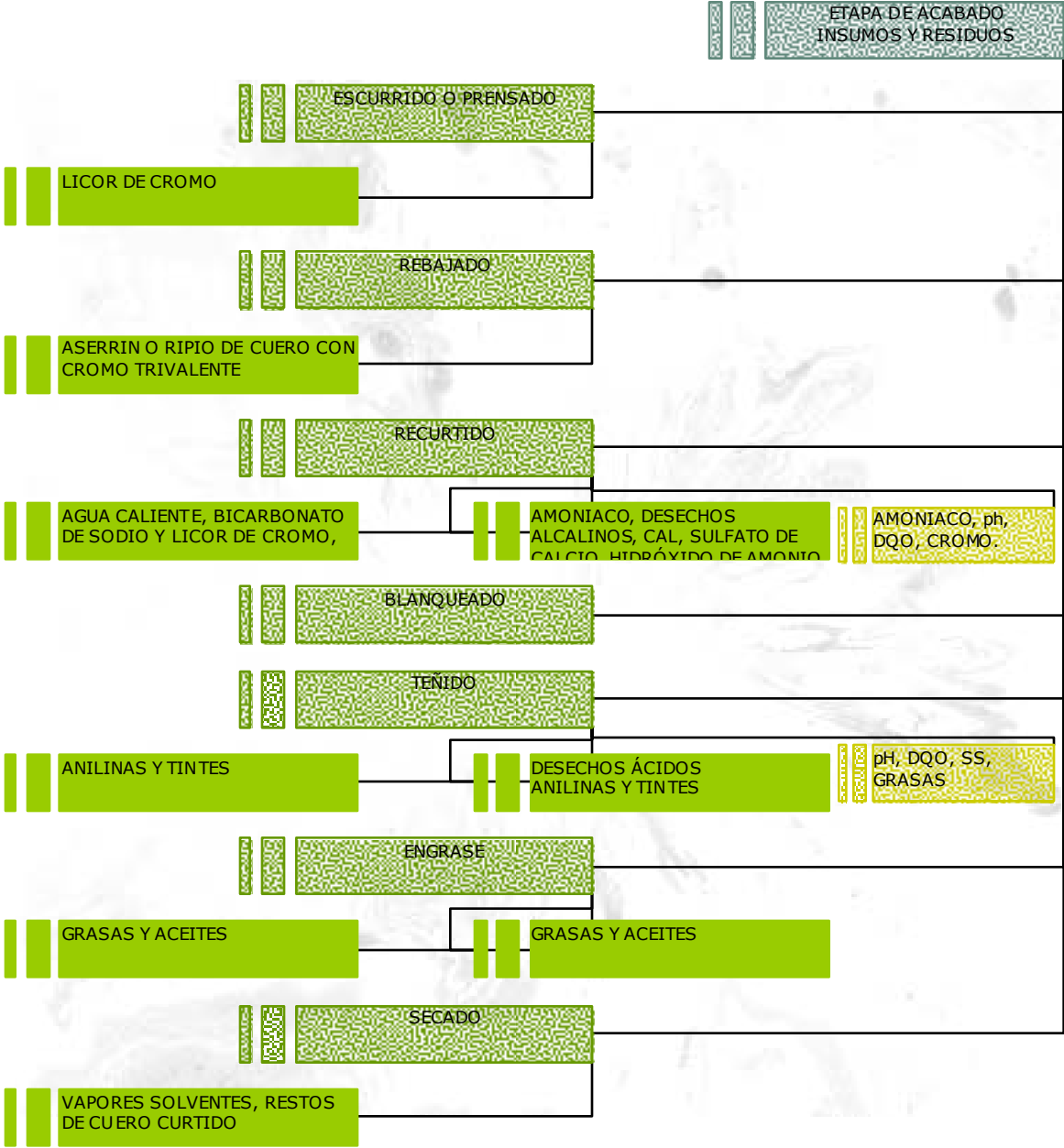
Teñido:

Se realiza para darle al cuero el color deseado, por medio de anilinas y tintes.

Engrase:

Se realiza para evitar el cuarteamiento del cuero. Devolviendo al cuero las grasas perdidas durante el curtido, se adicionan agentes engrasantes

comerciales, así como grasas y aceites de origen vegetal y animal, impartiendo al cuero mayor suavidad, elasticidad, textura, resistencia y brillo según el producto deseado.



Secado:

Se elimina el agua contenida en el cuero hasta un 18 a 20%, Se efectúa al aire libre o se induce por otros medios como: secado en estufa, plancha de secado horizontal y vertical, secado al vacío y "toggling".²⁴

8.5 IMPACTO AMBIENTAL DEL PROCESO

Los residuos generados en el proceso de curtido, están constituidos en su mayor parte por los efluentes generados. Los residuos tienen una alta demanda biológica de oxígeno -DBO- y alta demanda química de oxígeno -DQO- debido a la presencia de materias orgánicas, y elevadas concentraciones de sólidos en suspensión, sólidos disueltos, aceites y grasas. Según la etapa y el proceso desarrollado el efluente generado puede contener los siguientes elementos químicos: cromo, sulfuro, nitrógeno, nitrógeno de amoníaco, fósforo, sulfato, tolueno, aluminio, cromo, cianuro, plomo, níquel, titanio, cinc, circonio, éter, triclorofenol, cloroformo, diclorobenceno, etilbenceno, cloruro de metileno, naftaleno, pentaclorofenol, fenol y talato.(PNUMA). Las aguas residuales de las curtiembres tienen un ph ácido y una cantidad importante de cal. En las etapas finales del proceso, las aguas residuales reciben tintes que contaminan el recurso.

La contaminación atmosférica del proceso de curtido está representada por los olores, generados por la descomposición de materia orgánica y por los sulfuros presentes en las aguas residuales, adicional a ello, producto del uso de calderas en el proceso, se emiten materiales particulados al medio.

La contaminación generada en términos de ruido, esta asociada con el uso de maquinaria obsoleta y por el escaso mantenimiento efectuado.

Los residuos sólidos de proceso básicamente son: carnaza, desperdicios de piel, pelo, grasa, carne y excesos de cal y sulfuros. Durante la etapa de rebajado se genera un desecho particulado con un alto nivel de cromo. Para su

²⁴ Lucchese, Flavio y otros. Influencia de las operaciones de secado y ablandamiento en la variación del rendimiento en cueros vacunos curtidos al cromo. Revista Cueros, Vol. 1 No. 2, Santa fe de Bogotá D.C., Abril 1982.

evaluación es necesario establecer el tipo de residuo sólido, su caracterización física, química y biológica.

ETAPA	PARAMETRO	FACTOR AFECTADO	LIMITES PERMISIBLES	VALORES PRESENTADOS	IMPACTO
RECEPCIÓN DE PIELS	OLOR	AIRE		Podredumbre, continuo	Afecta industria y población
	CLORUROS	AGUA			Aumento salinidad, Disminución O disuelto
DESORILLO PRELIMINAR	SOLIDOS PUTREFASCIBLES	SUELO		P:25Kg,M:2.6t,G:8t/día	Disposición directa,foco infeccioso,olor
	OLOR SOLIDOS TOTALES	AIRE AGUA		Podredumbre, continuo	Afecta industria y población Obstrucción sistema alcantarillado
REMOJO Y LAVADOS	SOLIDOS SUSPENDIDOS	AGUA	< 50 mg/l	10700 mg/l	Obstrucción sistema alcantarillado
	DQO	AGUA	<200 mg/l	15100 mg/l	Carga organica al cuerpo hídrico
	CLORUROS	AGUA		44000 mg/l	Aumento salinidad, Disminución O disuelto
	pH	AGUA	5 - 9 uni.	9.5 unidades	Muerte fauna y flora acuatica
	SOLIDOS DISUELTOS	AGUA		84300 mg/l	
PELAMBRE Y ENCALADO	SOLIDOS SUSPENDIDOS	AGUA	< 50 mg/l	6702 - 12000 mg/l	Obstrucción sistema alcantarillado
	DQO	AGUA	<200 mg/l	34272 - 39800 mg/l	Carga organica al cuerpo hídrico
	SOLIDOS DISUELTOS	AGUA		25034 - 50000 mg/l	
	pH	AGUA	5 - 9 uni.	12.3 - 13.3 unidades	Muerte fauna y flora acuatica
	SULFUROS	AGUA	< 10 mg/l	1007 - 1480 mg/l	Afecta vida acuatica, posible formación H2S
	GRASAS	AGUA	Remoción	38.8 - 635 mg/l	Altera fotosíntesis, posibles obstrucciones.
DESCARNE	CLORUROS	AGUA		22690 mg/l	Aumento salinidad, Disminución O disuelto
	Namoniaca	AGUA		236 mg/l	Eutroficación
DESENCALADO	SOLIDOS PUTREFASCIBLES	SUELO		P:48 Kg,M:5t, G:16t/día	Disposición directa, posible infección, olor
	SOLIDOS SUSPENDIDOS	AGUA	< 50 mg/l		
	DQO	AGUA	<200 mg/l	2944 - 16700 mg/l	Carga organica al cuerpo hídrico
	pH	AGUA	5 - 9 uni.	9.6 - 11.7 unidades	Muerte fauna y flora acuatica
	SOLIDOS SUSPENDIDOS	AGUA	< 50 mg/l	1572 - 6070 mg/l	Obstrucción sistema alcantarillado
PIQUELADO	SOLIDOS DISUELTOS	AGUA		3438 - 22130 mg/l	
	Namoniaca	AGUA		7.5 mg/l	Eutroficación
	pH	AGUA	5 - 9 uni.	2.3 unidades	Muerte fauna y flora acuatica
	DQO	AGUA	<200 mg/l	3750 - 6467 mg/l	Carga organica al cuerpo hídrico
	T	AGUA	< 40 C		
CURTIDO	CROMO	AGUA	< 5 mg/l	9.4 - 240 mg/l	Muerte fauna y flora acuatica
	pH	AGUA	5 - 9 uni.	3.8 unidades	Muerte fauna y flora acuatica
	DQO	AGUA	<200 mg/l	7900 - 11776 mg/l	Carga organica al cuerpo hídrico
	T	AGUA	< 40 C		Altera habitat natural
	SOLIDOS DISUELTOS	AGUA		31368 mg/l	
	SOLIDOS SUSPENDIDOS	AGUA	< 50 mg/l	742 mg/l	Obstrucción sistema alcantarillado
RECORTES Y REBAJADO	SOLIDOS CURTIDOS	SUELO		P:45Kg,M:4.7t,G:14.7t/día	Disposición directa, posible infección, olor posible formación Cr+6 por quemado.
RECURTIDO	pH	AGUA	5 - 9 uni.	3.9 unidades	Muerte fauna y flora acuatica
	DQO	AGUA	<200 mg/l	1402 mg/l	Carga organica al cuerpo hídrico
	T	AGUA	< 40 C		Altera habitat natural
TEÑIDO Y ENGRASE	pH	AGUA	5 - 9 uni.	3.5 unidades	Muerte fauna y flora acuatica
	DQO	AGUA	<200 mg/l	5440 - 40848 mg/l	Carga organica al cuerpo hídrico
	SOLIDOS DISUELTOS	AGUA		4290 - 19840 mg/l	
	GRASA	AGUA	Remoción	8.8 - 126 mg/l	Altera fotosíntesis, posibles obstrucciones.
DESORILLO Y DESEMPOLVADO	SOLIDOS SUSPENDIDOS	AGUA	< 50 mg/l	704 - 2980 mg/l	Obstrucción sistema de alcantarillado
	RESIDUOS SOLIDOS CURTIDOS	SUELO		P:7Kg,M:741Kg,G:2t/día	Disposición directa, posible infección, olor posible formación Cr+6 por quemado.
ACABADO	pH	AGUA	5 - 9 uni.	4.6 unidades	Muerte fauna y flora acuatica
	SOLIDOS TOTALES	AGUA		1000 mg/l	Obstrucción sistema alcantarillado
	EMISIONES VOLATILES	AIRE			Afecta industria

Propel. Informe final Curtiembres San Benito, Santa fe de Bogotá D.C., 1995.

Generalmente las autoridades ambientales usan DBO²⁵ y DQO²⁶ como indicadores para controlar la contaminación de los cuerpos de agua y determinar las tasas retributivas que se deben pagar (Decreto 901 de 1997). Estos ensayos determinan la cantidad de oxígeno necesaria para degradar la materia orgánica e inorgánica presente en el agua. Existen análisis o ensayos realizados in-situ o en laboratorio para determinar las características físicas y químicas del agua. Adicionalmente se evalúan la presencia de grasas y aceites, la cantidad de sólidos en suspensión y metales pesados.

Acorde a lo establecido por el decreto 1594 de 1984, para elaborar modelos de simulación que permitan determinar la capacidad de asimilación o dilución de sustancias biodegradables y no biodegradables de un cuerpo de agua este proyecto plantea el uso de DBO y DQO como indicadores de comportamiento ambiental. La relación entre los valores de DBO y DQO es indicativa de la biodegradabilidad de la materia contaminante.

Para el proceso de curtición de 1000 Kg. de piel salada, se usan aproximadamente 450 Kg. de diferentes insumos químicos. En la salida de esta actividad se obtendrán 200 Kg. de cuero curtido, 40 Kg. de solventes emitidos a la atmósfera, 640 Kg. de residuos sólidos.

Las principales características afectadas del agua son: olor, conductividad eléctrica, grasas y aceites que alteran su capa superficial, color, materia orgánica, oxígeno, ph, sólidos sedimentables y suspendidos, sulfatos, sulfuros, turbiedad, presencia de cromo, óxidos de azufre, nitrógeno, y carbono.

La totalidad del proceso, presenta la siguiente información sobre concentración de sustancias.

²⁵ Centro Nacional de Producción mas Limpia. Proyecto de Gestión Ambiental en la Industria de la Curtiembre en Colombia. Este parámetro muestra el crecimiento o decrecimiento de la materia orgánica a través del tiempo.

²⁶ Centro Nacional de Producción mas Limpia. Proyecto de Gestión Ambiental en la Industria de la Curtiembre en Colombia. Este parámetro determina el oxígeno requerido para oxidar una muestra del efluente en su totalidad.

MODO DE CONTAMINACIÓN	TIPO DE CONTAMINANTE	INDICE DE CONTAMINACIÓN
EFLUENTE LIQUIDO	DBO ₅	1400 - 3500 mg/l
	DQO	1600 - 6200 mg/l
	SST	800 - 2500 mg/l
	Grasas y Aceites	40 - 200 mg/l
	Taninos	360 - 400 mg/l
	NTK	30 - 150 mg/l
	PH (Tanino)	8 - 11 mg/l
	PH (Cromo)	6
	Sólidos Sedimentables	100 - 120 mg/l

Fuente: Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación del Aire, Agua y Suelo. SEDUE, NU, OPS. 1984

Se resaltan los valores que se contemplan para el presente trabajo.

8.6 LEGISLACIÓN AMBIENTAL

La preocupación sobre las condiciones ambientales del planeta, no es ajena a ningún país, todos los estados desarrollan políticas y programas, acordes con sus necesidades, que propendan por un mejor uso de los recursos. Colombia, a través del SINA (Sistema Nacional Ambiental) realiza estas actividades. Para el caso de las curtiembres en San Benito, es el DAMA (Departamento Técnico-administrativo del Medio Ambiente) la entidad responsable para controlar el impacto ambiental generado por los diferentes agentes contaminantes.

Las curtiembres, por utilizar altas cantidades de agua en su proceso productivo deben considerar los siguientes elementos contemplados en la legislación nacional.

El dominio de las aguas (Artículo 36 Decreto 1541 de 1978) establece una clasificación en públicos y privados, para el primer caso el dominio es de la nación, y para el segundo caso el dominio es de particulares siempre que los nacimientos de agua se encuentren en predios del mismo carácter. Las curtiembres que opten por la exploración en búsqueda de aguas en sus propios predios deben ajustarse a la reglamentación expedida por el Dama para este fin. Esta situación no es frecuente en San Benito.

En términos de vertimientos, entendiendo vertimiento como la descarga líquida realizada sobre un cuerpo de agua o alcantarillado público (Artículo 6, Decreto 1594 del Ministerio de Salud) y vertimiento no puntual, es aquel que no permite precisar el lugar donde se efectúa la descarga al recurso; la disposición de ellos no se puede realizar a través de los sistemas propios de las aguas lluvias cuando existan en forma separada elementos para su manejo. Además estos vertimientos no se pueden enviar a los cuerpos de agua sin un previo tratamiento. Existen empresarios que usan diferentes tipos de aguas con el propósito de diluir los vertimientos antes de su llegada a los cuerpos de agua, esto se prohíbe, al igual que la disposición de sólidos y lodos generados del tratamiento de agua a los cuerpos de agua. Los empresarios deben registrar ante la autoridad competente (DAMA) los vertimientos propios de su actividad.

La resolución 1074 de 1997 (octubre 28) emitida por el DAMA, "por la cual se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos", se establece como sistema de referenciación²⁷ para este proyecto. Se plantea un sistema de referenciación colectivo, que permita la participación de un conjunto de empresas que se comporten sistémicamente.

²⁷ La referenciación, entendida como la construcción de puntos de partida o patrones de comparación para transformar una situación particular.

Artículo 3°.- Modificado por la Resolución del DAMA 1596 de 2001. Todo vertimiento de residuos líquidos a la red de alcantarillado público y/o a un cuerpo de agua, deberá cumplir con los estándares establecidos en la siguiente tabla:

Concentraciones máximas permisibles para verter a un cuerpo de agua y/o red de alcantarillado público. Estas sustancias hacen parte del grupo denominado como sustancias de interés sanitario. (Decreto 1594 de 1984)

PARÁMETRO	EXPRESADA	NORMA (mg/L)
Arsénico	As (mg/l)	0.1
Bario	Ba (mg/l)	5.0
Cadmio	Cd (mg/l)	0.003
Carbamatos	Agente activo	0.1*
Cianuro	CN (mg/l)	1.0
Cinc	Zn (mg/l)	5.0
Cloroformo Extracto de Carbón	ECC (mg/l)	1.0
Cobre	Cu (mg/l)	0.25
Compuestos fenólicos	Fenol (mg/L)	0.2
Compuestos Organoclorados	Concentración de Agente activo	0.05*
Compuestos Organofosforados	Concentración Agente activo	0.1*
Cromo hexavalente	Cr + 6 (mg/l)	0.5
Cromo total	Cr total (mg/l)	1.0

DBO5	(mg/l)	1000
Dicloroetileno	Dicloroeti-leno	1.0
Difenil policlorados	Concentración Agente activo	N.D.**
DQO	(mg/l)	2000
Grasas y aceites	(mg/l)	100
Manganeso	Mn (mg/l)	0.112
Mercurio	Hg (mg/l)	0.02
Mercurio orgánico	Hg (mg/L)	N.D.**
Níquel	Ni (mg/l)	0.2
Ph	Unidades	5 - 9
Plata	Ag (mg/l)	0.5
Plomo	Pb (mg/l)	0.1
Selenio	Se (mg/l)	0.1
Sólidos sedimentables	SS (mg/l)	2.0
Sólidos suspendidos Totales	SST (mg/l)	800
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono (mg/l)	1.0
Tetracloruro de carbono	Tetracloru-ro de carbono (mg/L)	1.0
Tricloroetileno	Tricloro-etileno (mg/L)	1.0
Temperatura	Grados Centígrados (° C)	<30
Tensoactivos (SAAM)	(mg/l)	0.5

* Concentración de tóxico que produce la muerte del organismo.

** Se entenderá por valor No Detectable (N .D.) a la concentración de la sustancia que registra valores por debajo de los límites de detección empleando los métodos del manual Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Última Edición).

Se destacan los elementos considerados para el presente trabajo.

Las condiciones sobre la medición de la carga contaminante, debe contemplar que se considere previamente la concentración de carga contaminante en el punto de captación del recurso y en el punto de descarga, estableciendo la diferencia se obtiene la carga emitida. Partiendo del lugar donde se realiza el vertimiento, el área usada por el recurso para homogenizar la carga contaminante emitida al cuerpo de agua, se identifica como zona de mezcla. Adicional, el caudal del recurso hídrico se contempla bajo dos ópticas; la primera el caudal de vertimiento indica la cantidad de recurso utilizado en el proceso y que será vertido al cuerpo de agua, y la segunda que indica el caudal del cuerpo de agua.

El decreto 901 de 1997 establece las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de vertimientos, "la finalidad es que esta tasa se constituya como un instrumento económico que promueva en las industrias consideraciones ambientales sobre los procesos productivos empleados" (Carmenza Castiblanco), el debate sobre este tema ha centrado la atención en la capacidad de pago por parte de los agentes contaminantes y no necesariamente sobre un aspecto de concienciación en términos ambientales.

Para mejorar continuamente el comportamiento ambiental del sistema, es necesario establecer metas de reducción de carga contaminante, contemplando las características de los agentes que componen el sistema.

Para finalizar es importante aclarar que las reglamentaciones nunca serán suficientes, es necesario plantear situaciones diferentes donde las interacciones entre los elementos constitutivos de un ambiente no pongan en riesgo la propia subsistencia del sistema.

8.7 ANALISIS DEL NIVEL TECNOLÓGICO

“En términos generales, la tecnología empleada en el proceso de curtición, en Colombia para el caso de las pequeñas empresas es deficiente, el conocimiento ha sido transmitido de generación en generación y considera la utilización de métodos artesanales tradicionales con procesos que son llevados a cabo sin ningún tipo de control. Existe una falta de capacitación muy generalizada y además, gran resistencia a recibirla, a pesar de los esfuerzos que realizan las casas matrices y distribuidoras de los productos químicos que consumen, quienes los invitan a participar de cursos gratuitos.” (CAR).

Las empresas curtidores de San Benito no cuentan con los recursos económicos suficientes para adquirir equipos y maquinaria adecuados, en términos generales usan maquinaria obsoleta o en su defecto elaborada por personas que no cuentan con los conocimientos necesarios para el desarrollo y fabricación de buenos equipos, de otra parte, los programas de mantenimiento son nulos. Esto se refleja en la contaminación ambiental.

Los empresarios del sector de las curtiembres, no consideran como criterio importante para la selección de materias primas e insumos su impacto ambiental, es mucho más importante el precio. Para las materias primas no se ha establecido políticas claras que unifiquen criterios con el sector ganadero, este aspecto se mencionó antes y sus efectos básicos son que pieles demasiado defectuosas ocasionan mayores desperdicios en el proceso. A nivel de insumos existen diferentes productos equivalentes para el proceso de curtido, con un impacto ambiental menor, que no se implementan en el proceso por tradición cultural, típica en este sector, o por incremento en el costo.

Las malas estrategias de almacenamiento repercuten ambientalmente, por la acelerada degradación de la materia prima y por la deficiente manipulación de insumos químicos.

Los residuos sólidos son descargados sin tratamientos previos ya que no existe una preocupación por el deterioro ambiental.

Se puede globalizar la situación como una deficiente gestión administrativa y de producción a nivel individual y como conjunto de las industrias curtidoras.

A continuación se adicionan imágenes del proceso:



Recepción de pieles.



Piel en azul.





Secado y estirado de la piel.



Acabados.

Con estos elementos, se consideraron tres niveles de tecnología, cada una de las curtiembres tiene un valor de nivel acorde con el conocimiento del proceso,

con el tipo de materias primas e insumos empleados en la curtiembre y con los equipos y maquinaria instalados.

8.8 GESTIÓN AMBIENTAL

Es evidente que la actual preocupación ambiental genere un contexto propicio para desarrollar tecnologías cada vez menos agresivas (contaminantes) con el medio, adicionalmente se adoptan políticas que propendan por la protección ambiental.

Al respecto, de la gestión ambiental, en las curtiembres de San Benito se ha trabajado con diferentes ópticas, una de ellas es de carácter restrictivo liderada por entidades de control como el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Seguridad Social y el Dama, estableciendo reglamentaciones en torno al tema y sancionando a las empresas que no las cumplan. En otra vía, se trabaja para la concienciación de las curtiembres para la implementación de sistemas de gestión ambiental, como consecuencia algunas curtiembres han modificado sus prácticas productivas reduciendo su impacto al medio. En especial sobre este aspecto se puede mencionar la implementación de procesos de producción mas limpia.

Para tener resultados más significativos se establece la implementación en términos sectoriales de programas de gestión ambiental, que encaminen los esfuerzos de todo un sistema de empresas, "cuyo trabajo permite la obtención de logros y beneficios comunes" entre ellos:

- Creación de parques industriales ecoeficientes.
- Regulación de la demanda y la oferta.
- Apertura de nuevos mercados.
- Establecimiento de políticas de competitividad.
- Aumento del poder de negociación. (Acercar)

Las industrias curtidoras deben considerar los aspectos ambientales como uno de los componentes de las estrategias de gestión, para mejorar la productividad e incursionar en nuevos mercados, en especial los internacionales –en diversos países se han implementado eco-etiquetas para cuero y productos de cuero (Eco- Tox Label, SG Germany, Community Eco Label for Footwear EU, Öko-Tex Standard 100, Distintiu de garantia de qualitat ambiental, Marca ABNT-Qualidade Ambiental).



9. MODELO DE SIMULACIÓN

“El conocimiento del mundo en que vivimos
es condición necesaria para actuar
responsablemente en el.”

MATURANA

Un primer modelo de este proyecto se basa en Daisyworld, para esta situación, el papel de las margaritas es asumido por empresas, agrupadas en un conjunto. Específicamente este conjunto posee cuatro entradas, la primera muestra el nivel tecnológico, la segunda entrada son los valores de producción de las empresas. La relación entre estas dos genera la tercer y cuarta entrada, recurso utilizado y contaminación. Los supuestos para este trabajo nos dicen que una buena tecnología contamina menos y que una tecnología poco desarrollada contamina más. Haciendo un paralelo con Daisyworld, la reflectividad lumínica de las margaritas es equivalente al nivel tecnológico de las empresas. De la misma forma, si la empresa posee una producción pequeña contamina menos, en la medida que aumenta su producción contamina más.

En Daisyworld la radiación lumínica siempre aumenta con el paso del tiempo, para nuestra situación la producción del sistema en función del tiempo siempre aumentara. Las empresas siempre aumentan su producción de acuerdo al comportamiento de la producción permitida por el sistema, la distribución se hará bajo diferentes criterios de organización de las empresas al interior del sistema.

Finalmente se incluye un organismo de control –ambiente mismo-, que determina el nivel permitido de contaminación; la contaminación del sistema es la contaminación total de las empresas, si este valor supera al emitido por el organismo de control se emite una sanción encaminada a reducir la contaminación.

Con el presente trabajo se modelara las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Las interacciones entre las empresas y el medio, establecen mecanismos de selección (natural)?
- ¿Cómo comprender los mecanismos de selección natural?

Se modelará en términos computacionales un procedimiento que simule el comportamiento de las empresas, evaluando una variable ambiental, para la terminología propia de las ciencias ambientales se conoce esta variable como un eco indicador.

SUPUESTOS:

La producción determinada por el ambiente siempre crece.

Las empresas siempre estarán dispuestas a aumentar su producción según el comportamiento de la producción del sistema.

La producción de la empresa, incide sobre el nivel de contaminación, si la empresa produce pocas unidades su contaminación es pequeña, en sentido opuesto si el tamaño es grande.

La empresa con nivel de tecnología alto, tiene como indicador tres (3), contamina poco, la contaminación aumenta si el valor correspondiente a tecnología disminuye.

El ambiente (organismo de control) establece el máximo nivel permitido de contaminación. Además emitirá una sanción sobre la producción, al conjunto de empresas, si superan el nivel permitido de contaminación.

FORMULACIÓN DEL PSEUDO ALGORITMO.

Los parámetros de este procedimiento son:

It = número de iteraciones $[0, n]$

Cada iteración está determinada por el tiempo comprendido entre una evaluación y otra del comportamiento ambiental del sistema, para este modelo se consideró como mes la unidad de tiempo, en respuesta a la forma como se presenta los datos sobre las curtiembres.

N_{emp} = número de empresas [0, n]

El número de curtiembres en San Benito es aproximadamente de 600, que incluye el sector formal e informal. Para la modelación se toma la información del Centro Nacional de producción más Limpia, 350 empresas.

σ = tasa de renovación de producción.

Para indicar el comportamiento de la producción en cada uno de los periodos.

α = factor de concentración por unid. de produc.

DBO = 1400 - 3500 mg/l

DQO = 1600 - 6200 mg/l

El valor es asignado a la empresa según su nivel tecnológico, con el se calcula la carga contaminante de una empresa en cada iteración.

Φ = factor de recurso por unid. de produc.

25 m³/ton piel.

Consumo de recurso para procesar una unidad de piel.

Características de las empresas:

P_e = producción de la empresa [400,1000].

Este valor se considera como un indicador de la cantidad de pieles procesadas por mes, tomado inicialmente de un archivo plano, con alteraciones entre cada una de las iteraciones, según el criterio de distribución de producción asumido por el sistema.

N_t = nivel tecnológico [1,3]

Relacionado con la producción establece la contaminación emitida por una empresa.

Q_v = caudal vertido por empresa.

Cantidad de recurso utilizado en el proceso productivo.

C_e = carga contaminante de la empresa [proceso].

Recurso utilizado en relación con el factor de concentración para cada una de las empresas.

Características del sistema:

C_p = máximo nivel permitido de concentración de contaminación.

DBO = 1000 mg/l

DQO = 2000 mg/l

Estos valores son tomados de la Resolución 1074 sobre vertimientos.

P_t = Producción del sistema.

Cantidad de unidades, dispuesta por el ambiente para ser producida.

S_{an} = Sanción.

Disminución de la producción del sistema. Según la comparación realizada entre la contaminación emitida y la contaminación permitida.

C_{ct} = concentración total del sistema.

Condiciones iniciales:

El programa permite el ingreso de los valores correspondientes a I_t , S_{an} , C_p , Φ , α y σ .

For N_{emp} i to n

For i_t = 0 then

Se toma un archivo plano que contiene la información sobre la producción de las empresas para la primera iteración.

Calculamos la contaminación de las empresas, se hará igual en todas las iteraciones para DBO y para DQO:

$$\text{Cont.emp} = Q_v * \alpha.$$

Pt For It = 0

$$Pt = \sum Pe.$$

For It = 1 to n

$$Pt = Pt (It - 1) + Pt (It - 1) * \alpha$$

Comparamos la contaminación del sistema con el máximo valor permitido de contaminación.

If $Cct \leq \text{Cont.per}$ then

Distribuir la producción en función de los criterios establecidos de distribución de la producción.

Aleatorio.

Contaminación emitida.

Producción.

Nivel tecnológico.

Uniforme.

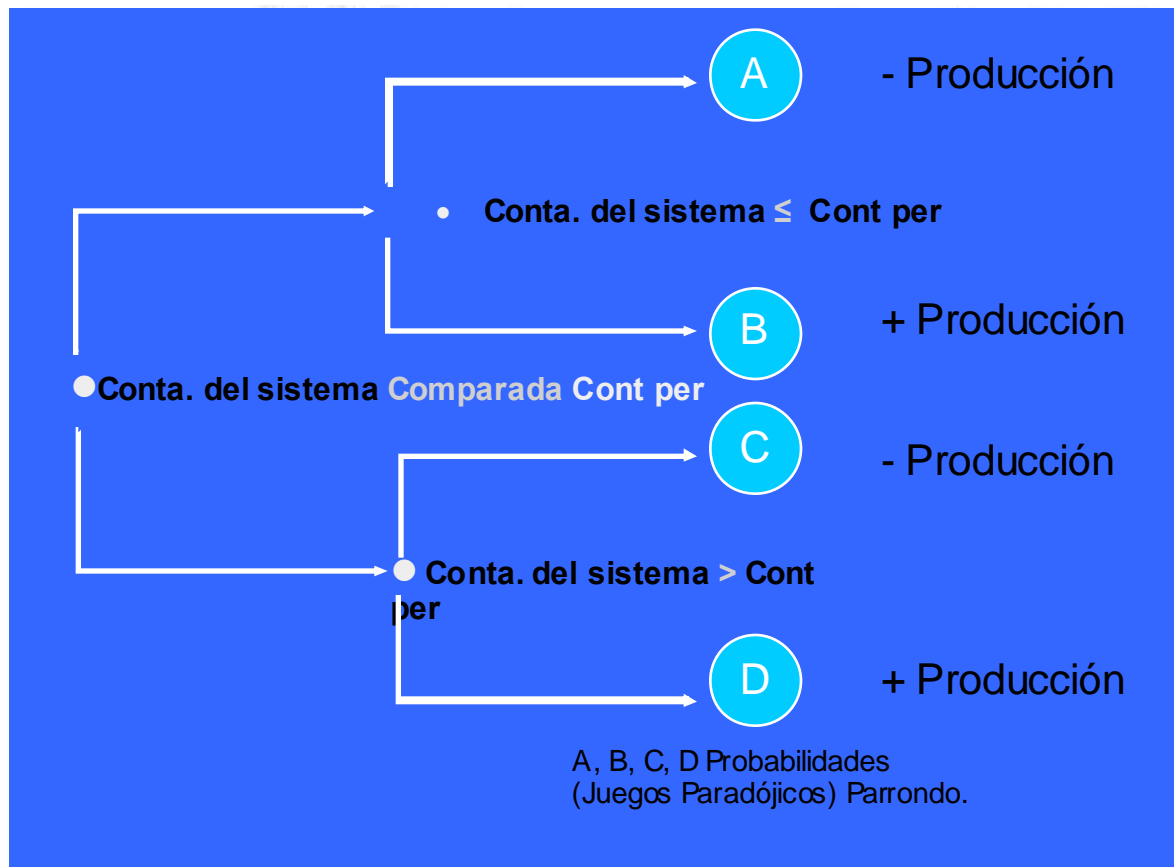
De lo contrario, sancione:

$$Pt = Pt * \text{San}$$

En las dos opciones, es decir si contamina el sistema o no contamina, el conjunto de empresas se enfrenta con dos dinámicas con tendencia a disminuir la cantidad de producción. Al modelarlo se generan una probabilidad mayor para que el sistema en cada iteración disminuya su producción, sin embargo la probabilidad perdedora de la primera dinámica, anula la

probabilidad perdedora de la segunda dinámica, el sistema tendrá como resultado una tendencia ganadora, si se alternan aleatoriamente estas dos dinámicas²⁸.

GRÁFICA ESQUEMÁTICA DEL MODELO



²⁸ Este es el planteamiento de Juan Manuel Parrondo en Juegos Paradójicos.

10. RESULTADOS²⁹

Se realizó un modelo teórico, basados en una metáfora biológica que permite un comportamiento auto-eco-organizativo de un sistema de empresas. Este modelo puede ser extrapolado a otros sistemas, con un previo análisis de las características del sistema. Se simuló la implementación del modelo para el caso de las curtiembres en la localidad de Tunjuelito.

Se desarrollaron diferentes corridas del modelo alterando los parámetros de entrada, haciendo especial énfasis en la sanción y la tasa de renovación de producción. Se comparan los diferentes criterios de distribución de producción, para determinar el mejor en términos de contaminación.

The screenshot shows a software interface with two main panels. The left panel, titled 'Datos de entrada', contains several input fields for simulation parameters: 'Número de simulaciones' (12), 'Peso piel (T)' (0.023), 'Cantidad agua utilizada' (25000 L por T), two 'Factor material contaminación' fields (900/3500 mg/L DBO and 1600/6200 mg/L DQO), 'Contaminación permítita' (1000/2000 mg/L DBO/DQO), 'Sanción' (0, 0% - 100%), 'Factor renovación producción' (2, -100% - >100%), and 'Epsilon' (0.25, 0 - 1). A 'Guardar información' button is at the bottom. The right panel, titled 'Cargar empresas:', has a 'Cargar empresas...' button. Below it, 'Criterio para la distribución de la producción:' has five radio button options: '1. Aleatoriamente.', '2. Por contaminación emitida.', '3. Por producción.' (selected), '4. Por nivel tecnológico.', and '5. Distribución uniforme.'. At the bottom of the right panel are 'Ejecutar', 'Ver gráficas...', and 'Salir aplicación' buttons.

Este es el formato desarrollado para el ingreso de datos al programa. En la parte izquierda se encuentran los parámetros del programa, explicaremos el carácter de cada uno de ellos;

²⁹ Se anexa un archivo con las gráficas correspondientes a las corridas realizadas del modelo, dejando pendiente la realización de las conclusiones.

Número de simulaciones; el rango fue tomado como mes, periodo comprendido entre evaluación y evaluación del comportamiento ambiental del sistema, otro elemento importante considerado es la forma como se encontró la información con respecto al sector de curtiembres. Permite establecer si se presentan variaciones sobre el comportamiento del sistema si se amplia drásticamente el número de simulaciones.

Peso piel; se incluyó este elemento para considerar diferentes tipos de piel a curtir.

Cantidad de agua utilizada; la variación del tipo de piel a curtir tiene implicaciones sobre el recurso necesario en el proceso, todos los cambios tecnológicos también se reflejan en este parámetro.

Factor de material contaminante; es la concentración de la sustancia contaminante emitida al ambiente o en este caso al recurso.

Contaminación permitida; este valor caracteriza el ambiente, se toma según la resolución de vertimientos, permite considerar que el sistema tienda a disminuir este valor según su comportamiento ambiental.

Sanción; este valor establece la reducción sobre la producción del sistema.

Factor de renovación del sistema; determina el comportamiento de la cantidad de pieles a curtir en cada una de las iteraciones. Relacionado con el comportamiento ambiental y por ende con la sanción.

Epsilon; con este valor generamos una tendencia perdedora para cada una de las dinámicas que se alternan aleatoriamente. (Juegos paradójicos, Juan Manuel Parrondo).

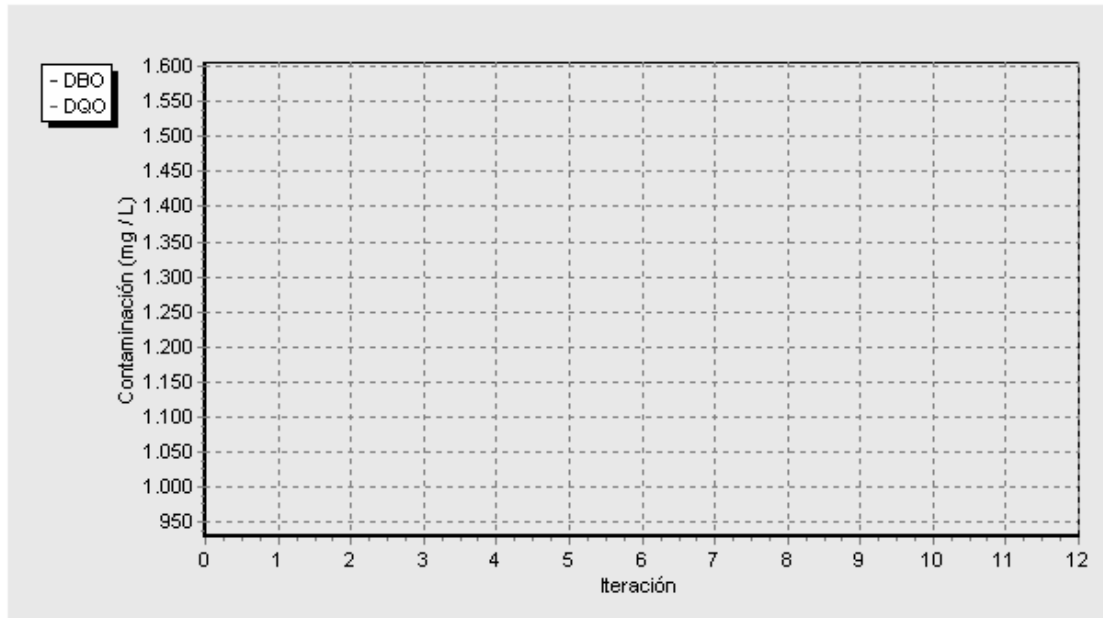
En la parte superior derecha se encuentra un pulsador que permite llamar un archivo plano, en el se encuentran los datos de producción y nivel tecnológico encontrado en las curtiembres.

Seguido se selecciona el criterio de distribución de producción tomado por el sistema.

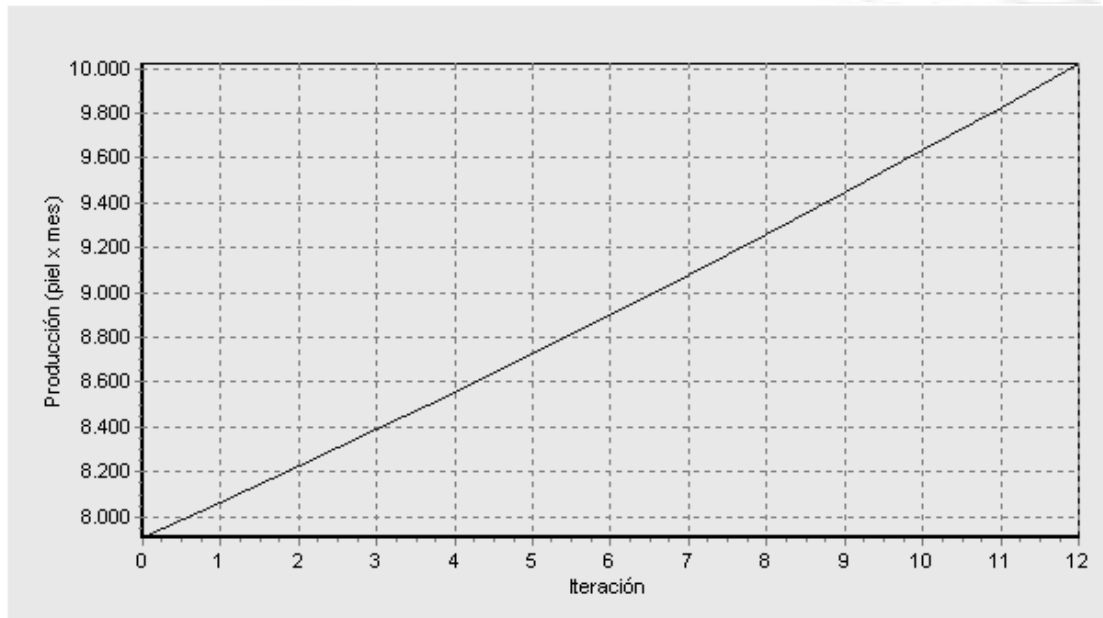
Estos son algunas gráficas obtenidas del proceso:

Número de empresas **10**
Número de iteraciones. **12**
Sanción **0**
Factor de renovación. **2**
Criterio de distribución **Por producción.**

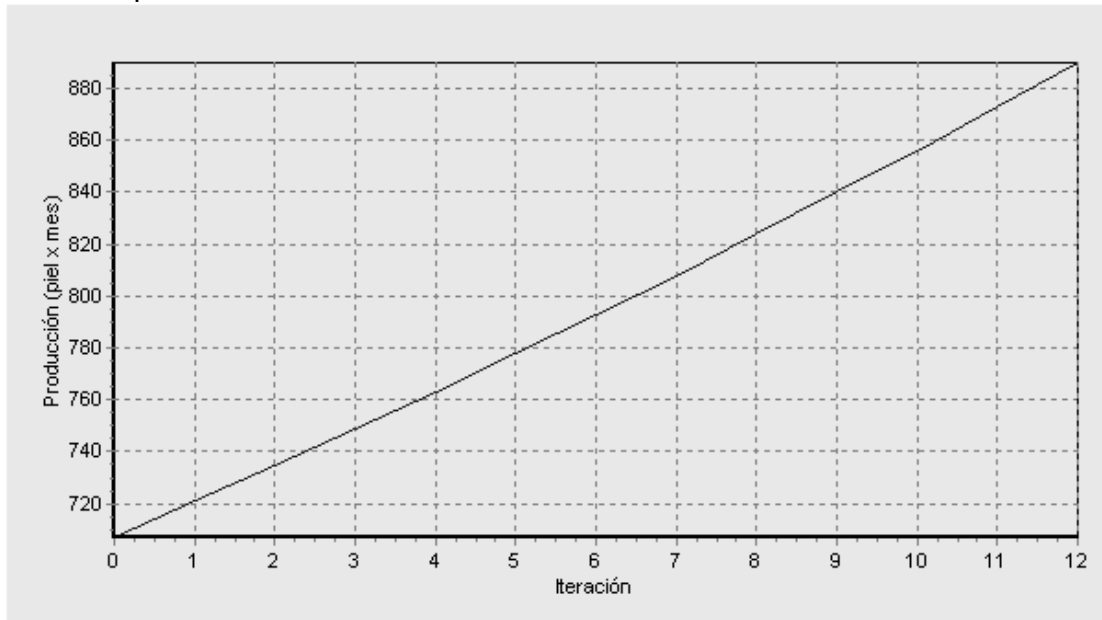
Contaminación del sistema Vs Iteraciones.



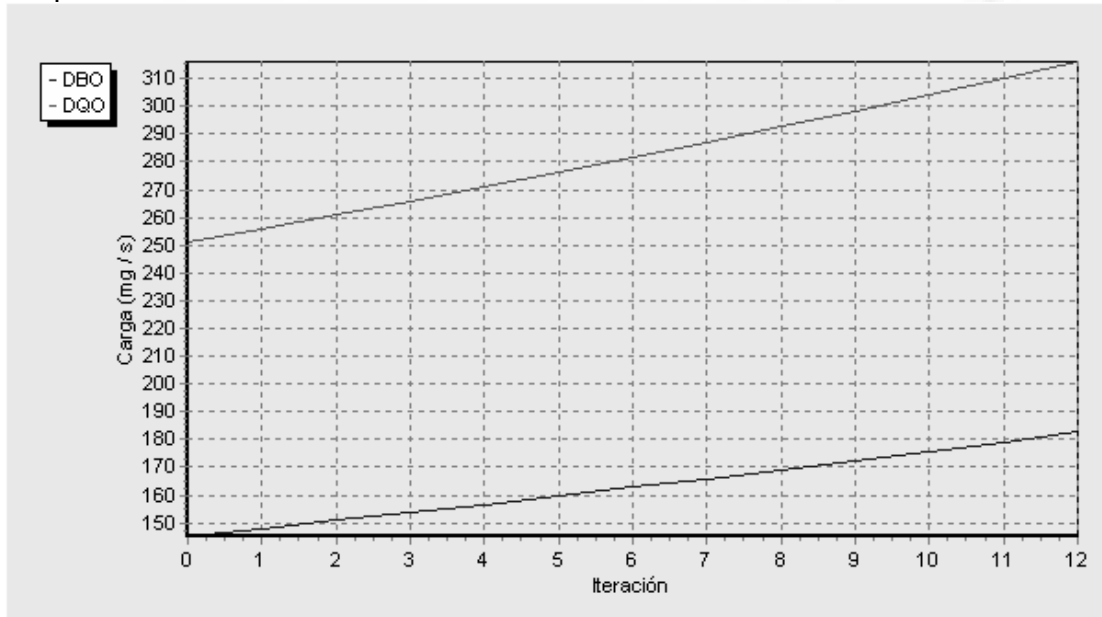
Producción del sistema Vs Iteraciones.



Producción vs Iteraciones
Num empresa 5



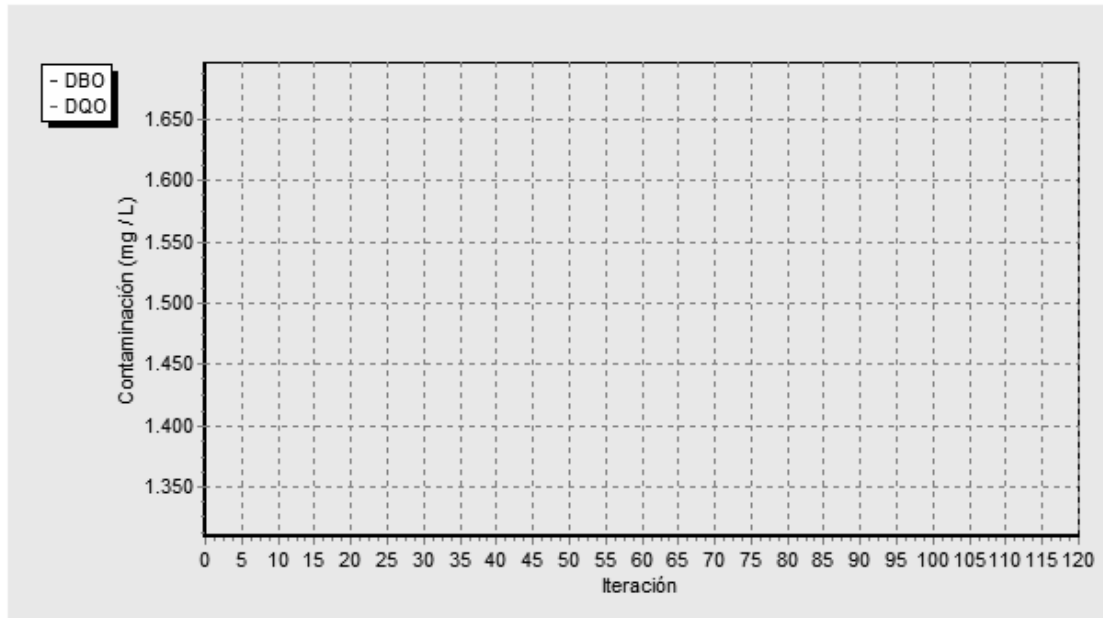
Carga contaminante empresa vs Iteraciones
Empresa 5



Este fue el mejor criterio de distribución de la producción para estos parámetros de entrada, a continuación se presenta la misma situación aumentando el número de iteraciones a 120.

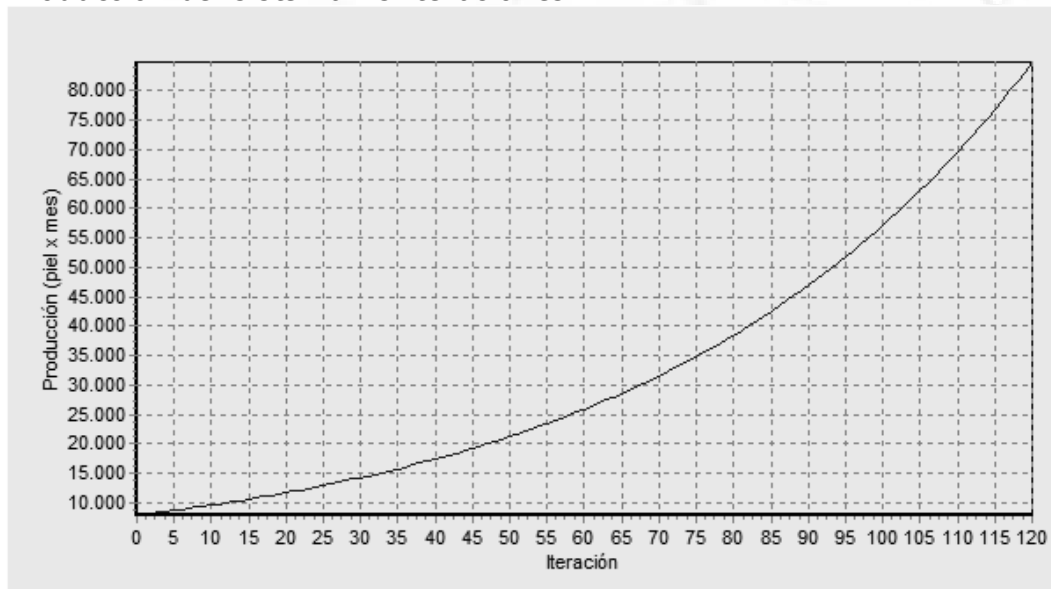
Número de empresas	10
Número de iteraciones.	120
Sanción	0
Factor de renovación.	2
Criterio de distribución	Por producción.

Contaminación del sistema Vs Iteraciones.



Se incremento la contaminación del sistema, mientras que la producción continúa una tendencia a aumentar.

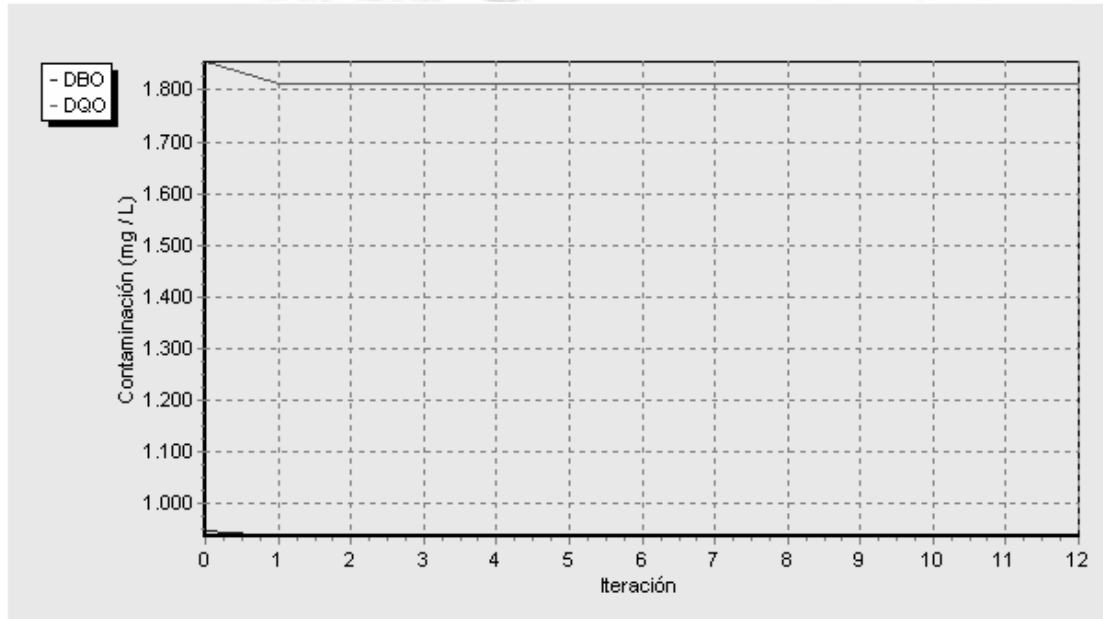
Producción del sistema Vs Iteraciones.



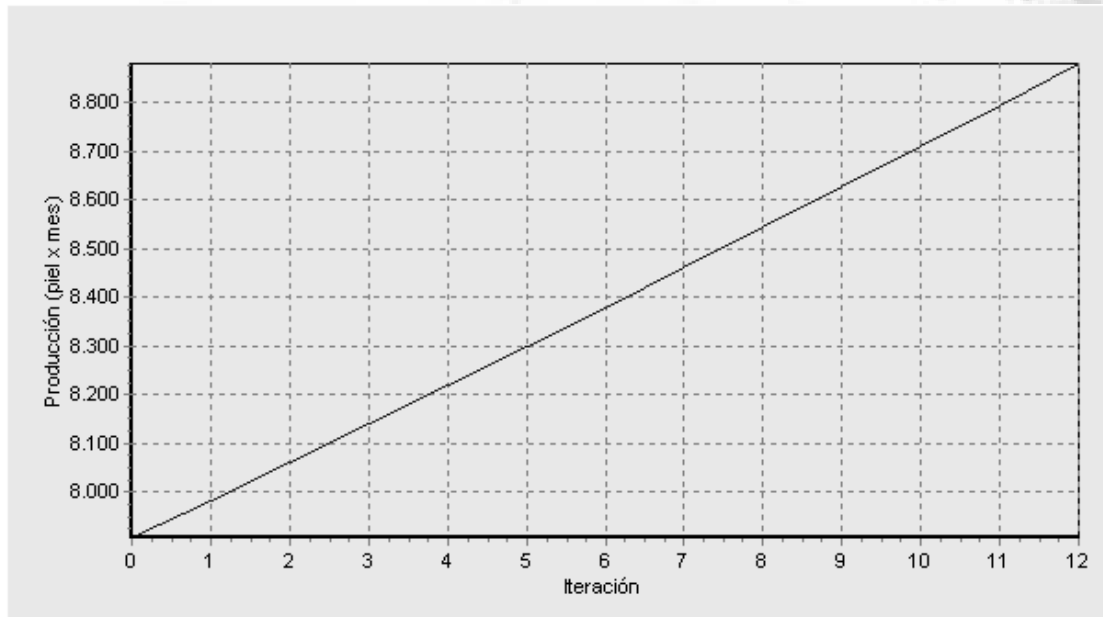
La evaluación se afecta si se modifica la sanción.

Número de empresas	10
Número de iteraciones.	12
Sanción	1
Factor de renovación.	2
Criterio de distribución	Por nivel tecnológico.

Contaminación del sistema Vs Iteraciones.

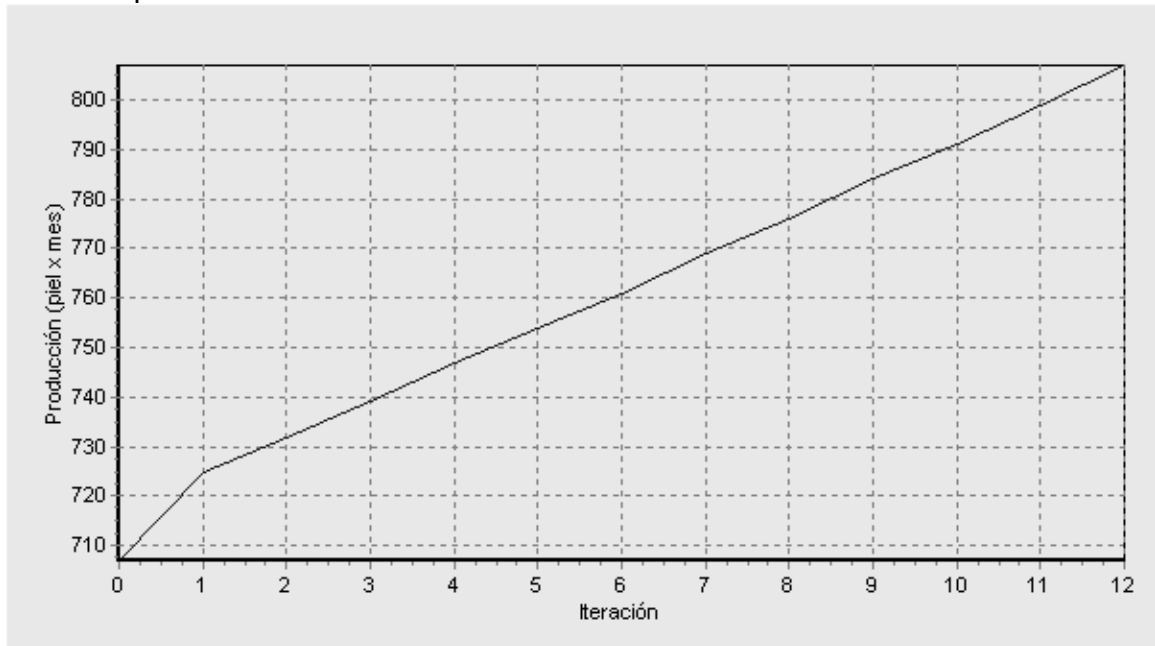


Producción del sistema Vs Iteraciones.

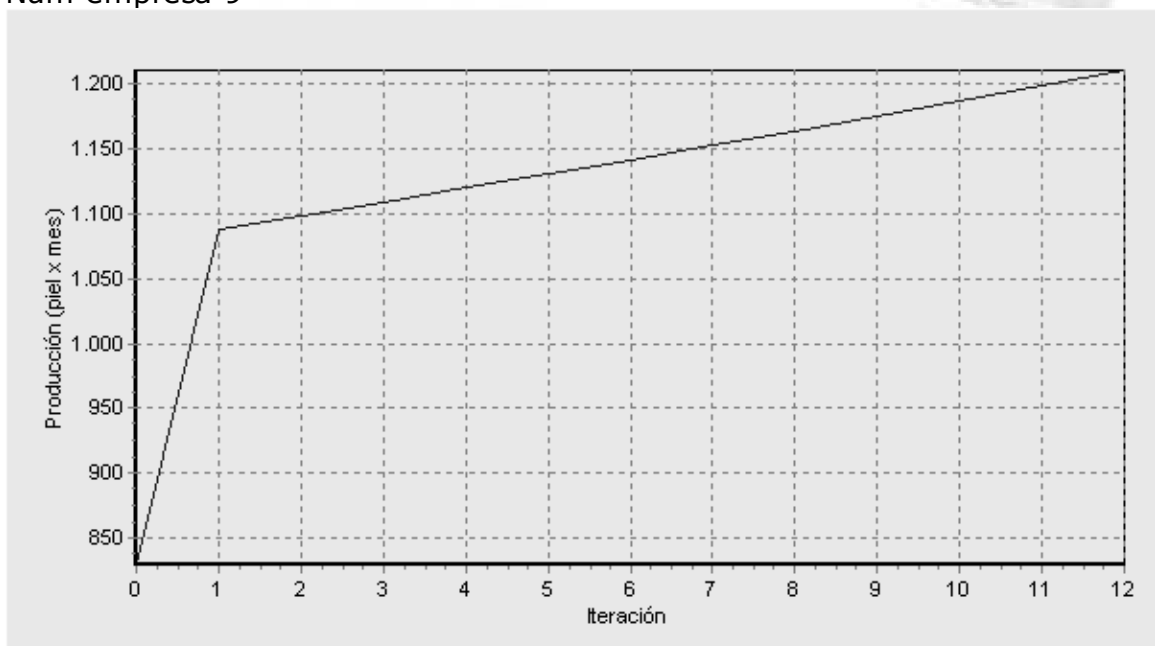


El comportamiento para cada empresa es diferente, tanto en producción como en contaminación.

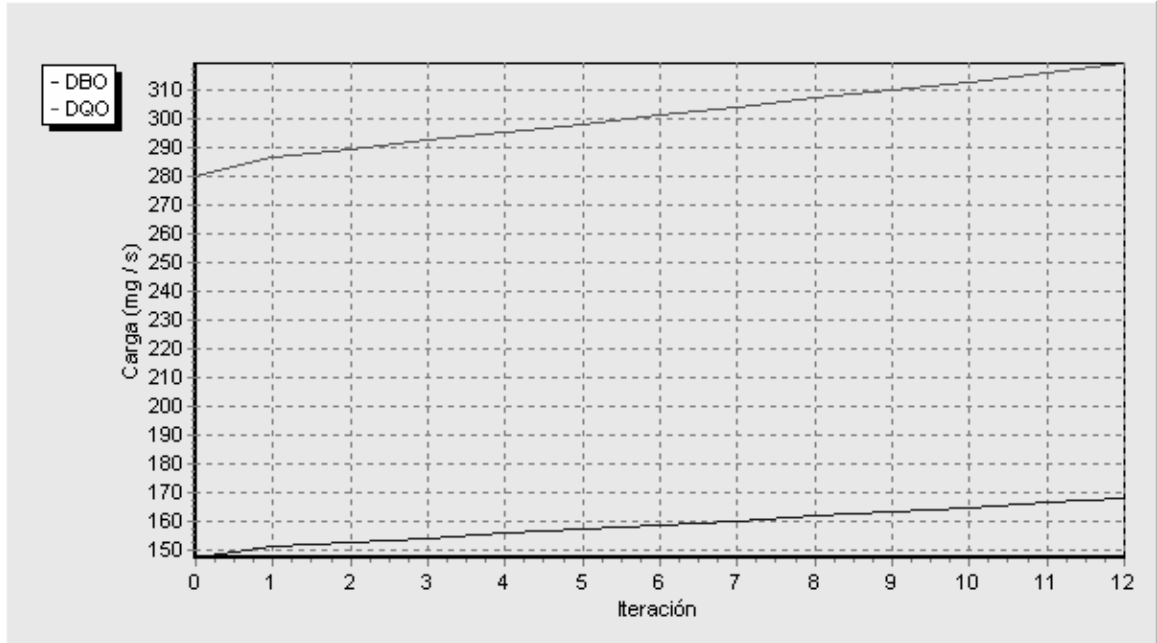
Producción vs Iteraciones
Num empresa 5.



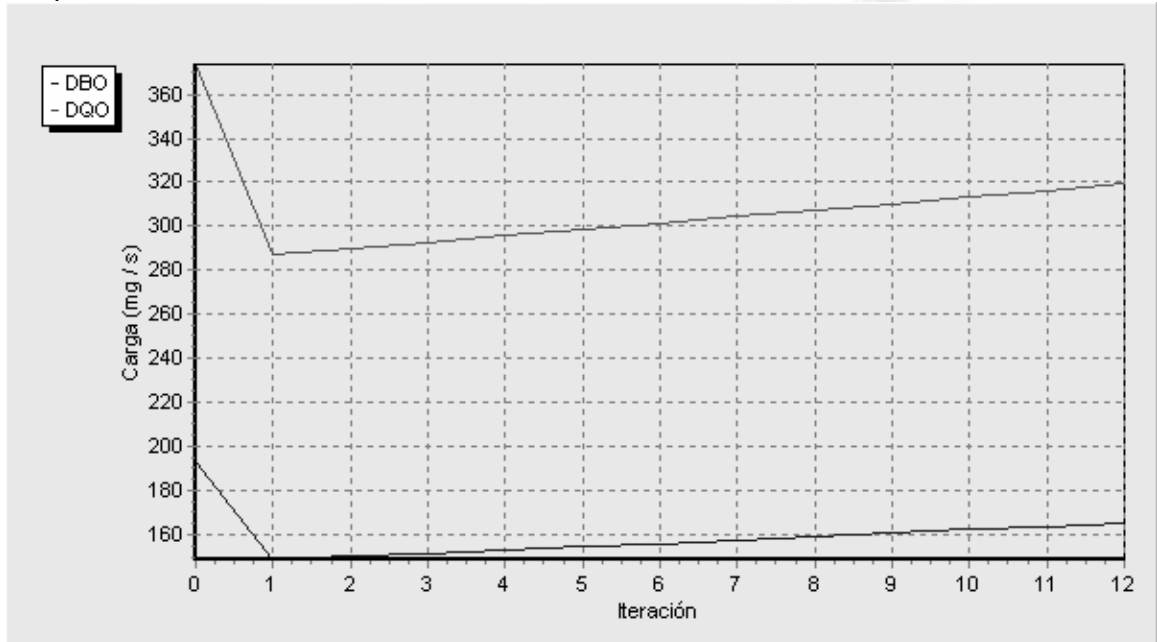
Producción vs Iteraciones
Num empresa 9



Carga contaminante empresa vs Iteraciones
Empresa 5.



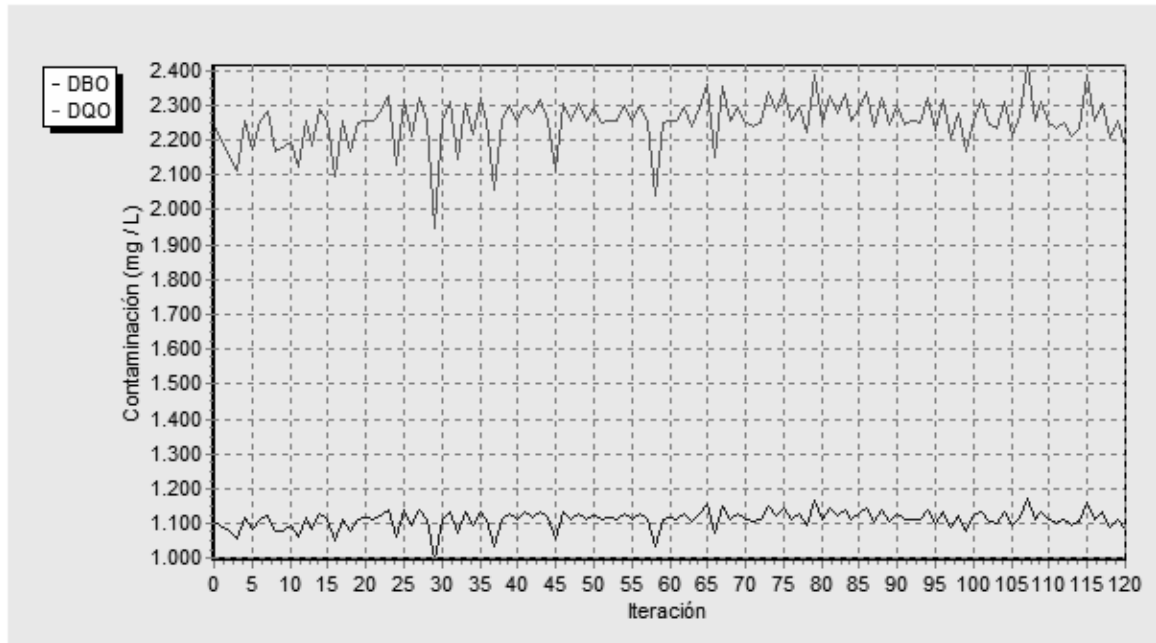
Carga contaminante empresa vs Iteraciones
Empresa 8.



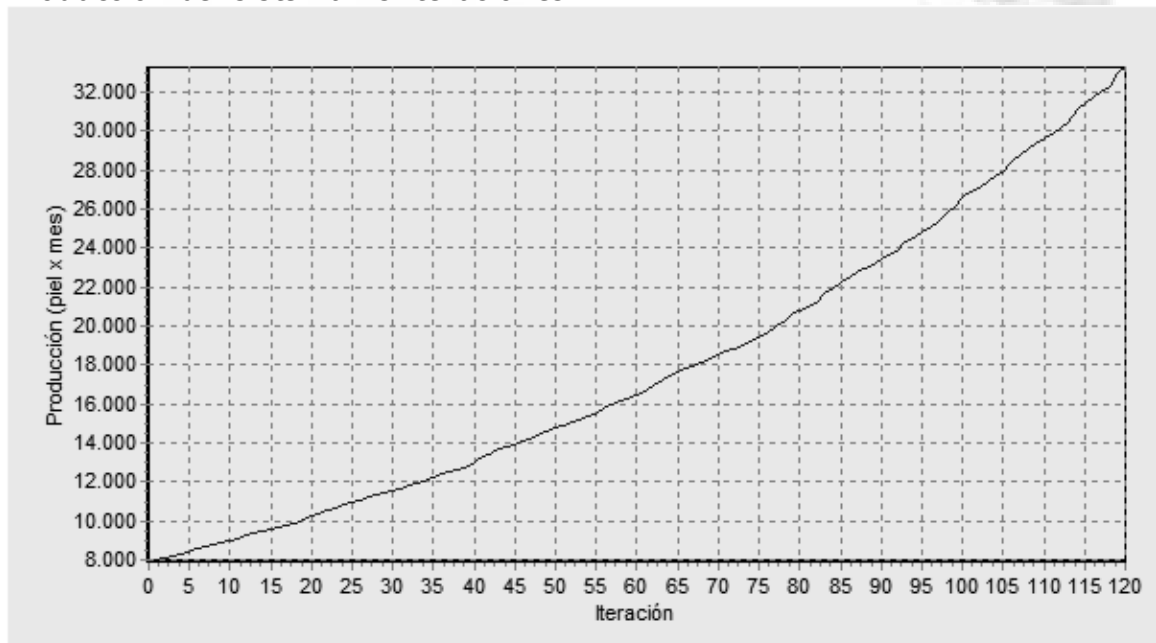
Se muestra, un mejor comportamiento del sistema si se distribuye la producción según el nivel tecnológico de la empresa.

Número de empresas	10
Número de iteraciones.	120
Sanción	1
Factor de renovación.	2
Criterio de distribución	Aleatorio.

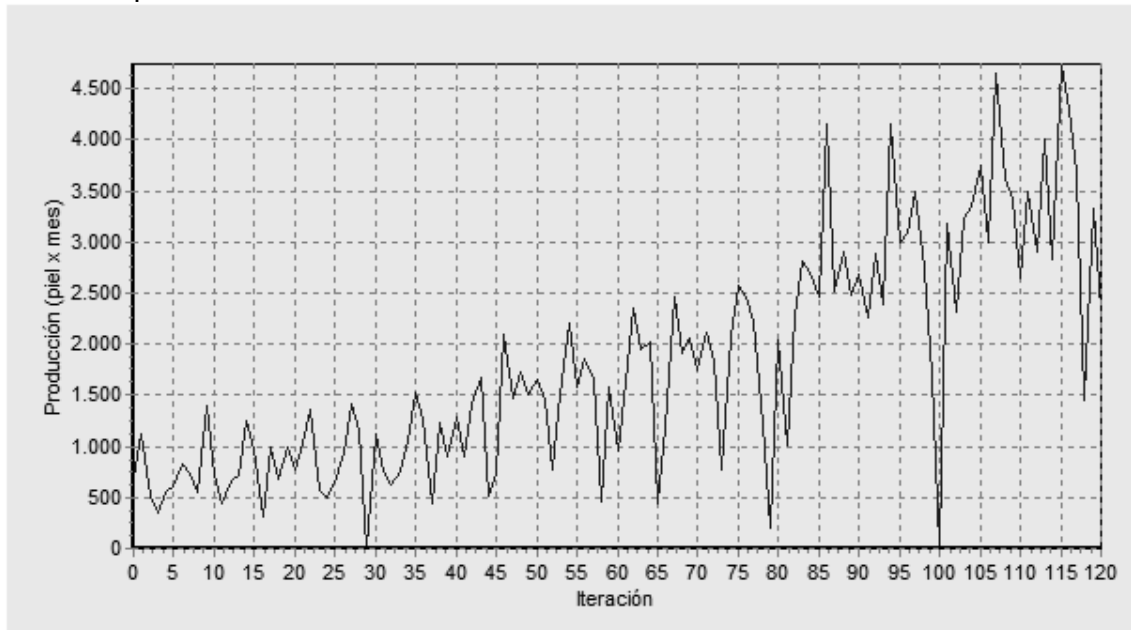
Contaminación del sistema Vs Iteraciones.



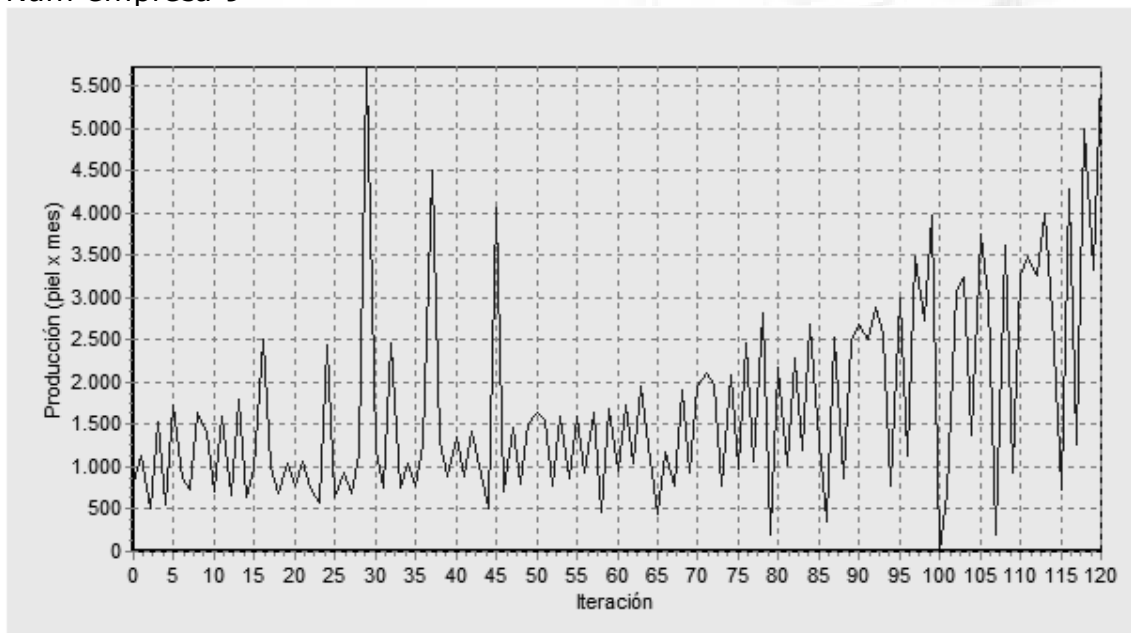
Producción del sistema Vs Iteraciones.



Producción vs Iteraciones
Num empresa 5



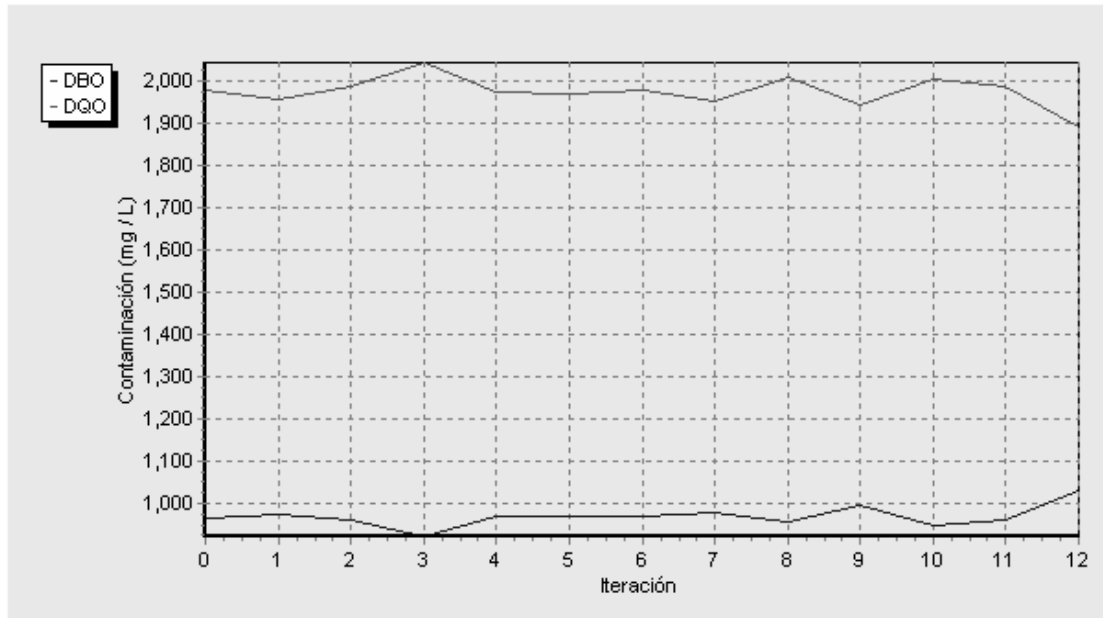
Producción vs Iteraciones
Num empresa 9



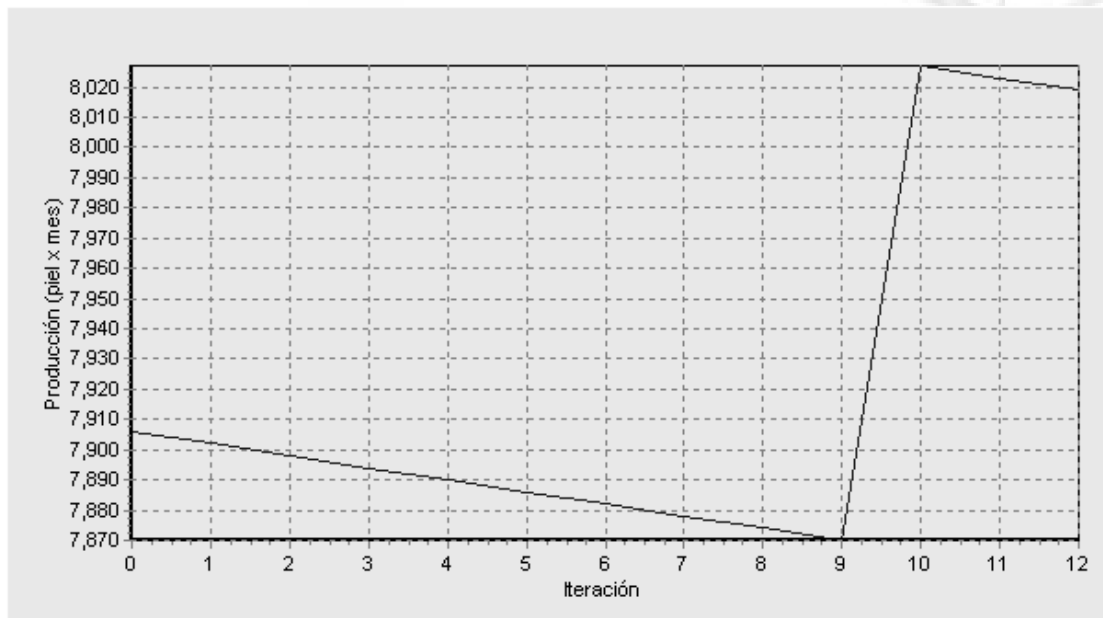
Con estas gráficas se evidencian los comportamientos abruptos que tendría la producción si no se determinan criterios de distribución al interior del sistema.

Número de empresas 10
Número de iteraciones. 12
Sanción 2
Factor de renovación. 2
Criterio de distribución Aleatorio.

Contaminación del sistema Vs Iteraciones.

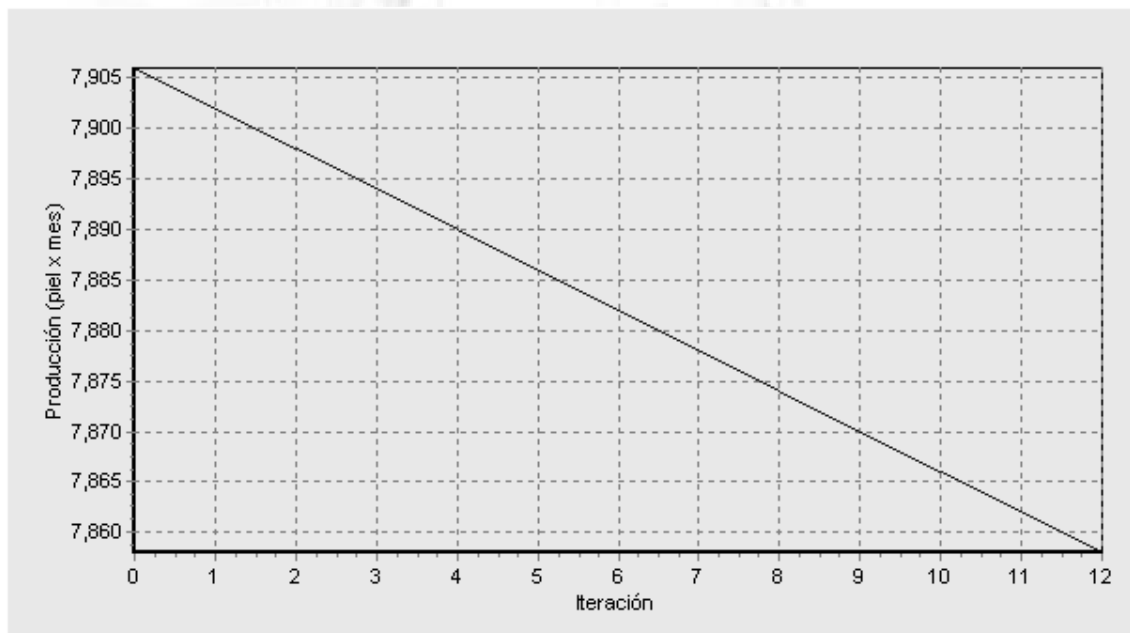


Producción del sistema Vs Iteraciones.



Para este tipo de parámetros resulta interesante ver que la mejor respuesta del sistema se encuentra para una distribución aleatoria. Si evaluamos la contaminación del sistema, los valores generalmente están por abajo de la contaminación permitida, para todos los criterios de distribución. Sin embargo el comportamiento de la producción en todos los casos de distribución, salvo distribución aleatoria, disminuye. Como se puede ver en la siguiente gráfica.

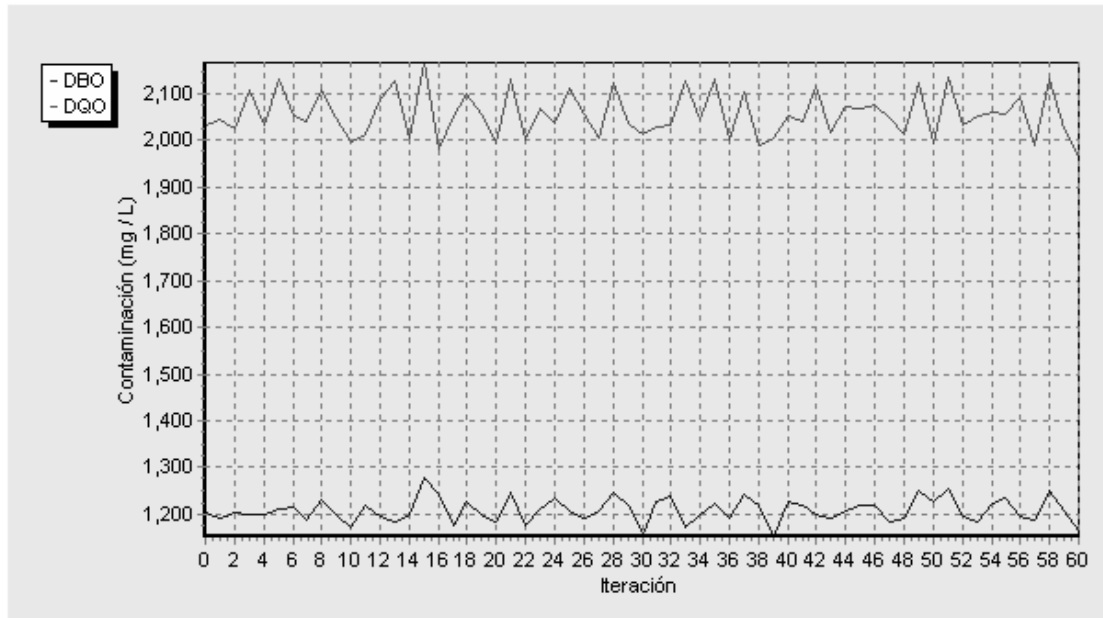
Distribución por contaminación emitida.



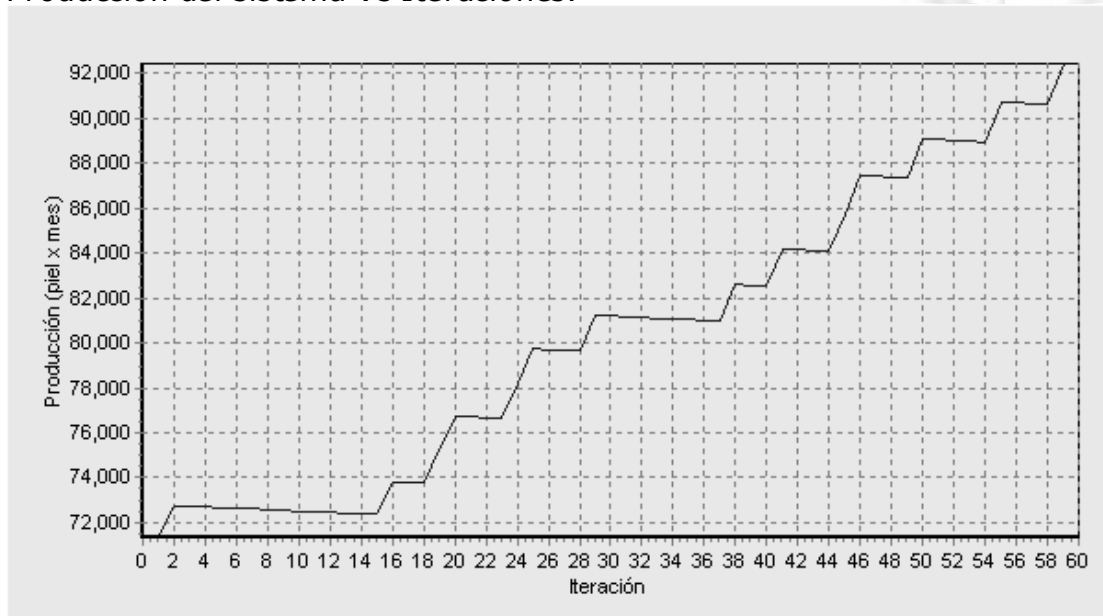
Similar situación pasa cambiando los parámetros, de número de empresas y simulaciones.

Número de empresas	100
Número de iteraciones.	60
Sanción	2
Factor de renovación.	2
Criterio de distribución	Aleatorio.

Contaminación del sistema Vs Iteraciones.



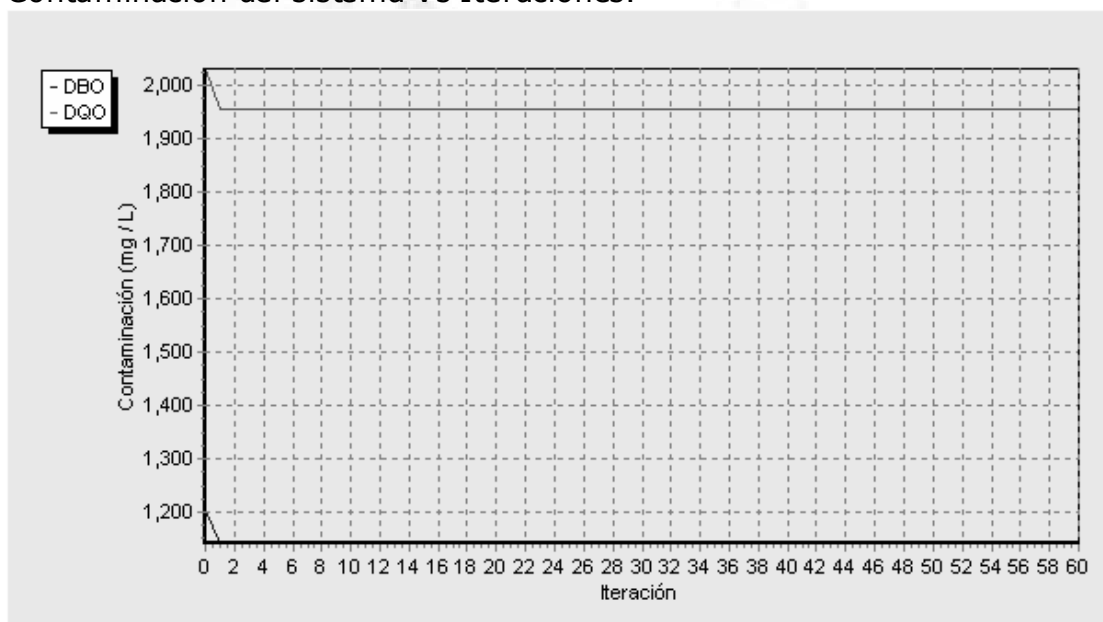
Producción del sistema Vs Iteraciones.



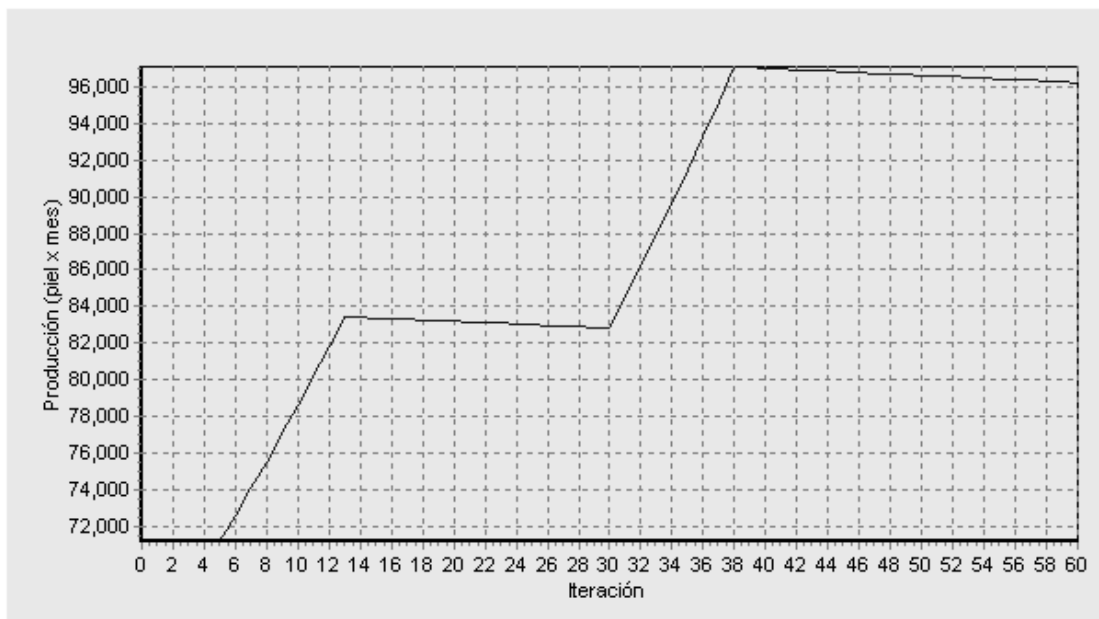
El mejor criterio de distribución de producción es el nivel tecnológico, si evaluamos el sistema por la contaminación emitida. Es interesante ver el comportamiento de la producción, según la paradoja planteada por Parrondo.

Número de empresas	100
Número de iteraciones.	60
Sanción	2
Factor de renovación.	2
Criterio de distribución	Por nivel tecnológico.

Contaminación del sistema Vs Iteraciones.



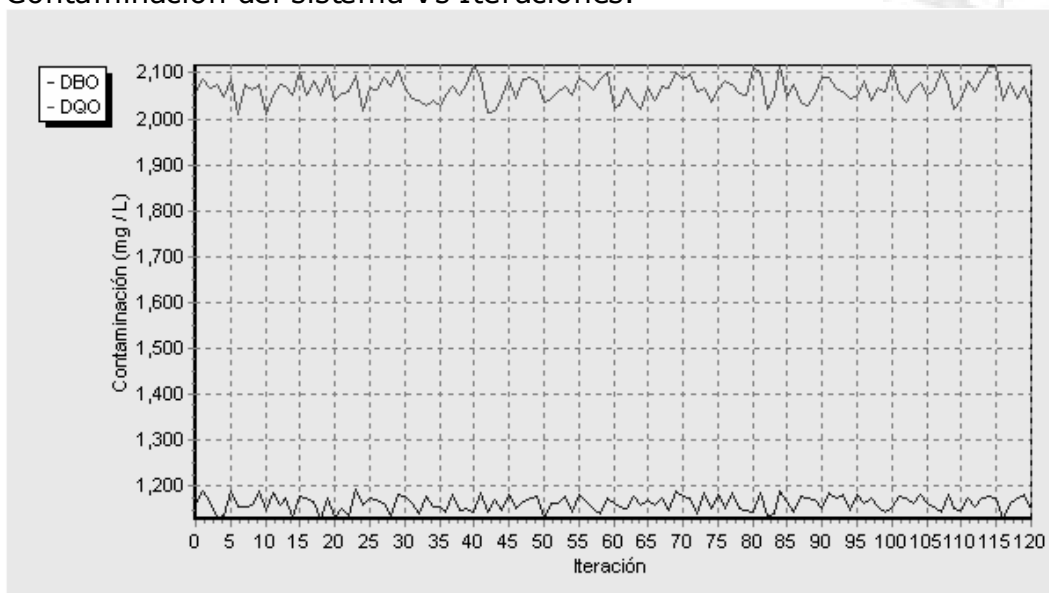
Producción del sistema Vs Iteraciones.



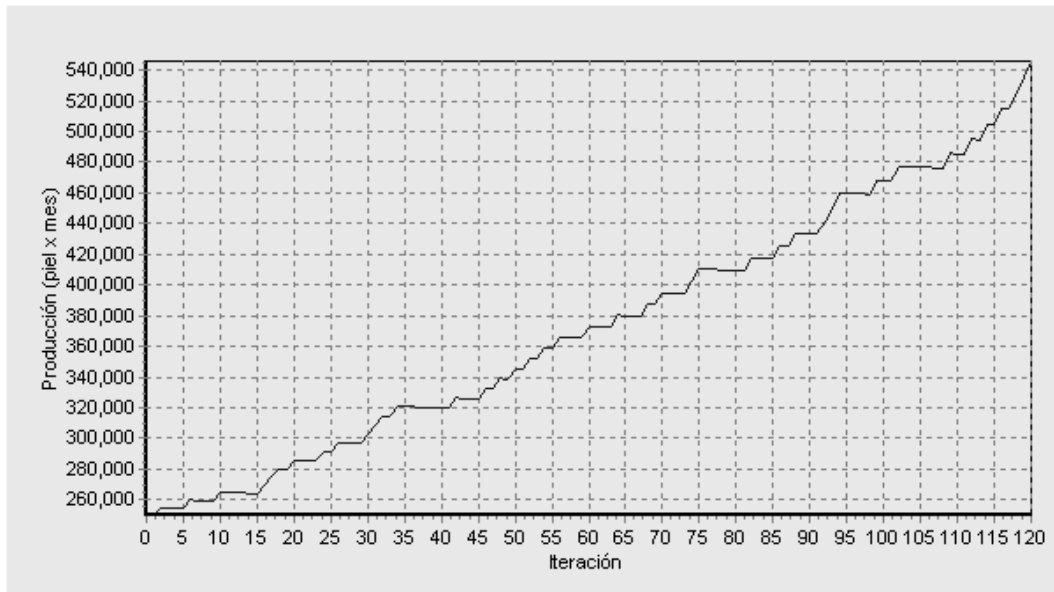
Con un número de empresas, según los datos de Acercar, para un periodo de 120 iteraciones, el programa arrojó los siguientes resultados:

Número de empresas	350
Número de iteraciones.	120
Sanción	2
Factor de renovación.	2
Criterio de distribución	Aleatorio.

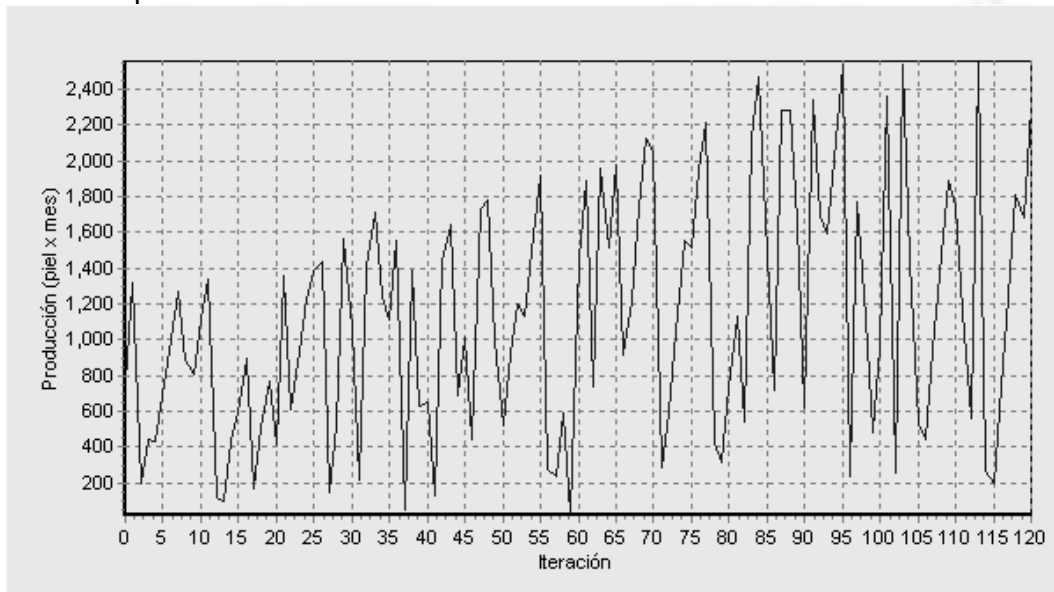
Contaminación del sistema Vs Iteraciones.



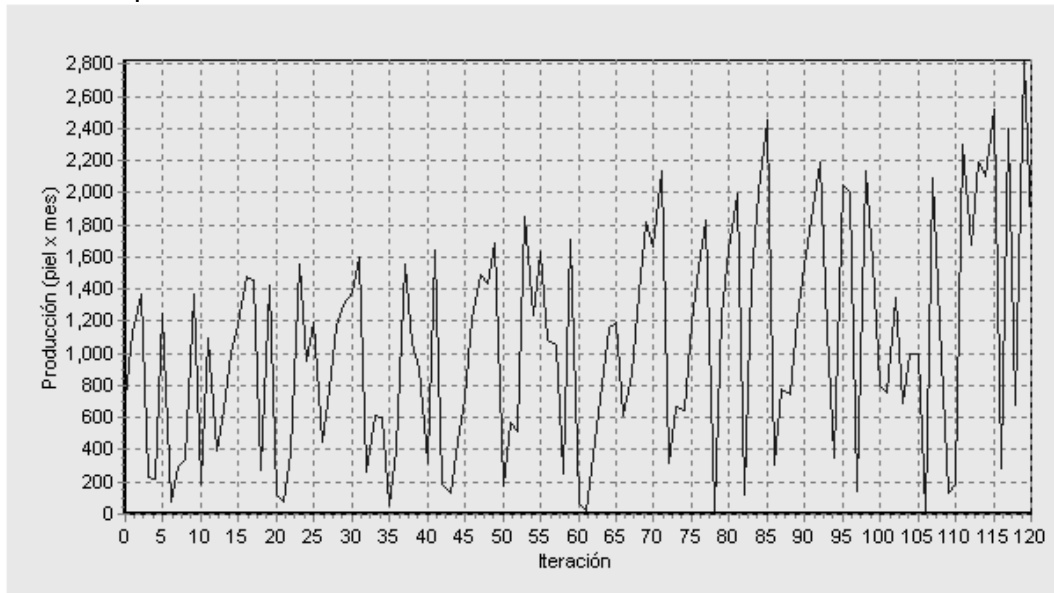
Producción del sistema Vs Iteraciones.



Producción vs Iteraciones
Num empresa 129

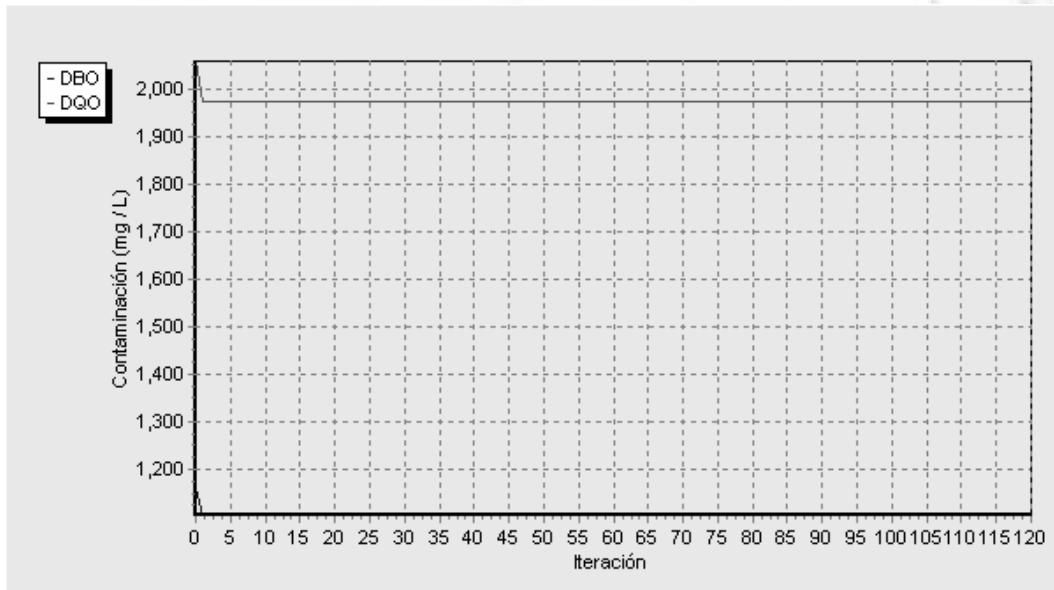


Producción vs Iteraciones
Num empresa 348

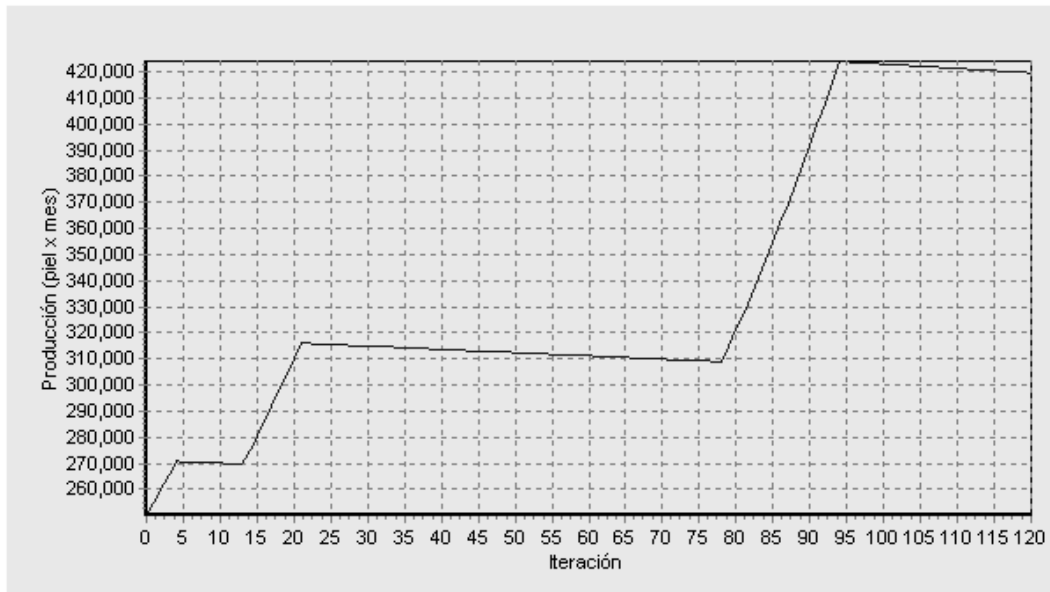


Número de empresas 350
Número de iteraciones. 120
Sanción 2
Factor de renovación. 2
Criterio de distribución Nivel tecnológico.

Contaminación del sistema Vs Iteraciones.

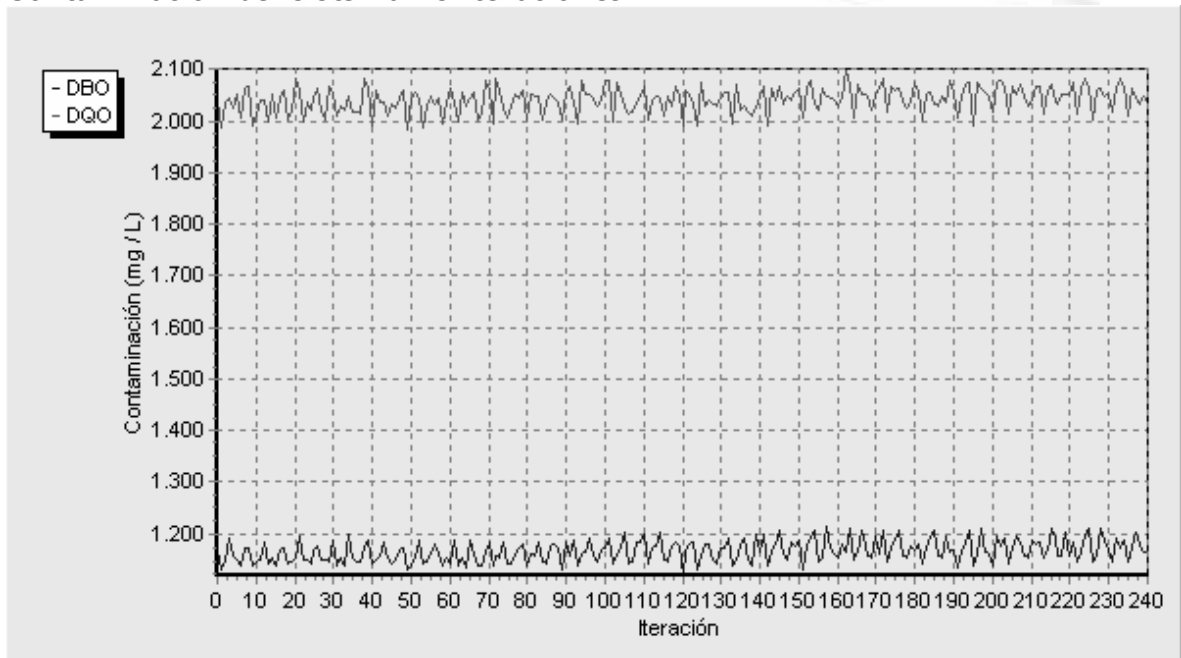


Producción del sistema Vs Iteraciones.

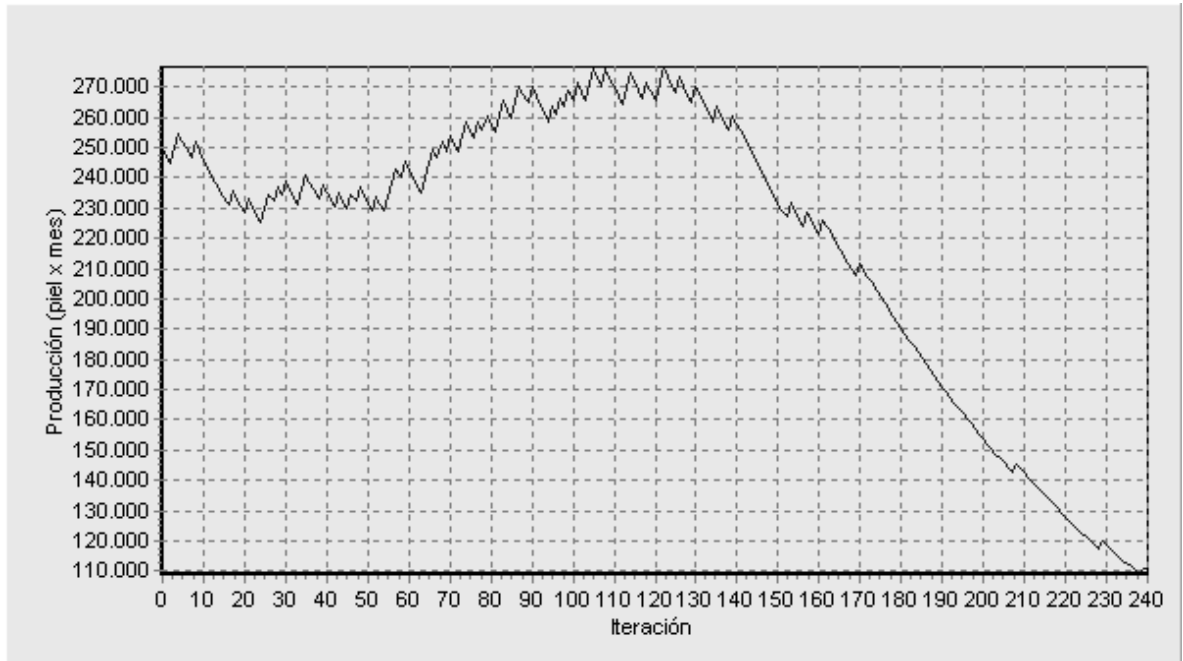


Número de empresas **350**
Número de iteraciones. **240**
Sanción **3**
Factor de renovación. **2**
Criterio de distribución **Aleatorio.**

Contaminación del sistema Vs Iteraciones.



Producción del sistema Vs Iteraciones.



11. CONCLUSIONES

“Poco se alcanzará en el camino hacia un ambiente sano, si es que no se logra cambio en el comportamiento ciudadano. La incorporación de los valores de la conservación y el buen uso de los recursos naturales, así como de las prácticas de mitigación y adecuada utilización de materiales e insumos, en el ámbito doméstico, barrial y empresarial, forman parte de una nueva cultura ciudadana. Procesos de auto responsabilidad y seguridad ambientales dependen del grado de apropiación de los valores de la solidaridad y la fraternidad entre los ciudadanos”.

ACERCAR. Curtiembres. Planes de acción para el mejoramiento ambiental. Dirección general Juan Alfredo Pinto Saavedra.

Los sistemas complejos, pueden seleccionar diferentes estrategias de adaptación, para contrarrestar las causas que los alejan del equilibrio, encontrando nuevos estados que mantengan una dinámica que permita la continuidad del sistema. “La actividad humana, en algunos casos cambia las restricciones del sistema,...haciendo mas probables atractores desconocidos que pueden resultar indeseables pero que son, sin duda, la mejor respuesta

que el sistema puede ofrecer ante las perturbaciones³⁰, estos atractores indeseables pueden hacer que el sistema pierda su capacidad de auto organizarse. En este punto se puede entender que los sistemas y su relación intrínseca con las restricciones tienen un límite denominado como umbral de autoorganización, ahora bien se puede plantear dos nuevas preguntas, la primera se relaciona con la cuantificación del recurso consumido antes de llegar a este umbral, y la segunda con los procesos por los cuales se llega al umbral.

Para la estructura planteada se encuentra que el mejor criterio de distribución de la producción al interior del sistema –patrón de autoorganización–, es el nivel tecnológico, para aquellas empresas con niveles tecnológicos altos, se asignan altos valores de producción, esta consideración se realiza contemplando al sistema, la contaminación permanece constante y en términos generales bajo el nivel permitido de contaminación. Ahora, para la cantidad de producción, teniendo en cuenta la tendencia perdedora de las dos dinámicas, se cumple con la paradoja planteada por Parrondo, es decir la producción tendrá una tendencia a aumentar, retomando el tema del nivel tecnológico, se observa unas diferencias en el comportamiento de las empresas, a pesar de esto siempre tienen una tendencia ganadora para la producción y la contaminación siempre esta bajo el valor permitido.

Para ampliar las consideraciones que se presentan en este trabajo, es necesario plantear diferentes criterios de distribución de la producción, es decir nuevos patrones de autoorganización. Complementando, se puede considerar que se alternen patrones según el comportamiento del sistema, simulando un proceso de selección para determinar cual es el óptimo en cada iteración, procesos de optimización continuos con comportamientos dinámicos de las variables que inciden en el proceso. Se hace necesario continuar con el trabajo de cuantificar y cualificar los impactos ambientales, como es conocido

³⁰ Raguib M, Michael. "Sistemas complejos y Sostenibilidad" en Visiones sobre Complejidad. Maldonado, Carlos. Colección Filosofía y Ciencia. 2001

un primer paso se ha dado en términos económicos, sin dejar por establecido que estos planteamientos sean totalmente válidos para todas las ópticas o campos del conocimiento.

Para finalizar esta tesis, considero que las implicaciones sobre los resultados ambientales son más contundentes o arrojan mejores resultados, si se trabaja en términos sistémicos y no como esfuerzos aislados de algunos de los agentes del sistema.

"Si la gente percibiera que puede ser más feliz en una sociedad sostenible, sin duda sería más fácil tomar medidas que son en principio más difíciles, haciendo viable el salto hacia un atractor social sostenible". Michael Raghib.

12. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

COLOMBIA. ACERCAR. UNIDAD DE ASISTENCIA TÉCNICA AMBIENTAL PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA. Guía ambiental para el sector Curtiembres. Bogotá: Acercar, 2004.

Curtiembres : Planes de acción para el mejoramiento ambiental : Manual para empresarios de la PYME. Bogotá, s.f

ACKOFF, Russell. Rediseñando el futuro. México, D.F.: Limusa, 1998

ALDANA, Eduardo y REYES, Alfonso. Disolución de Situaciones Problemáticas. Bogotá: Universidad de los Andes, 2003.

ASHBY, Rooss. Introducción a la cibernética. Buenos Aires: Nueva Visión, 1977.

AXELROD, Robert. La complejidad de la cooperación : Modelos de cooperación y colaboración basados en los agentes. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica de Argentina, 2004.

BARBARÁN, Francisco Ramón. Lineamientos para el manejo sostenible de sistemas de aprovechamiento de recursos naturales in situ. Bogotá, D.C.: Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003.

BERMÚDEZ G, Olga Maria. Cultura y ambiente : Educación ambiental contexto y perspectivas. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales, 2003.

BOWLER, Peter. Historia fontana de las ciencias ambientales. México D.F.: Fondo de Cultura Económica México, 1998

BRIGGS, John y PEAT, David. Las siete leyes del caos : Las ventajas de la vida caótica. Barcelona: Grijalbo, 1999

CASTIBLANCO Rozo, Camenas. Un modelo de simulación de política ambiental para el sector de curtiembres. Tesis (Magíster en Economía del Medio Ambiente y Recursos Naturales) - Universidad de los Andes. Santa fe de Bogotá: Uniandes, 1998.
Cámara de Comercio. Guía de Manejo Ambiental para Empresarios.

CAPRA, Fritjof. La trama de la vida : Una perspectiva de los sistemas vivos. Barcelona: Anagrama, 1999.

COLOMBIA. DAMA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DEL MEDIO AMBIENTE. Gestión Ambiental con el Sector Productivo en el Distrito Capital.

FLORES Pardo y Karol Andrea. Estudio de factibilidad de la aplicación de técnicas de prevención de la contaminación en la industria de curtiembres en Bogotá. Estados Unidos. Embajada (Colombia). Sección Cultural e Informativa. Bogotá, D.C.: Embajada de Estados Unidos, 2002.

FRIED Schnitman, Dora, et al. Nuevos Paradigmas Cultura y Subjetividad. Buenos Aires: Paidós, 2002.

FLAKE Gary, William. The computational beauty of nature : computer explorations of fractals, chaos, complex systems, and adaptation. Cambridge, Massachusetts, 1998.

FOERSTER, H. von. Observing systems. Intersystems. 1984.
Las Semillas de la Cibemética. Barcelona: Gedisa, 1996.
Principios de autoorganización en un contexto socio administrativo. Bogotá: Universidad Nacional, Administración de empresas. Cuadernos de Economía v. 16, n. 26. 1996.

Grupo de Biología Teórica UN. Biólogos lejos del equilibrio : Nuevas metáforas evolutivas. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ciencias, 2004.

GUZMÁN, Enrique. Ecoeficiencia como factor de competitividad. Tesis (Ingeniero Químico) - Universidad de los Andes: Bogotá, D.C.: Uniandes, 2002.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. ISO 9000. ISO 14000.

JANTSCH, Erich. The self-organizing universe : scientific and human implications of the emerging paradigm of evolution Oxford, Pergamon press, 1980.
Design for Evolution : self-organization and planning in the life of human systems. New York: George Braziller, 1975.

KAUFFMAN, Stuart. At home in the Universe : the search for the laws of self-organization and complexity. New York; Oxford, England: Oxford University Press, 1995.
The origins of order : self-organization and selection in evolution. New York; Oxford, England: Oxford University Press, 1993.

KUHN, Thomas. La estructura de las revoluciones científicas. Bogotá: Fondo de Cultura Económica, 1998.

LENTON Timothy M. Gaia and natural selection. Nature [Review Article] Volume 394(6692) 30 July 1998 pp 439-447.

LOVELOCK, James. The living earth. En : Nature [Review Article] Volume 426 December 2003. 769-770 p.
Las edades de Gaia : Una biografía de nuestro planeta vivo. Barcelona: Tusquets, 2000.

LUHMANN, Niklas. Sistemas sociales : lineamientos para una teoría general. Barcelona: Antrhopos, 1997

MAX- NEEFF, Manfred. Desarrollo a escala humana : una opción para el futuro. Medellín: Cepaur, 1997
Economía descalza : señales del mundo invisible. Estocolmo: Nordan. 1986.

MALDONADO, Carlos E, et al. Visiones sobre la complejidad. Bogotá: Universidad el Bosque. Colección Filosofía y ciencia, 2001.

Naciones Unidas. Self – regulation of environmental (conferencia).

NIÑO, Fernando y GARCIA Julián. Co evolutionary learning in the Tragedy of the Commons. En : Congress on Evolutionary Computation. 2003 Vol. 3

PROPEL. Informe final Curtiembres San Benito, Santa fe de Bogotá D.C., 1995.

PUNTES, Fabio. Un esfuerzo para trascender el desarrollo : hacia la construcción de nuevas orientaciones para entender el cambio social. Bogotá: Uniandes, 2005.

RAGHIB M. Michael. Sistemas Complejos y sostenibilidad. En: MALDONADO, Carlos E, et al. Visiones sobre la Complejidad. Bogotá: Universidad el Bosque. Colección Filosofía y ciencia, 2001.

SINA. SISTEMA NACIONAL AMBIENTAL. Las voces del SINA.

United Nations, 2004. New York; Geneve. A manual for the preparers and users of eco-efficiency indicators: version 1.1.

Self regulation of environmental management. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo.

UICN - UNIÓN MUNDIAL PARA LA NATURALEZA. PNUMA - PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE. WWF - Fondo Mundial para la Naturaleza. Cuidar la tierra. Estrategia para el futuro de la vida.

URIBE Botero, Eduardo. Introducción a la valoración ambiental y estudios de casos. Bogotá, D.C. Uniandes. Fac. de Economía, CEDE, 2003.

VEGA Mora, Leonel. Gestión medioambiental. Gestión medio ambiental : un enfoque sistémico para la protección global e integral del medio ambiente. Bogotá : D.N.P., 1998.

WAGENSBERG, Jorge. Ideas sobre la complejidad del mundo. Barcelona: Fábula Tusquets, 2003.

WILSON, Edward. The diversity of life. New York : W. W. Norton, 1992.
On Human Nature. Cambridge, Mass. : Harvard University Press, 1978.

Parque industrial ecoeficiente de curtiembres San Benito.

BURCET, Joseph. De cómo se construye el futuro : los estados futuros que resultan de la autoorganización. En <http://www.burcet.net/futuro/futuro.htm>

Cámara de Comercio de Bogotá.

DAMA.

CAR.

ACICAM.



Vassarely.