

**ESTADO DEL ARTE DE LAS MÉTRICAS UTILIZADAS PARA EVALUAR EL  
IMPACTO AMBIENTAL DEL SECTOR PETROLERO, METALMECANICO Y  
ALIMENTOS**

**KATHERINNE YULIETH TORRES RODRIGUEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA  
2015**

**ESTADO DEL ARTE DE LAS MÉTRICAS UTILIZADAS PARA EVALUAR EL  
IMPACTO AMBIENTAL DEL SECTOR PETROLERO, METALMECANICO Y  
ALIMENTOS**

**KATHERINNE YULIETH TORRE RODRIGUEZ**

**Proyecto de grado para optar al título de  
Ingeniero Industrial**

**Director**

**MSc. ELIANA MARCELA PEÑA TIBADUIZA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA**

**2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco al Señor Jesucristo por su amor inmensurable y su paz inagotable.*

*A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional.*

*A la Msc. Eliana Peña por su ayuda en esta última etapa de mi formación como  
profesional.*

*En general a mis amigos y allegados por su constante motivación.*

*Gratitud define lo que sale de mi corazón.*

*Que Dios les continúe bendiciendo.*

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	12
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO .....	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. Objetivo General. ....	16
1.3.2. Objetivos Específicos.....	16
2. MARCO TEORICO .....	17
2.1. ESTADO DEL ARTE.....	17
2.2. SOSTENIBILIDAD .....	20
2.2.1. Sostenibilidad Social .....	22
2.2.2. Sostenibilidad Económica. ....	24
2.2.3. Sostenibilidad Ambiental .....	25
2.3. PRODUCCIÓN LIMPIA.....	27
2.4. INDICADORES.....	28
2.4.1. Características .....	29
2.4.2. Clasificación .....	30
2.5. SECTOR MANUFACTURERO .....	32
2.5.1. Sector Petrolero y Gas.....	33
2.5.2. Sector Alimentos.....	35
2.5.3. Sector Metalmecánica.....	36
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: ESTUDIO DE FUENTES SECUNDARIAS Y TERCIARIAS .....	37
4. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	40
4.1. FASE HEURÍSTICA.....	41
4.2. FASE HERMENÉUTICA.....	42
4.3. FASE FINAL .....	48

5. INDICADORES AMBIENTALES PARA EL SECTOR PETROLERO, ALIMENTOS Y METALMECANICO.....	50
5.1. GENERALIDADES DE LOS INDICADORES IDENTIFICADOS.....	52
5.2. INDICADORES SEGÚN RECURSO .....	74
5.3. INDICADORES SEGÚN SECTOR .....	78
5.4. INDICADORES SEGÚN PAÍSES .....	81
6. INDICADORES USADOS EN COLOMBIA.....	84
6.1. INDICADORES PUBLICADOS EN COLOMBIA SEGÚN RECURSO.....	85
6.2. INDICADORES PUBLICADOS EN COLOMBIA FRENTE A OTROS PAISES .....	86
6.3. INDICADORES PUBLICADOS EN COLOMBIA SEGÚN SECTOR .....	87
7. INDICADORES PROPUESTOS PARA LA INDUSTRIA DEL PETROLEO, METALMECANICO Y ALIMENTOS EN COLOMBIA.....	89
8. ARTICULO PUBLICABLE.....	93
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
9.1. CONCLUSION DE LA INVESTIGACIÓN.....	94
9.2. FUTUROS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN.....	95
10. BIBLIOGRAFÍA .....	96

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Verificación de cumplimiento de objetivos. ....	13
Tabla 2. Criterio de búsqueda y análisis. ....	41
Tabla 3. Autores relevantes de acuerdo a la densidad de publicaciones .....	43
Tabla 4. Categoría de los indicadores .....	54
Tabla 5. Indicadores ambientales para empresas del sector petrolero, metalmecánico y alimentos.....	59
Tabla 6. Fuentes usadas. ....	68
Tabla 7. Indicadores ambientales seleccionados para Colombia. ....	91

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de Búsqueda. Estructura, contenido y análisis. ....	40
Figura 2. Presencia de autores por año.....	44
Figura 3. País de publicación.....	44
Figura 4. Ubicación gráfica de países que publican.....	45
Figura 5. Correlación de artículos publicados entre países. ....	46
Figura 6. Cantidad de artículos según tipo de fuente.....	47
Figura 7. Publicación por año. ....	47
Figura 8. Relación palabras claves.....	49
Figura 9. Cantidad de indicadores identificados por tipo de indicador. ....	57
Figura 10. Cantidad de indicadores según recurso.....	77
Figura 11. Cantidad de indicadores específicos. ....	78
Figura 12. Cantidad de indicadores por sector. ....	80
Figura 13. Cantidad de indicadores por sector Vs Recurso.....	80
Figura 14. Cantidad de indicadores por país. ....	82
Figura 15. Cantidad de artículos publicados por país.....	83
Figura 16. Porcentaje de indicadores en Colombia por recurso. ....	86
Figura 17. Porcentaje de indicadores en Colombia vs otros países. ....	87
Figura 18. Cantidad de indicadores según sector.....	88
Figura 19. Cantidad de indicadores por sector Vs Recurso en Colombia.....	88

## RESUMEN

**TÍTULO:** Estado del arte de las métricas utilizadas para evaluar el impacto ambiental de los sistemas manufactureros.\*

**AUTOR:** Katherine Yulieth Torres Rodríguez.\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Industria, Indicadores ambientales, Sostenibilidad, Sector de Alimentos, Sector de Petróleo y sus derivados, Sector metalmecánica.

**DESCRIPCIÓN:** Los cambios ambientales que están ocurriendo en la actualidad están llevando a los entes gubernamentales y a las organizaciones a preocuparse por el uso inadecuado que le dan a los recursos que están a su disposición. Uno de los sectores que más afecta al ambiente es el sector industrial, es por ello que la industria manufacturera está buscando la forma de controlar estos recursos recurriendo al uso de indicadores que permitan medir la sostenibilidad de la organización, de los productos y de los procesos de fabricación.

El impacto ambiental ha sido un tema importante a nivel mundial por la necesidad de conservar los recursos suficientes para las generaciones futuras. Pero hay países como Colombia llenos de riquezas naturales que no ejercen el control adecuado sobre estos recursos y los despilfarran sin ninguna medida.

Por esta razón, el siguiente estado del arte expondrá 97 indicadores más usados en algunos países enfocados en la industria de alimentos, metalmecánico y del petróleo y sus derivados, para compararlos con las métricas usadas en Colombia y posteriormente seleccionar aquellos que puedan ser aplicadas y que aporten resultados que permitan a las organizaciones tomar decisiones.

Estos indicadores se clasificaron de acuerdo al recurso agua, vertidos, emisiones, energía y residuo. En cuyo resultado se encontró que el recurso energía es el que más ha sido reportado, por la necesidad de eliminar y/o controlar el uso de energías fósiles.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de ingeniería de petróleos. Director M.sc. Eliana Marcela Peña Tibaduiza.

## ABSTRACT

**TITLE:** State of the art of the metrics used to assess the environmental impact of manufacturing systems.\*

**AUTHOR:** Katherinne Yulieth Torres Rodriguez.\*\*

**KEYWORDS:** Industry, Environmental Indicators, Sustainability, Food sector, Gas and Oil sector, steel and iron sector.

Government agencies and organizations are being concerned about the environmental changes that are taking place currently due to the resources misuse. It is known that one of the main sources of environmental damage comes from the industrial sector, which is why manufacturing industries are looking for alternatives to control resources by indicators that allow them to measure the company, products and manufacturing process sustainability.

The environmental impact has been a major worldwide worry because of the need to have sufficient resources for next generations. However, there are countries such as Colombia which has a wide range of natural richness, and yet they do not have a strong political control over natural resources and tend to waste them with no measure. Therefore, 97 indicators for the food industry, metallurgical and oil and its derivatives, which were found during research, will be discussed in the next revision, in order to compare them with measures that are being used in Colombia and then, select those that can be applied and provide results that allow organizations to make decisions.

These indicators were classified according to resources such as water, emissions, energy, and waste. It has been found that the energy resource is the one that has been reported the most due to the need to eliminate and / or control the use of fossil fuels.

---

\* Draft Grade

\*\* Physicomechanical Faculty of Engineering, School of Industry Engineering; Director: M.Sc. Eliana Marcela Peña Tibaduiza.

## INTRODUCCIÓN

La competitividad de las industrias a nivel mundial se ha acelerado debido a la globalización, aumentando la exigencia en cuanto al volumen y la complejidad de los productos, generando retos a las industrias. Uno de estos retos es la identificación de métricas adecuadas para medir el impacto ambiental que generan los procesos industriales dentro de las organizaciones.

Este es un tema muy controvertido en este ámbito, debido a que el ambiente en general se está viendo afectado por el uso inadecuado que le dan las industrias a los recursos usados en los procesos de manufactura. De ahí la importancia de identificar métricas que ayuden a las organizaciones a evaluar y controlar el impacto ambiental y de esta manera orientar los procesos hacia una producción limpia, generando un impacto positivo en la conciencia de las personas, organizaciones y de las futuras generaciones.

No obstante, es evidente su importancia frente a la sociedad y el interés que existe en abordar la temática. Actualmente, se reconoce revistas que tratan como tema principal la sostenibilidad; creando rankings con el objetivo de incentivar a las empresas a implementar un ambiente sostenible. La Revista Semana<sup>1</sup> es un ejemplo nacional; en donde María López la directora indica que los cambios que han tenido las 20 empresas más sostenibles las han llevado a ser más competitivas, innovadoras y duraderas en el tiempo.

En el presente documento se desarrollará una búsqueda de indicadores que son usados en las industrias manufactureras para medir el impacto ambiental del sistema productivo en las organizaciones de este sector. Posteriormente, se clasificará estos indicadores según el subsector y recurso a estudiar. Finalmente,

---

<sup>1</sup> REVISTA SEMANA. Colombia, 2014. Las 20 empresas más sostenibles que están cambiando la mentalidad empresarial del país. Pág. 07.

se realizará una analogía de los indicadores encontrados con los implementados en Colombia y se identificarán aquellos que aporten al desarrollo ambiental de la región y/o de las organizaciones.

**Tabla 1.** Verificación de cumplimiento de objetivos.

<b>CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS</b>	
Objetivos específicos	Numerales relacionados
Efectuar una revisión de la literatura sobre los indicadores utilizados para evaluar el impacto ambiental en los sistemas productivos que pertenecen al sector del metalmecánico, petróleo y sus derivados y alimentos.	4,1- 4,2
Clasificar e integrar los indicadores identificados a partir de ciertas características específicas como país, tamaño de la empresa, aspecto ambiental incluido o recurso, si la medición es cuantitativa o cualitativa.	5
Comparar las métricas utilizadas en empresas del exterior con las utilizadas en Colombia y basado en ciertos criterios seleccionar aquellas que puedan ser aplicadas en el país	6
Elaborar un artículo publicable sobre el tema investigado.	7

# 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La sostenibilidad ambiental en las organizaciones en términos económicos y social se ha convertido en un tema importante para el mundo en los últimos años, ya que los recursos naturales se han ido agotando y/o contaminado debido al mal uso, al aumento de emisiones de gases y al vertimiento de desechos industriales.<sup>2</sup>

Este incremento incesante de la contaminación, ha conducido a la necesidad de crear mecanismos de control que mitiguen o eliminen todo tipo de contaminación, y a la búsqueda de vías de recuperación en cualquier organización ya sea de servicio o industrial. En este sentido, las industrias ha sido uno de los sectores con más índice de contaminación por el consumo elevado de recursos y energía. Es por eso que entidades gubernamentales centran su atención hacia ese sector en búsqueda de soluciones rápidas, que no comprometa el bienestar de las futuras generaciones.

Actualmente muchas industrias han optado por implementar esta práctica de responsabilidad social, y han percibido los múltiples beneficios que ofrece a nivel económico, ambiental, social y competitivo frente a otras empresas. Lo anterior ha interesado a las industrias a desarrollar programas de prevención y control que contribuyan a mejorar el medio ambiente.

Una de las formas de controlar, es el uso de indicadores que mide los avances que las organizaciones han tenido con la ejecución de un programa sostenible,

---

<sup>2</sup> Ziout, A., Azab, A., Altarazi, S., & ElMaraghy, W. H. (2012). Multi-criteria decision support for sustainability assessment of manufacturing system reuse. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 59–69. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S175558171200082X>

pero su implementación presenta complejidad por la falta de información en el uso. Por lo anterior la presente investigación busca recopilar la información acerca de los indicadores que han sido usados y registrados en los artículos encontrados en la base de datos.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Lo anterior evidencia la necesidad de avanzar e investigar en temas tan importantes a nivel mundial como es el impacto ambiental, y más en aquellas generadas por las organizaciones manufactureras. Actualmente, Colombia como la mayoría de países latinoamericanos, han tenido su participación en estos temas pero no se ha visto su evolución por falta de información sobre la calidad ambiental y porque sus esfuerzos se han centrado solo en atacar la contaminación que es evidente y no ha tenido en cuenta los avances de los países desarrollados, ya que ellos han tenido diversas métricas para controlar, y de esta manera buscar medidas que controlen dichos impactos ambientales, como por ejemplo, a través de indicadores sostenibles.

Además, la información que está a disposición no categoriza de manera organizada las medidas de control existente generando complejidad a la hora de implementarlo dentro de las organizaciones. Es por esta razón que la presente investigación busca identificar las medidas de control, como los indicadores y organizarlos de acuerdo a la función que cumple en los sectores de manufactura.

Por último, es necesario recopilar información con respecto al control y gestión de los recursos que usan las empresas del sector industrial, debido a la necesidad de incluir el costo ambiental dentro de los modelos de optimización de costos. Su inclusión, facilitara la toma de decisiones, ya que la ecuación será un modelo que integrará todos los aspectos que intervienen en un proceso productivo.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

Elaborar un estado del arte de los indicadores utilizados para evaluar el impacto ambiental en empresas que pertenecen al sector metalmecánico, petróleo y derivados y alimentos para realizar una comparación frente al ámbito nacional.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Efectuar una revisión de la literatura sobre los indicadores utilizados para evaluar el impacto ambiental en los sistemas productivos que pertenecen al sector metalmecánico, petróleo y sus derivados y alimentos.
- Clasificar e integrar los indicadores identificados a partir de ciertas características específicas como país, tamaño de la empresa, aspecto ambiental incluido o recurso, si la medición es cuantitativa o cualitativa.
- Comparar las métricas utilizadas en empresas del exterior con las utilizadas en Colombia y basado en ciertos criterios seleccionar aquellas que puedan ser aplicadas en el país.
- Elaborar un artículo publicable sobre el tema investigado.

## 2. MARCO TEORICO

A continuación se hará recopilación de una serie de conceptos que servirán de guía para la realización del Estado del Arte de las métricas utilizadas para evaluar el impacto ambiental de los sistemas manufactureros.

### 2.1. ESTADO DEL ARTE

El estado del arte es una recolección de información sobre un tema de interés, que permite visualizar y reunir escritos del tópico desde diferentes aspectos, autores, ciudades entre otros. Además, este estudio permite realizar búsquedas de forma ordenada y siguiendo unos pasos a través de la implementación de una metodología. Lo ideal de realizar un estado del arte es generar nuevos y futuros trabajos de investigación que permita ahondar en temas poco comunes y de esta manera eliminar todo déficit de información respecto a una temática y contribuir a la construcción de nuevos conocimientos en alguna disciplina a partir de material ya existente.

Sus orígenes datan en el siglo XIX, y su principal uso fue compilar y sistematizar la información, especialmente en el área de ciencias sociales. Estos estudios han servido de apoyo para la toma de decisiones, por tal razón, el estado del arte se posicionó como una modalidad de investigación<sup>3</sup>.

Este estudio analítico es una de las primeras etapas que se desarrolla cuando se realiza una investigación y se recopila toda la información encontrada sobre un tópico específico, determina cómo este ha sido abordado, cuáles han sido sus últimas actualizaciones e identifica cuales son las tendencias.

---

<sup>3</sup> Molina M, N. P. (2005). ¿Qué es el estado del arte? *Ciencia Y Tecnología Para La Salud Visual Y Ocular*, 73–75.

Graciela Messina<sup>4</sup> define un estado de arte como un mapa que nos permite continuar caminando, que en un comienzo no es más que información continua y contradictoria, pero que en últimas contribuye en la teoría y en la práctica de algo.

Luis Nieto, docente investigador de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en su artículo “*Estado del arte de la investigación*”, dice que el estado del arte es “un análisis sistemático y una valoración del conocimiento y de la producción en torno a un campo de la investigación, durante un periodo determinado”.<sup>5</sup>

A continuación se hará una explicación de las fases que se deben tener en cuenta para la realización de un estado del arte, según diferentes autores:

Para *Molina*<sup>6</sup>, la realización del estado del arte se compone de tres fases.

- **Fase heurística.**

En esta fase se realiza la búsqueda y se recopila las fuentes de información que se van a utilizar. Estas pueden tener diversas características y pueden ser de diferente naturaleza, lo ideal de hacer la búsqueda es la de aportar de forma significativa a la investigación que se esté realizando. Es por esta razón que en esta fase se podrá evidenciar desde artículos hasta filmaciones o grabaciones hechas y que responden a una temática en particular.

---

<sup>4</sup> Messina, Graciela. Investigación acerca de la formación docente: un estado del arte en los noventa (online). (1999). Revista Iberoamericana de Educación Número 19 Formación Docente. Retrieved May 29, 2014, from <http://www.rieoei.org/oeivirt/rie19a04.htm>

<sup>5</sup> Nieto R, L. F. (2008). Estado del arte de la investigación en la Escuela de Idiomas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia \*, 29–38.

<sup>6</sup> MOLINA M, N. P. Op. cit.

- **Fase Hermenéutica.**

En esta segunda fase se necesita de mucha concentración, ya que a la información recopilada se le debe hacer lectura, análisis e interpretación y posteriormente se debe clasificar de acuerdo a la importancia que se considere en la realización del Estado del Arte. Esto permitirá al investigador identificar las diferentes herramientas que utilizará para organizar la información.

- **Fase Final.**

Una vez reunida la información que agregue valor a la investigación, se procede a realizar un análisis detallado. Este permitirá ahondar en el tema y tomar decisiones, además se debe generar críticas que permitan cuestionar y de esta manera contribuir al desarrollo de futuros estudios investigativos.

*Seuring & Müller, 2008*<sup>7</sup>, proponen una metodología que compone de 4 pasos:

- **Recolección de material**

Antes de recopilar el material se debe definir lo que se desea buscar y delimitar la información con el objetivo de evitar hacer búsquedas que no aporten a la investigación. Una de las formas de hacerlo es que en el momento de realizar la búsqueda se especifique características que se debe cumplir, por ejemplo, que el artículo este escrito en un determinado idioma y que sea publicado en revistas científicas enfocadas a una temática determinada, Pautasso<sup>8</sup> recomienda

---

<sup>7</sup> Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699–1710. doi:10.1016/j.jclepro.2008.04.020

<sup>8</sup> Pautasso, M. (2013). Ten simple rules for writing a literature review. *PLoS Computational Biology*, 9(7), e1003149. doi:10.1371/journal.pcbi.1003149

identificar y seleccionar un público objetivo, esto se puede conseguir especificando adecuadamente la temática que se desea desarrollar.

- **Análisis Descriptivo**

Se realiza una revisión de aspectos formales, conocido como el análisis bibliométrico que incluye tendencias de la temática evidenciándose en las publicaciones por año, autor, ciudad, palabras claves comunes, etc. Todo esto servirá como base para hacer un análisis teórico.

- **Selección de categoría**

En este paso el autor pretende agrupar por categorías o dimensiones estructurales todo el material que con anterioridad ha sido seleccionado para su análisis. Estos deben contener y agrupar los principales temas de análisis en características que sean relevantes y afines a la investigación propuesta.

- **Evaluación de material**

Este paso debe permitir la identificación de problemas y la interpretación de los resultados relevantes.

## **2.2. SOSTENIBILIDAD**

La sostenibilidad ha sido incorporada en los últimos años en muchos niveles de la sociedad, como la capacidad que un recurso o espacio se mantenga en el tiempo, y que permita que futuras generaciones disfruten de ello de la misma manera que las actuales lo hacen, por ejemplo, y tal vez uno de los más importantes son los recursos naturales. Su importancia se debe a que este recurso está en vía de extinción, y si no se toman las medidas necesarias como el de generar conciencia, entonces se tendrá consecuencias catastróficas.

La comisión Brundtland es un organismo de la ONU que define la sostenibilidad como el “Desarrollo que cubre las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de generaciones futuras en cubrir sus necesidades”<sup>9</sup>, este concepto ha sido referenciado en varios artículos, siendo esta la definición que mejor encierra el propósito de la sostenibilidad.

La sostenibilidad tiene sus orígenes en el 1713 cuando Hans Carlowitz desarrolló una teoría sobre la utilización óptima de los bosques, siendo estas, fuentes de energía para la industria del hierro y la plata. Lo anterior fue acuñado en el término alemán “Nachhaltigkeit” que consiste en talar un poco de madera y no cortar el árbol en su totalidad; ya que lo primero permite producir más madera todos los años, mientras que lo segundo hace que los árboles del bosque se desaparezcan y que jamás se vuelva a producir madera.

Como se evidencia en el párrafo anterior, los problemas medioambientales en la época preindustrial, no se enfocaban en la contaminación del aire ni del agua, sino del mal uso que se le daban a los bosques y a las praderas. Pero a finales del siglo XIX, en el momento que la revolución Industrial llegaba a su máxima capacidad de daño ecológico, se vio la necesidad que se tenía de crear una sostenibilidad a largo plazo y un sistema de normas en el que se evidenciara los usos que se debían de dar al medio ambiente. De esta manera, la sostenibilidad ha ido abarcando varios ítems en la historia, como lo resalta Marquardt, 2006<sup>10</sup> en su artículo, historia de la sostenibilidad.

---

<sup>9</sup> Gutierrez, F., Cloquell, V., & Cloquell, V. (2012). Propuesta de un sistema de indicadores de sostenibilidad para áreas naturales con uso turístico, validado mediante consulta a terceros. *Turismo Y Sociedad*, XII, 55–83.

<sup>10</sup> Marquardt, B. (2006). Historia de la sostenibilidad. Un concepto medioambiental en la historia de Europa central (1000-2006). *Historia Crítica*, 32, 172–197.

Este término ha ido cobrando importancia en la sociedad, porque se vislumbra la necesidad de tomar decisiones que cambie radicalmente el comportamiento que tienen las empresas frente al uso del agua, suelo, aire medio ambiente y demás recursos naturales que usan de manera directa o indirecta. Las entidades gubernamentales, en su búsqueda de mitigar esta problemática han optado por establecer medidas de control<sup>11</sup>, entre las más comunes se encuentran: a) Establecer normas que determinen formas conductas, uno de ellos es indicar un nivel máximo de emisión de sustancias. b) Establecer precios por el derecho a contaminar c) Establecer permisos de contaminación, el cual contribuye positivamente en los mercados verdes.

Por esta razón las organizaciones han implementado dentro de sus obligaciones, la responsabilidad social corporativa, en donde, incluye aspectos ambientales y como éste se integra a lo social y económico de forma positiva en la organización. Su principal objetivo es lograr que las organizaciones se comprometa de manera directa y contribuya a la competitividad y rentabilidad de la misma.

Por lo anterior se considera que para lograr el desarrollo sostenible es necesario tener en cuenta aspectos económicos, sociales y ambientales, y que la combinación de estos pueda transmitir a las generaciones futuras un bienestar igual o mayor al actual. A continuación se hará una descripción de las características más importantes de cada uno:

### **2.2.1. Sostenibilidad Social**

La sostenibilidad social implica que toda la raza humana viva bajo condiciones integrales y equitativas, no obstante, es necesario que haya un equilibrio en todos

---

<sup>11</sup> Talero, S. (2007). Razón, necesidad y utilidad de la contabilidad para la sostenibilidad. *Accounting & Tax*, 50, 155–176.

los aspectos y esferas de la vida sociocultural. Esta equidad se divide en dos<sup>12</sup>, la primera es la *equidad intrageneracional*, que es la distribución equitativa de los costes y los beneficios entre la población actual y la segunda es la *equidad intergeneracional*, que tiene en cuenta el bienestar de las futuras generaciones. Todo lo que se realice dentro de este entorno llamado tierra, se debe realizar pensando en las consecuencias que tendrían la descendencia venidera, en otras palabras, la sostenibilidad social representa la preparación continua para alimentar a más gente en el futuro, lo cual significa ser conscientes que cada día aumenta la natalidad en la tierra.

La sostenibilidad social se puede denotar en cinco enfoques diferentes: el primero se basa en perseguir la equidad, lo que significa eliminar la pobreza y que todos equitativamente disfruten del crecimiento económico; la segunda es la satisfacción de las necesidades básicas del individuo que es el cumplimiento de un derecho fundamental; el tercero, es impulsar acciones que permitan el cumplimiento de los derechos económicos, políticos, culturales, equidad de géneros y de razas entre las personas que habitan en diversas regiones del país; el cuarto enfatiza en permitir la expresión de potencialidades de cada individuo y la posibilidad de los ciudadanos de interactuar en procesos democráticos. Finalmente la sostenibilidad social significa incentivar acciones que apoyen la conservación de la cultura y los derechos de las comunidades regionales en un determinado territorio.

Vallance, Perkins, & Dixon, (2011)<sup>13</sup>, en su artículo proponen que la sostenibilidad social debe comprometerse a generar el crecimiento y la calidad de los seres humanos en cuanto a la satisfacción de las necesidades básicas como el empleo,

---

<sup>12</sup> Bustamante, L. P. (2007). *Los derechos de la sustentabilidad: desarrollo, consumo y ambiente* (p.287). Ediciones Colihue SRL. Retrieved from. <http://books.google.com/books?id=jk77LWgX6doC&pgis=>

<sup>13</sup> Vallance, S., Perkins, H. C., & Dixon, J. E. (2011). What is social sustainability? A clarification of concepts. *Geoforum*, 42(3), 342–348. doi:10.1016/j.geoforum.2011.01.002

alimentos, provisión de infraestructura y de servicios públicos, saneamiento, educación, y en general que la sociedad aporte democráticamente a la región. Es así, como la sostenibilidad social es uno de los pilares importantes para alcanzar el desarrollo sostenible, debido a que este genera que los seres humanos estén motivados para alcanzar grandes logros tanto ambientales como económicos dentro de una determinada región.

### **2.2.2. Sostenibilidad Económica.**

La economía es sostenible cuando un país tiene la capacidad de proporcionar a una región bienes y servicios, además permitir que la sostenibilidad ambiental y social sea financieramente posible y rentable, es decir que en el tiempo sea ecológicamente sostenible y tenga la capacidad de satisfacer las necesidades básicas de las personas.

Para cumplir la relación socio-económica se hace necesario aumentar las tasas de crecimiento del ingreso y el producto per cápita de la región, esto mejorará la calidad de vida de la población y disminuirá la pobreza. El incremento del consumo masivo impulsado por el crecimiento de los ingresos en los países industrializados ha sido una fuente de estrés y degradación ambiental.

Cuando las políticas sostenibles se centran solo en la productividad de los recursos y en la eco-eficiencia de los procesos y productos, es poco probable generar cambios en la economía. Por consiguiente, para que haya una transición hacia la sostenibilidad es necesario recurrir a cambios en el comportamiento en cuanto a la adquisición de tecnologías y la visión hacia el mundo.

Es por ello que la economía neoclásica debe responder a la forma como los individuos se comportan frente al mercado y los hábitos que surgen y que constituyen una “forma normal de vida”, en otras palabras la relación socio-

económico se vislumbra cuando se tiene en cuenta la evolución de las necesidades y los deseos que socialmente son construidos.

Y por último para cumplir la relación ambiental-económico se debe lograr que el uso de los recursos actuales no reduzcan los ingresos reales del futuro, ya que como se mencionó en el concepto de sostenibilidad, se requiere que se cumpla las condiciones necesarias para que las futuras generaciones puedan disfrutar de los recursos básicos, es por eso que el progreso económico dependerá de la integridad sostenida de los recursos.

La crisis económica que se vive actualmente servirá como base para concebir una nueva economía en términos de desarrollo sostenible. Es por ello que el tema de la sostenibilidad económica llega a representantes políticos importantes, como el presidente de EEUU<sup>14</sup> Obama quien apuesta en su plan de impulso económico, por medio del desarrollo sostenible.

### **2.2.3. Sostenibilidad Ambiental**

La sostenibilidad ambiental es uno de los pilares de la sostenibilidad que genera mayor preocupación a nivel mundial en las últimas décadas, dado que este se ha ido deteriorando por el mal uso que le dan a los recursos tanto las personas jurídicas como naturales. De esta manera surge la necesidad de generar soluciones que permitan mitigar o eliminar este daño que afecta directamente a la economía y a la sociedad. A la economía porque la escases de los recursos, dificulta los procesos en las empresas. Así mismo para la sociedad genera un daño que afecta directamente a las necesidades básicas de los seres humanos.

---

<sup>14</sup> Obama apuesta por el desarrollo sostenible en su Plan de Impulso Económico. (2009). eForética. Retrieved June 19, 2014, from <http://www.foretica.org/sala-de-prensa/noticias/377-obama-apuesta-por-el-desarrollo-sostenible-en-su-plan-de-impulso-economico-?lang=ca>.

Este término ha sido acuñado desde el 1992 por el BANCO MUNDIAL. Originalmente fue conocido como el desarrollo ambiental responsable, después como el desarrollo sostenible medio ambiental y por último se desarrolló lo que actualmente se conoce como la sostenibilidad ambiental, que consiste en proteger las fuentes que generan las materias primas que son utilizadas para satisfacer las necesidades humanas, en otras palabras, es la capacidad de mantener y valorar las cualidades del entorno físico o el capital natural.

El BANCO MUNDIAL ha promovido la sostenibilidad ambiental, ofreciendo a los gobiernos actividades de análisis y financiamiento para priorizar la biodiversidad, los recursos hídricos, control de la contaminación y la política ambiental, pero para que haya cambios, ellos consideran necesario que la sociedad en general se interese por la preservación del medio ambiente.

Se definió una estrategia ambiental con cuatro criterios específicos<sup>15</sup>: La primera es la regeneración su objetivo es utilizar los recursos renovables eficientemente y permitir un plazo para que se vuelva a renovar, la sustitución es el uso de recursos no renovables de manera eficiente y que se puedan sustituir por recursos renovables, entre otras formas, por último la asimilación que es evitar que las salidas de sustancias peligrosas o contaminantes al medio ambiente exceda su capacidad de asimilación.

Por otro lado, para el control ambiental se ha implementado una serie de normas y reglamentos que obliga a las organizaciones a tener conciencia del uso que dan a los recursos ambientales como el agua, suelo y al ambiente en general, permitiendo gestionar los residuos de manera normalizada y sistemática.

---

<sup>15</sup> Moldan, B., Janoušková, S., & Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators*, 17, 4–13. doi:10.1016/j.ecolind.2011.04.033.

### 2.3. PRODUCCIÓN LIMPIA

La producción limpia es una estrategia de prevención y una herramienta para el desarrollo sostenible. Utilizada para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente. Además, se considera un factor importante en la planeación, diseño, operación y gestión de todo el sector industrial. Con la implementación de la producción limpia en las organizaciones se busca, disminuir el uso de materia primas tóxicas, reducir las emisiones, vertimientos y desechos y el uso eficiente de los recursos. Su implementación ha llevado a las organizaciones a tener ganancias de tipo económico y social.

Sus orígenes se remontan en 1970 como una estrategia para el mejoramiento del ambiente, que complementa la regulación ambiental. La producción limpia ha sido implementada en continentes como Norte America y Europa<sup>16</sup>, cuyo resultado ha sido el de mejorar la eficiencia de las operaciones en las organizaciones y de esta manera lograr reducir los costos de los mismos. En otras palabras significa que es una aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada en los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente.

Esta estrategia ambiental ha sido exitosa en empresas grandes, ya que las pequeñas y medianas (PYMES) por su tamaño se ven limitados en recursos financieros y humanos para su implementación. Su éxito radica en crear consciencia en todos las partes interesadas de la organización y la comunidad empresarial, y de esta manera lograr “gana-gana” entre ellos.

---

<sup>16</sup> Khalili, N. R., Duecker, S., Ashton, W., & Chavez, F. (2014). From Cleaner Production to Sustainable Development: The Role of Academia. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2014.01.099.

Las industrias han sido reconocidas como una de las principales causas del deterioro ambiental, efecto invernadero, el consumo masivo de energía, emisiones de sustancias tóxicas, la extracción del agua y de residuos peligrosos y del agotamiento de los recursos. Pero también se han destacado por su contribución al desarrollo y creación de riquezas en una región, no obstante, la identificación de opciones sostenibles en este ámbito es un factor clave. En una producción limpia, se busca conservar la energía y los recursos naturales, así como mitigar o eliminar la contaminación. Estas características permiten tener en este tipo de procesos y sistemas una economía viable y socialmente beneficiosa, segura y saludable.

En los últimos años, se han dado a conocer una serie de leyes y normas ambientales que han obligado a las organizaciones a realizar acciones correctivas dentro de sus procesos, esto les ha permitido darse cuenta que adaptarse a estas regulaciones les ha llevado a contribuir al mejoramiento del medio ambiente, al aumento de utilidades y al mejoramiento de la calidad de vida de las personas. Es por esta razón que en el interior de las organizaciones se habla mucho de eco-eficiencia y lo siguen considerando como el uso razonable de los recursos, pero ahora, no solo buscando maximizar las ganancias, sino también, en impactar positivamente en el medio ambiente.

## **2.4. INDICADORES**

Los indicadores se hacen necesarios para mejorar ya que lo que no se mide no se controla, y lo que no se controla no se administra<sup>17</sup>. Por lo anterior, los indicadores son métricas que reflejan el comportamiento, cumplimiento, control y funcionamiento efectivo de un fenómeno observado y complejo que lo simplifica a una forma que es relativamente fácil de usar. Estos deben ser objetivos, comprensibles y significativos, deben responder a las expectativas de los

---

<sup>17</sup> GS1 Chile. (2004). Medición indicadores de gestión logística. Chile, pág. 4

stakeholders, emitir comparaciones y juicios de valor y el diseño de la métrica debe ser flexible para minimizar el tiempo que transcurre entre la recolección e interpretación de la información. Su objetivo principal es cuantificar, simplificar, y comunicar. Comúnmente son usados para la toma de decisiones, para evaluar el desempeño de algún recurso. Permite recoger y analizar los datos pertinentes, pronosticar los resultados y eliminar las apreciaciones subjetivas. Además permite detectar anomalías entre lo que está haciendo la organización con los objetivos que se están trazando.

GS1<sup>18</sup> los considera datos numéricos que evalúa el desempeño de un proceso clave para la organización, en donde se visualiza si las metas se cumplen de acuerdo a los objetivos trazados.

#### **2.4.1. Características**

Las siguientes características han sido establecidas por Feng & Joung<sup>19</sup>

- Medibles: Un indicador se considera medible porque es fácil de leer, se encuentra de forma cualitativa y cuantitativa en tópicos de tipo ambiental, económico, social, técnicos, entre otros.
- Relevante: Es relevante cuando el indicador se relaciona directamente y con aspectos significativamente útiles con la temática, proceso o actividad que se desea evaluar.
- Comprensible: se considera comprensible cuando no solo lo entiende el creador sino todas las personas que tengan acceso al indicador.

---

<sup>18</sup> Ibid

<sup>19</sup> Feng, S. C., & Joung, C. B. (2007). An Overview of a Proposed Measurement Infrastructure for Sustainable Manufacturing. National Institute of Standards and Technology.

- **Confiables:** La información que contiene el indicador debe ser fiable y precisa de la organización, del proceso de fabricación o de la actividad que se quiere medir.
- **Datos accesibles:** Al igual que la anterior, los datos y la información necesaria para definir un indicador deben ser de fácil acceso y se debe adquirir en la actividad a medir, en el momento oportuno.
- **Flexible:** los indicadores actuales deben ser amigables y de fácil adaptabilidad para futuras generaciones para el desarrollo de la organización.

### **2.4.2. Clasificación**

A continuación se presenta la clasificación de los indicadores según el DANE<sup>20</sup>:

#### **Indicadores según medición**

- **Cuantitativos:** Explica la realidad a través de números. Por su condición numérica y para facilitar el análisis de los indicadores, este permite que los datos sean organizados de forma ascendente y descendente.
- **Cualitativos:** herramienta que tiene en cuenta el entorno organizacional y los clasifica de acuerdo a cualidades como bueno, malo, aceptable, regular, entre otros. Por medio de este se pueden evidenciar oportunidades y amenazas dentro de la organización o territorio.

#### **Indicadores según intervención**

- **Impacto:** son aquellos indicadores que afectan directamente al tópico de estudio, en donde, sus consecuencias se evidencia a mediano y largo plazo. Es por lo anterior que requieren de mayor atención por los stakeholders.

---

<sup>20</sup> DANE. (2012). construcción e interpretación de indicadores e interpretación de indicadores Estrategia para el Fortalecimiento.

- Resultado: son indicadores que indican las consecuencias de implementar un proceso, actividad o programa sobre la sociedad.
- Producto: es el total de productos o servicio de calidad que se generan al implementar un proceso, actividad o programa
- Proceso: son indicadores que verifican el cumplimiento del proceso, actividades o programa para obtener un bien o servicio con respecto a recursos disponibles y asignados.
- Insumo: identifica y valora los recursos disponibles y usados en un proceso, actividad o programa

### **Indicadores según jerarquía**

- Gestión: también conocidos como indicadores internos cuya función principal es medir la relación entre los insumos y los procesos. También se tienen en cuenta los indicadores administrativos y operativos, que son los que miden la cantidad de recursos para la obtención de un bien o servicio.
- Estratégicos: son aquellos que evalúan los productos, las consecuencias e impacto que generan en la sociedad.

### **Indicadores según calidad**

- Eficacia: es el seguimiento del logro de objetivos en programas políticos y proyectos.
- Eficiencia: mide el uso de los recursos con relación a la productividad.
- Efectividad: Involucra los dos conceptos anteriores y mide que se cumpla los objetivos planeados bajo costos razonables.

## **Indicadores sostenibles<sup>21</sup>**

- **Gestión ambiental:** suministra información de la influencia que tiene la administración con respecto al comportamiento medio ambiental.
- **Condición ambiental:** provee la información que relaciona de forma directa las operaciones de la organización con el medio ambiente. Por ejemplo, el efecto de las emisiones de una producción a las vías de agua cercanas a esta.
- **Desempeño ambiental:** se subdividen en indicadores operativos y de impactos. Los operativos indican la información del comportamiento ambiental en las operaciones, mientras que los de impacto proporcionan los resultados de las operaciones.

## **2.5. SECTOR MANUFACTURERO**

El sector manufacturero o sector industrial se entiende como el sector que se encarga de la extracción de materia prima y su posterior transformación para el consumo final. El resultado de realizar actividades manufactureras es la creación de distintos tipos de productos que son tangibles. Por lo general, el sector para su producción emplea máquinas, equipos, tecnología o simplemente lo puede realizar de forma manual, todo depende del volumen de producción y de los recursos disponibles.

En la actualidad, es uno de los sectores que más aportan al desarrollo económico mundial pero también impacta de forma negativa al ambiente y a la salud humana. Según Wang Rojas,<sup>22</sup> la manufactura es responsable del 35% del consumo eléctrico en el mundo, 20% de las emisiones de CO<sub>2</sub> (principal gas de efecto

---

<sup>21</sup> Gautam, R., & Singh, A. (2010). Critical environmental indicators used to assess environmental performance of business. *Global Business and Management Research: An International Journal*, 2(2 & 3), 224–237.

<sup>22</sup> Wang Rojas, P. J. Visión de la manufactura según la economía verde. *Cegesti*, 188, 1-5

invernadero) y el 25% de la extracción de recursos naturales primarios. Por esta razón, se busca una economía verde dentro de las organizaciones que es la transición de las actividades normales a actividades que generen desarrollo sostenible en el tiempo. No obstante, se sigue considerando como una de las principales fuentes de empleo.

Según el DANE referenciado en el artículo, “Perfil del sector manufacturero Colombiano”<sup>23</sup>, dentro el sector manufacturero se puede evidenciar los siguientes subsectores:

- Alimentos y bebidas.
- Algodón, fibras, textiles, confecciones, cuero, calzado y marroquinería.
- Madera y muebles.
- Papel, cartón y actividades de edición e impresión.
- Refinación de petróleo, químicos, y productos de caucho y plástico.
- Minerales no metálicos.
- Metalmecánica y maquinaria.

Para la investigación actual se considera los siguientes subsectores:

### **2.5.1. Sector Petrolero y Gas.**

Este sector es uno de los más importantes, ya que proveen la energía que consume el mundo. Existen tres procesos relacionados con este sector:

Exploración y producción.

Procesamiento.

Transporte y almacenamiento.

---

<sup>23</sup> López, L. Á., Gallego Duque, A. C., Rebolledo Noriega, J. E., & Velasco Bonilla, A. (2013). Perfil del sector manufacturero Colombiano. *Magazín Empresarial*, 9, 49–61.

En cada uno de estos procesos se encuentran involucradas actividades que afectan el cambio climático.

- **Exploración y producción del petróleo:** Incluye actividades de búsqueda, estudio y producción del petróleo, construcción de infraestructura y mantenimiento, transporte de equipo, operación instrumental y el sitio de desagüe. Estas actividades aumentan la temperatura, varían las precipitaciones y aumentan los riesgos naturales.
- **Procesamiento del petróleo:** Incluye actividades de pre-tratamiento del crudo del petróleo, destilación del crudo del petróleo, extracción por solventes y desparafinado, craqueo térmico, craqueo de fluido catalítico, hidrocrqueo, reformado catalítico, isomerización, polimerización, alquilación, plantas, plantas de gas insaturados, producción de asfalto, los procesos de producción de hidrógeno y lubricantes, cera, grasa y de fabricación. Uno de los problemas de costos, seguridad, salud y medio ambiente que se presenta, se debe a que la refinación o procesamiento es vulnerable al fuego ya que su contacto mal tratado puede generar incendios irremediables.
- **Transporte y almacenamiento:** Una vez obtenido el producto se realiza el desplazamiento del crudo. Es una de las actividades más riesgosa y costosas en términos ambientales y en dicho desplazamiento son millones de barriles que se han derramado en bosques, ríos, lagos y mares, en general, afectando el ecosistema.<sup>24</sup>

De esta forma, la actividad petrolera en sus diferentes etapas ocasiona contaminación y cambios en el uso del suelo, remoción de materiales para la

---

<sup>24</sup> Navas T., D. A., & Rodriguez R., P. A. (2010). Procesos para la obtención del petróleo y los impactos ambientales generados por actividades petroleras.

construcción de vías e instalaciones y pozos, contaminación de aguas superficiales y subterráneos, modificaciones bióticas sobre hábitats naturales, modificación de patrones socio-culturales y procesos inflacionarios propios de estos enclaves económicos.

### **2.5.2. Sector Alimentos.**

El Sector de alimentos tiene un uso significativo de recursos como el agua, energía y embalaje. Es un gran generador de aguas residuales, emisiones gaseosas, residuos orgánicos y desechos generados por empaques.<sup>25</sup>

Dentro de los subsectores esta la industria agrícola, industrial, proveedores, transporte, consumo y gestión de residuos, los cuales son grandes generadores de impactos en su entorno<sup>26</sup>. La industria, que es el foco de este proyecto es uno de los grandes generadores del consumo energético y emisiones de gases de efecto invernadero; recursos y gestión de residuos; agua y gestión de aguas residuales; envases. Sin embargo, los impactos ambientales de mayor magnitud se dan “aguas arriba” y “aguas abajo” de la etapa de producción. Por esto es necesario que todos los componentes de la cadena alimentaria, que va desde la extracción de la materia prima hasta la disposición del producto final, se alineen y cooperen en términos de sostenibilidad<sup>27</sup>.

---

<sup>25</sup> Maxime, D., Marcotte, M., & Arcand, Y. (2006). Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. *Journal of Cleaner Production*, 14(6-7), 636–648. doi:10.1016/j.jclepro.2005.07.015

<sup>26</sup> EL TIEMPO. Op. cit. p. 7-9

<sup>27</sup> FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE INDUSTRIAS DE LA ALIMENTACIÓN Y BEBIDAS. Op.cit. p. 7-9

### **2.5.3. Sector Metalmecánica.**

El sector metalmecánico abarca actividades que van desde la fundición a las actividades de transformación y soldadura hasta el tratamiento químico de superficies. Este sector es el encargado de obtener materia prima para la conversión del acero y después el proceso de transformación industrial para la obtención de láminas, alambre, placas, etc. Las cuales son procesadas, para finalmente obtener un producto que posteriormente será usado. Este proceso genera varios impactos medioambientales entre las más representativas está: emisiones atmosféricas, vertidos de aguas residuales y generación de residuos peligrosos<sup>28</sup>.

En conclusión, el empleo de materias primas y otros materiales de carácter peligroso, así como la obtención de productos finales e intermedios son una fuente de riesgo en el proceso de transformación y fabricación, ya que se produce fugas, vertidos y derrames de estos materiales, que podrían llegar a dañar el entorno del lugar en el que se realiza el proceso industrial, además de ocasionar incendios o explosiones en el caso de manejo de sustancias inflamables.

---

<sup>28</sup> FEMEVAL. Evaluación de riesgo ambiental en el sector metalmecánico.

### **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: ESTUDIO DE FUENTES SECUNDARIAS Y Terciarias**

A continuación se presentará algunos documentos que servirán como base para el desarrollo del proyecto de grado ya que profundizan en la temática relacionada con las métricas usada para medir el impacto ambiental en empresas manufactureras y de las metodologías usadas en un estado del arte.

- Review of corporate environmental indicators

Autores: Marta Herva, Amaya Francob, Eugenio F. Carrasco, Enrique Roca.

Revista: Journal of Cleaner Production

Año: 2011

En el artículo dan a conocer indicadores según cuatro enfoques que son importantes evaluar dentro de los procesos de producción y productos, como son Indicadores de Energía y los flujos de materiales, indicadores de dimensión territorial, indicadores de evaluación del ciclo de vida, indicadores de Evaluación de Riesgos Ambientales. Cada uno de estos indicadores proporciona información en donde integran de forma directa la influencia ambiental, finalmente el artículo relaciona estos indicadores. El objetivo será conocer los procesos en una organización y su evaluación con respecto al ambiente.

- Environmental, economic and social criteria and indicators for sustainability assessment of energy technologies

Autores: Stefan Hirschberg, Christian Bauer, Peter Burgherr, Roberto Dones Warren Schenler, Till Bachmann y Diana Gallego Carrera.

Revista: New Energy Externalities Developments for Sustainability

Año: 2007

Es una integración de proyectos en donde se puede encontrar indicadores de cada uno de los pilares de la sostenibilidad como la económica, ambiental y social, enfocados a la obtención de tecnología limpia dentro de las organizaciones.

- Categorization of indicators for sustainable manufacturing

Autores: Che B. Joung, John Carrella, Prabir Sarkara, Shaw C. Fenga,

Revista: Ecological Indicators

Año: 2013

En este artículo se evidencia la preocupación que existe a la hora de elegir entre muchos, un indicador de acuerdo a los requerimientos de cada organización, es por ello que en esta investigación se revisan indicadores disponibles y se categorizan de acuerdo a su función. Los indicadores para que fueran seleccionados debían ser cuantificables y que tuviera una relación directa con los procesos manufactureros. Estos indicadores no solo se categorizaron en los tres pilares de sostenibilidad sino que además tuvieron en cuenta el avance tecnológico y la gestión del rendimiento.

- Ten simple rules for writing a literature review.

Autor: Marco Pautasso

Revista: PLoS computational biology

Año: 2013

Este artículo sirve como guía para la realización del estado del arte, ya que contiene los pasos necesarios para efectuarlo de forma organizada y secuencial. Este fue un estudio que surgió como consecuencia de 25 revisiones literarias que se hicieron con estudiantes de PhD y postdoctorados, además conto con revisiones de expertos en el tema.

- Cleaner production and sustainability

Autores: Gudolf Kjaerheim

Revista: Journal of Cleaner Production

Año: 2005

En este artículo se evidencia el uso, resultado y experiencia de la producción limpia por más de 12 años en Noruega. El resultado en cuanto a la reducción de emisiones y residuos, entre otros. Además se puede evidenciar la importancia que tiene la producción limpia a la hora de implementar la sostenibilidad en una organización, ya que este se presenta como una herramienta que aporta de manera integral a esta filosofía y/o a los procesos en general de la organización.

- From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management

Autores: Stefan Seuring, Martin Muller

Revista: Journal of Cleaner Production

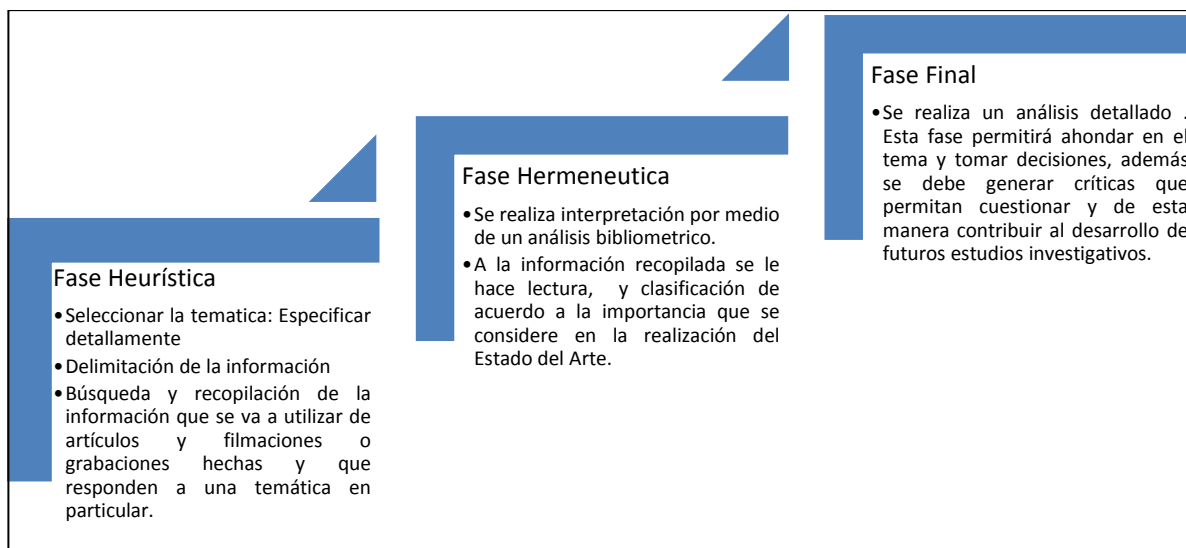
Año: 2008

Este artículo utiliza una metodología en particular para hacer la revisión de literatura, cuyo modelo es usado para la presente investigación con el objeto de tener una guía metodológica formalmente valida. Además dentro de su contenido se explica la sostenibilidad enfocada a una de las áreas más importantes en una organización manufacturera como la cadena de suministro.

## 4. METODOLOGÍA EMPLEADA

A continuación se hará una explicación de las fases que se usaron en la realización del estado del arte según Molina M, 2005<sup>29</sup>, cuya realización del estado del arte se compone de tres fases. (Figura 1).

**Figura 1.** Proceso de Búsqueda. Estructura, contenido y análisis.



Estas fases permitirán tener un análisis estructural y una secuencia lógica de estudio que se realizó y se revisó en toda la literatura blanca e información gris. Por lo anterior, la revisión de la literatura se puede denotar de dos formas según Seuring y Müller, 2008<sup>30</sup>: Revisión de la literatura de forma deductiva e inductiva. La primera es cuando se selecciona todo el material antes de ser analizado y el método inductivo refiere a que la revisión de la literatura parte del material obtenido para llegar a una generalización. Para ambos casos debe tener una clara relación con la teoría actual. Esta revisión se realizó bajo el método inductivo.

<sup>29</sup> MOLINA M, N. P. Op.cit.

<sup>30</sup> SEURING, S., & MÜLLER, M. Op.cit. p. 1701

#### 4.1. FASE HEURÍSTICA

La siguiente investigación abordo temas referentes al control ambiental y a la sostenibilidad ambiental que hay en los diferentes países del mundo y en las organizaciones en tres sectores específicos: petróleo y sus derivados, alimentos y metalmecánico.

- **Criterios de búsqueda y análisis**

**Tabla 2.** Criterio de búsqueda y análisis.

Criterios de búsqueda				
Periodo de tiempo	1997-2014			
Idioma	Inglés			
Base de datos	Web of Science, Scopus, revistas donde reportan las empresas ambiental, económica y socialmente sostenibles y adicionalmente páginas web en donde se evidencie los indicadores usados.			
Palabras claves	sustainable production; indicator; environment; sustainable indicators; manufacture; environment sustainability; manufacture industry; environment impact; indicator assessment; industry sector; clean production; cost environment.			
Combinación	ECUACIÓN			CANTIDAD
	1	sustainab* production AND indicator AND environment	496	
	2	sustainable indicators AND manufactur* AND environment*	202	
	3	sustainability AND indicator AND manufactur* industry	91	
	4	environment* sustainability AND indicator AND manufactur* industry	70	
	5	environment impact AND indicator assessment AND industry sector	53	
	6	environment performance AND indicator assessment AND industry sector	33	
	7	clean production AND indicator AND environment* sustainability	33	
	8	sustainable indicator AND manufactur* AND cost environment*	12	
Cantidad				990
Criterios de análisis				
Programas	Gestor de documentos	Mendeley Desktop		
	Software minería de datos	VantagePoint		

Después de ingresar los criterios establecidos de la tabla 2 en el motor de búsqueda se encontró un total de 990 artículos. Posteriormente, los datos

extraídos de esta búsqueda se analizaron en el software de minería de datos VantagePoint, y se procedió a hacer una búsqueda entre los artículos para identificar aquellos que se repitieran y de esta manera eliminarlos. Con el objetivo de evitar en la información de salida “información basura”; dando un total de 725 artículos relacionados con indicadores que identifica la sostenibilidad ambiental de las organizaciones..

## **4.2. FASE HERMENÉUTICA**

La información recopilada, es decir, los 725 artículos encontrados en la fase anterior; se analizará de forma más detallada para identificar aquellas características que acoten la cantidad de artículos y de esta manera se usara aquellos que aporten significativamente a la temática a estudiar.

### **Análisis bibliométrico**

Para tener una visión general de los aportes que las entidades a nivel mundial han hecho a cerca del impacto ambiental que generan las empresas manufactureras y las métricas usadas para medirlo, se realiza un análisis bibliométrico. El objetivo de este análisis es seleccionar aquellos documentos que aporten significativamente a la temática de la investigación, teniendo como base para este proceso de selección las características del autor que más escribe, las palabras claves más usadas, entre otras y de esta forma acotar la búsqueda para tener información relevante e identificar tendencias de investigación. Este análisis se realizó por medio del software para minería de datos: VantagePoint.

- **Autores**

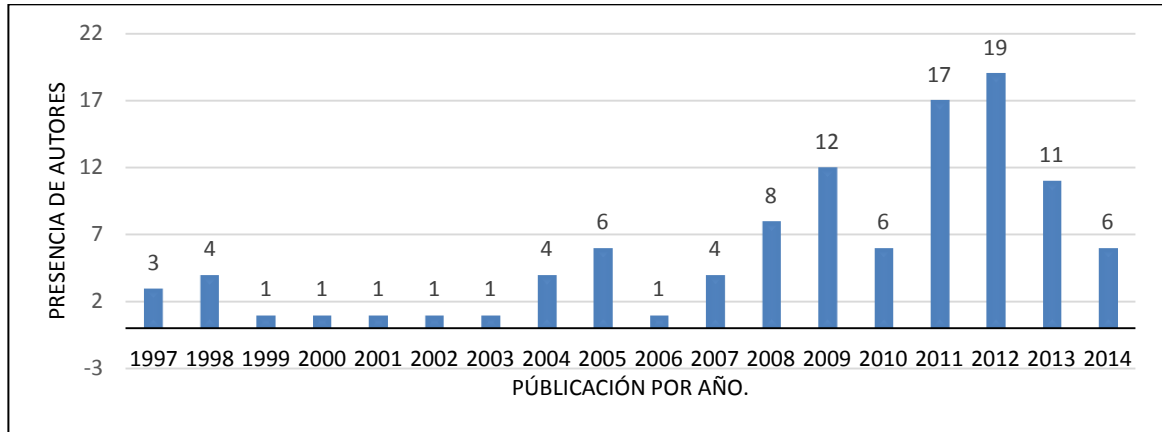
En la tabla 3 se presentan 42 de los 2152 autores y se muestra la cantidad de publicaciones que cada uno ha hecho respecto al tema. Se ha escogido estos

autores, porque aparecen con más frecuencia en los 725 artículos analizados. Adicionalmente, en la figura 2 se relaciona los autores seleccionados de acuerdo a la cantidad de publicaciones pero con respecto al tiempo. Teniendo una tendencia a aumentar a pesar que en el 2014 se evidencie una caída 31,57% con respecto al 2012, debido a que la búsqueda se realizó en el mes de agosto del 2014. (Figura.2)

**Tabla 3.** Autores relevantes de acuerdo a la densidad de publicaciones

<b>Autor</b>	<b>Cantidad de publicaciones</b>	<b>Autor</b>	<b>Cantidad de publicaciones</b>
Bastianoni, S.	7	Amler, R.	3
Chen, B.	7	Carvalho, M. G.	3
Ulgiati, S.	5	Chen, G. Q.	3
Afgan, N. H.	4	Feng, S. C.	3
Brent, A. C.	4	Gavrilescu, M.	3
Hotta, Y.	4	Haberl, H.	3
Kondoh, S.	4	Haverkort, A. J.	3
Madan, J.	4	Herva, M.	3
Marchettini, N.	4	Jolliet, O.	3
Mishima, N.	4	Joung, C. B.	3
Panzieri, M.	4	Labuschagne, C.	3
Rydberg, T.	4	Li, J.	3
Wang, R.	4	Liu, G.	3
Yang, J.	4	Liu, J.	3
Zhang, H.	4	Mani, M.	3
Zhang, Y.	4	Masui, K.	3
Tiezzi, E.	3	Pulselli, R. M.	3
Wang, X.	3	Roca, E.	3
Watari, K.	3	Shi, X.	3

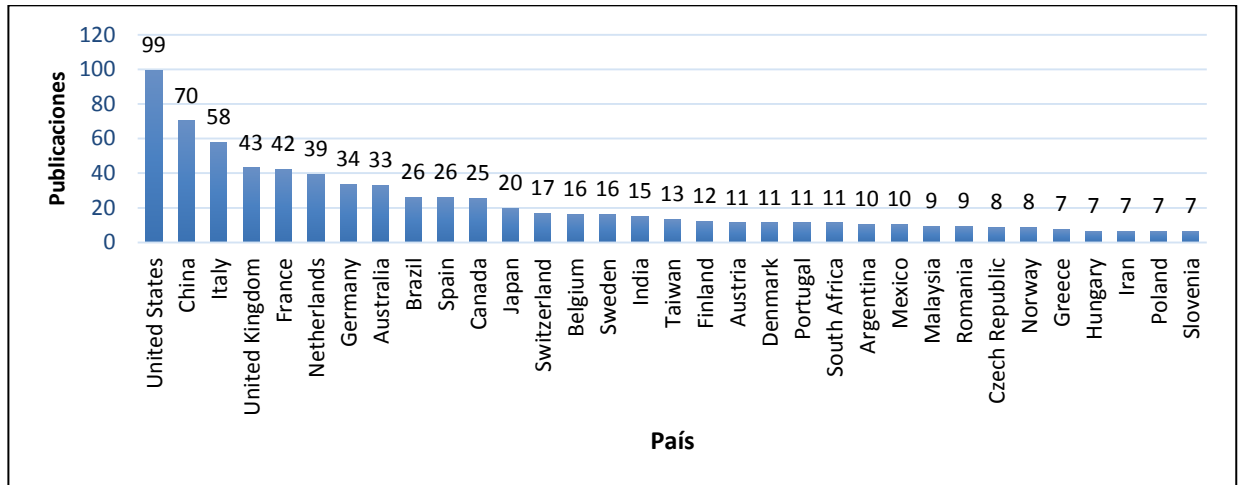
**Figura 2.** Presencia de autores por año



- **País de publicación**

El país que más investigaciones tienen con respecto a la problemática ambiental en las organizaciones, es Estados Unidos como se muestra en la Figura 3. En esta se escogieron los países que publicaron más de 7 artículos, dando como resultado 33 países, que son los que más aportan en esta área de la investigación.

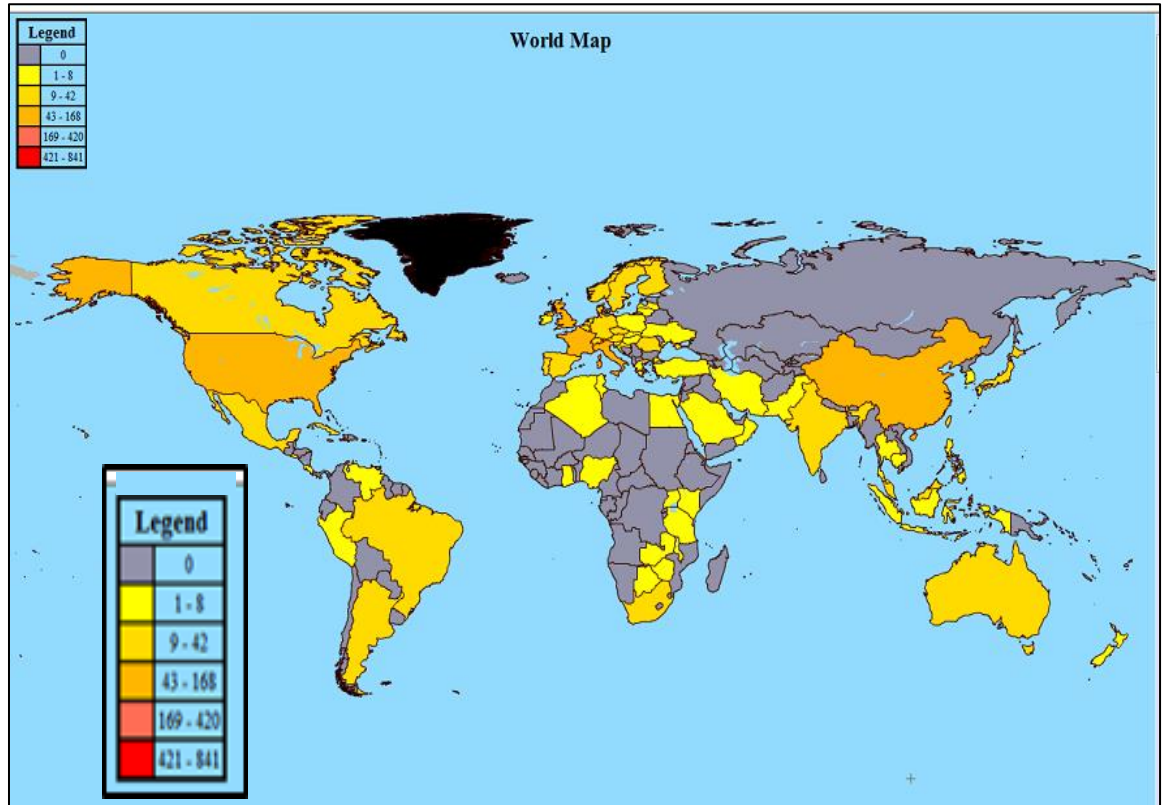
**Figura 3.** País de publicación.



En el Figura 4 se evidencia un mapa que muestra los 81 países que han aportado a esta temática en particular. Según la revisión, Colombia aún no ha forma parte

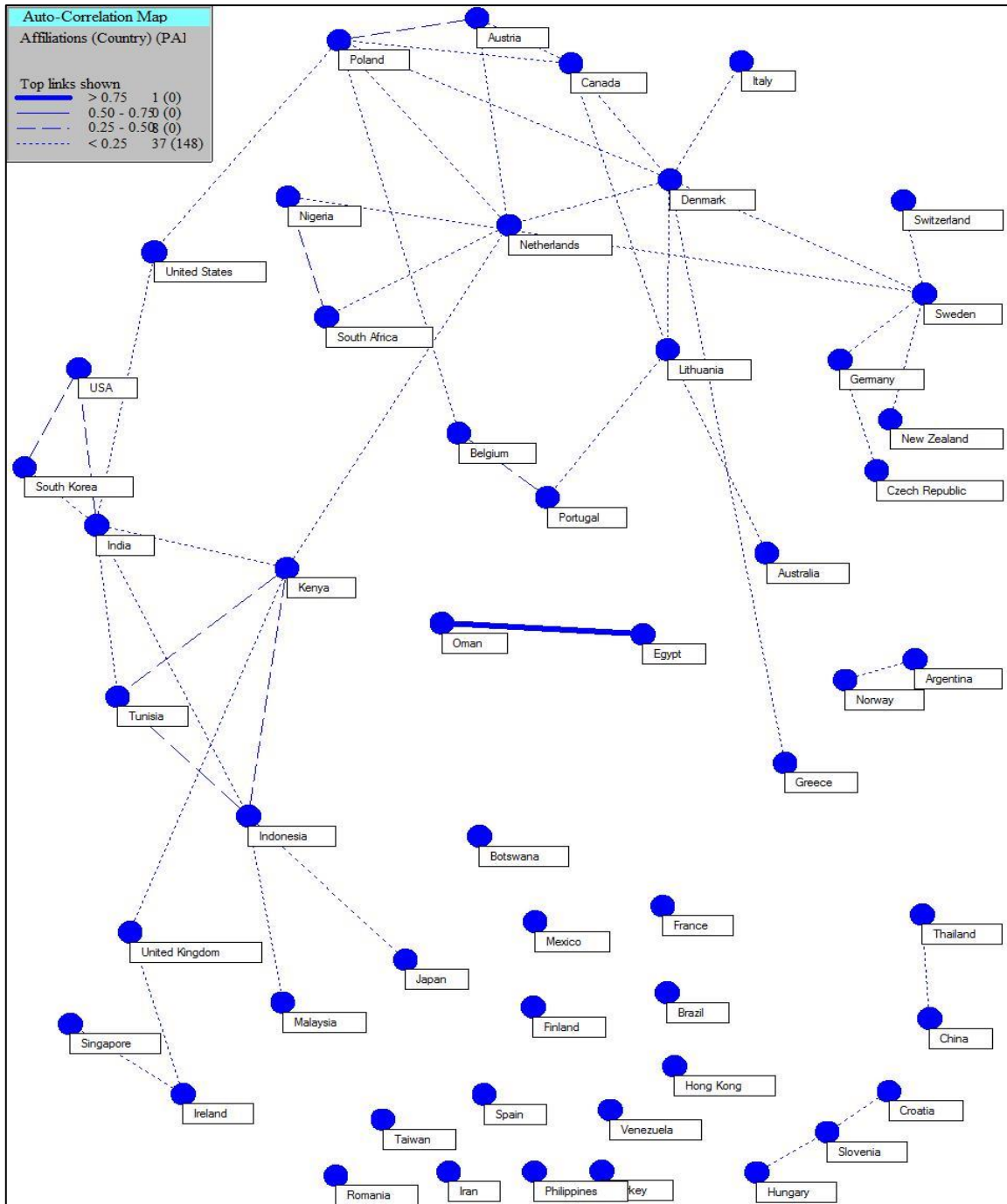
de estos 81 países. El país que más escribe son Estados Unidos, China, Italia, Reino Unido y Francia como se evidencia también en la Figura 3.

**Figura 4.** Ubicación gráfica de países que publican.



La figura 5 muestra los países que se han unido para hacer investigación. En este campo en particular se evidencia una relación fuerte entre Egipto y Oman, indicando una relación directa en el momento de realizar una investigación en conjunto. En cuanto a América, se presenta poca participación conjunta; por ejemplo Venezuela que ha aportado según la figura 4 entre 1 a 8 artículos no ha tenido participación conjunta con algún otro país. De la misma manera sucede en México y Brasil. A diferencia de los países de Norte América que no solo se destacan por tener la mayor cantidad de artículos publicados sino por tener una correlación media en publicaciones conjunta con otros países.

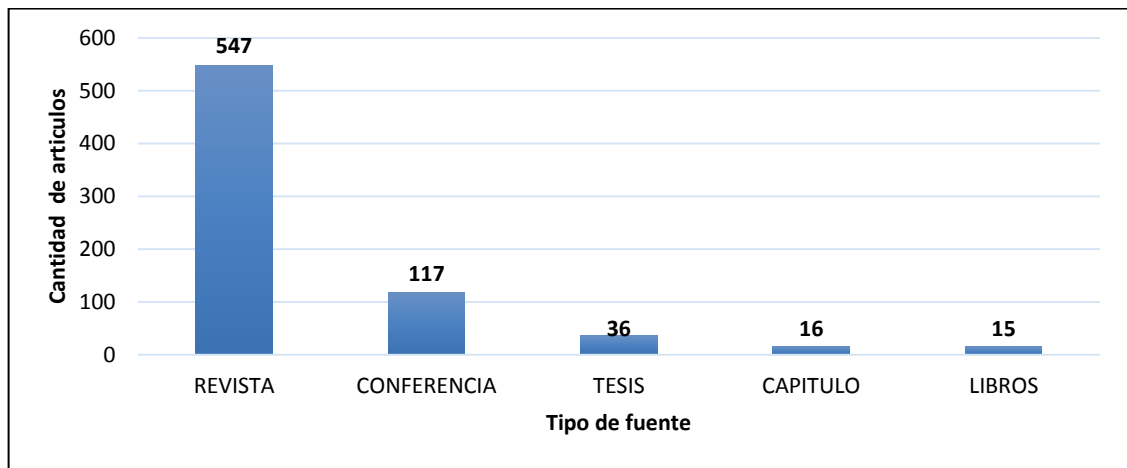
**Figura 5.** Correlación de artículos publicados entre países.



- **Tipo de fuente**

En la figura 6, se evidencia que la fuente que más ha hecho aportes a la temática de investigación son las revistas científicas y profesionales lo que representa un porcentaje del 65,04% de los artículos analizados.

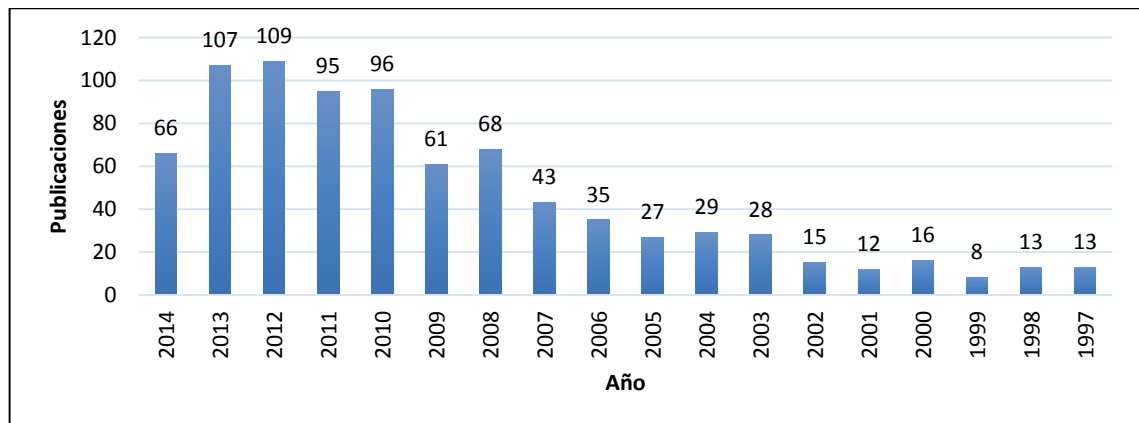
**Figura 6.** Cantidad de artículos según tipo de fuente.



- **Años de publicación**

Así como lo explicado en el ítem de autores, la tendencia de esta temática va en aumento, dado que ha sido un tema importante para la sociedad en las últimas décadas (Figura 7).

**Figura 7.** Publicación por año.



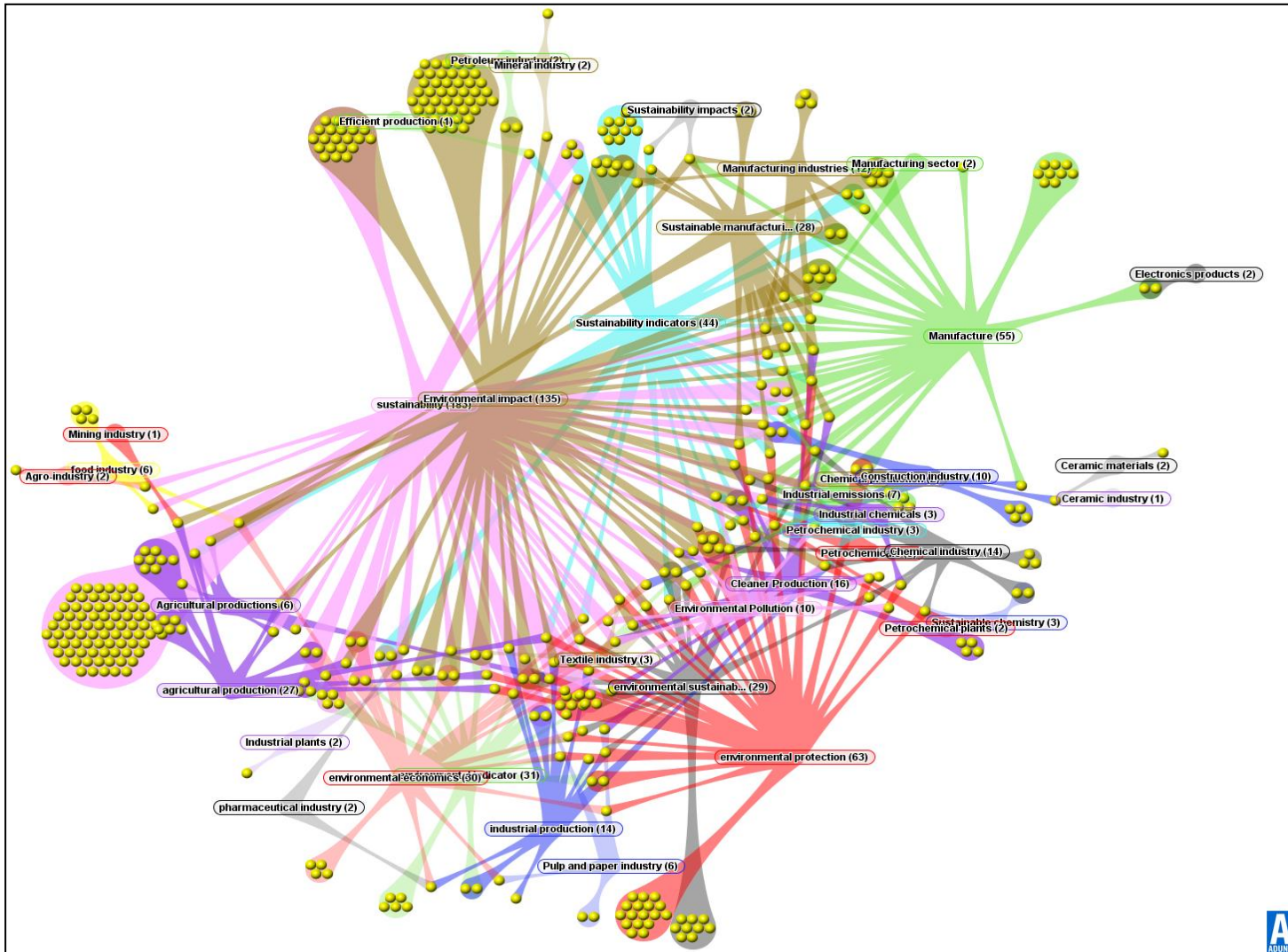
- **Palabras claves**

En la Figura 8, se evidencia una fuerte correlación entre la palabra sostenibilidad con impacto ambiental, esta a su vez se relaciona con las demás palabras asociadas al sector manufacturero y con la terminología del medio ambiente en general. Lo que se concluye que las organizaciones ven la sostenibilidad como un término que encierra la importancia de su responsabilidad corporativa frente al medio ambiente, la economía y la sociedad.

### **4.3. FASE FINAL**

Más de 45 artículos fueron seleccionados para realizar el análisis detallado, teniendo en cuenta los países que más publicaron, las palabras claves más representativas, y los años que más tiene publicaciones. En el cual, se encontró un total de 94 indicadores diferentes, relacionados con la sostenibilidad ambiental en el sector petrolero y sus derivados, metalmecánico y alimentos. Para una mejor lectura de los indicadores se clasifico en el recurso agua, energía, aire, residuos, materiales y en vertimientos. Esta revisión se realizó tanto en literatura blanca y literatura gris; esta última refiere a todas las publicaciones hechas por empresas y rankings que se encuentran en revistas o páginas web de entidades que aportan indicadores usados para controlar el medio ambiente como Dow Jones, Global 100, entre otras.

Figura 8. Relación palabras claves



## 5. INDICADORES AMBIENTALES PARA EL SECTOR PETROLERO, ALIMENTOS Y METALMECANICO

Los indicadores durante los últimos tiempos han sido usados como herramientas para fortalecer la toma de decisiones<sup>31,32</sup>. Antes, los indicadores eran usados con mucha frecuencia para categorizar resultados de una competencia deportiva. En la actualidad se le ha dado otro tipo de uso, como indicar la mejor universidad, ciudad, hospital, etc. Incluso se ha establecido indicadores y/o índices con un alto valor agregado como lo indica Moldan, Janoušková, y Hák<sup>33</sup>, por ejemplo, indicadores del desarrollo humano o indicadores del planeta feliz que proporciona comparaciones de ciudades basado en algunos rankings.

De esta manera los indicadores se han involucrado en muchas situaciones relacionado no solo con aspectos cotidianos de la vida, sino que también ha jugado un papel importante en la toma de decisiones ambientales de una organización<sup>34, 35</sup>. Tanta ha sido su importancia que muchas entidades se han dedicado a reportar y aportar indicadores que ayuden a las organizaciones a mejorar sus procesos en términos ambientales, entre estas encontramos a Dow Jones sustainability index<sup>36</sup>, the Global Reporting Initiative<sup>37</sup> y Global 100<sup>38</sup>.

---

<sup>31</sup> Quiroga Rayén. (2001). Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas (pp. 1–116).

<sup>32</sup>Wursthorn, S., Poganietz, W., & Schebek, L. (2011). Economic – environmental monitoring indicators for European countries: A disaggregated sector-based approach for monitoring eco-efficiency. *Ecological Economics*, 70(3), 487–496. doi:10.1016/j.ecolecon.2010.09.033

<sup>33</sup> MOLDAN, B., JANOUŠKOVÁ, S., & HÁK, T. Op.cit. p. 7

<sup>34</sup> Staniškis, J. K., & Arbačiauskas, V. (2009). Sustainability Performance Indicators for Industrial Enterprise Management. *Institute Environmental Engineering, Kaunas University of Technology, Lithuania*, 2(2), 42–50.

<sup>35</sup> WURSTHORN, S., POGANIETZ, W., & SCHEBEK, L. Op.cit. p. 487

<sup>36</sup> Dow Jones. (2014). Annual Review 2014 Sustainability Indices. Retrieved April 18, 2015, from <http://www.sustainability-indices.com/review/annual-review-2014.jsp>

Su importancia radica en que el ambiente y sus recursos se han afectado de manera directa por el aumento de la contaminación a causa de las actividades y procesos que las industrias realizan a diario<sup>39</sup> y que debido a la globalización y a la producción masiva, el uso de recursos se hace necesario<sup>40</sup>. Aunque, en los últimos tiempos los seres humanos han sido consientes que estas actividades pueden afectar de manera acumulativa el ambiente global<sup>41</sup>.

Por lo anterior, se hizo un análisis de los 45 artículos que quedaron en la fase final, acerca de los indicadores que usan las industrias para medir y controlar sus procesos en términos ambientales, encontrando un total de 94 indicadores ambientales (tabla 3), distribuidos en los tres sectores, petrolero, alimentos y metalmeccánico. Para una mejor lectura de los indicadores, se clasifico en el recurso agua, energía, emisiones, residuos, materiales y vertimientos. Adicionalmente y como característica general, todos los indicadores son de carácter cualitativo, ya que los resultados son mostrados a través de números.

Se hizo uso de métricas como los indicadores ya que estos proporcionan un valor significativo y/o representativo de la observación de un fenómeno de estudio. Además cuantifica datos diferentes y múltiples para obtener información que pueda ser utilizada para ilustrar y comunicar fenómenos complejos de una manera más sencilla, incluyendo las tendencias y progreso durante un cierto

---

<sup>37</sup> GRI. (2006). Indicator Protocols Set Environment (EN).

<sup>38</sup> Global 100. (2014). Key performance indicators. Coporate Knights. Retrieved April 18, 2015, from <http://www.corporateknights.com/reports/global-100/key-performance-indicators/>

<sup>39</sup> ZIOUT, A., AZAB, A., ALTARAZI, S., & ELMARAGHY, W. H. Op.cit., p. 59

<sup>40</sup> Aguado, S., Alvarez, R., & Domingo, R. (2013). Model of efficient and sustainable improvements in a lean production system through processes of environmental innovation. *Journal of Cleaner Production*, 47, 141–148. doi:10.1016/j.jclepro.2012.11.048

<sup>41</sup> PNUMA. (2012). GEO5 Perspectivas del Medio Ambiente Mundial (p. 552). Retrieved from [http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5\\_report\\_full\\_es.pdf](http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5_report_full_es.pdf)

período de tiempo<sup>42,43</sup>. Boyko, Gaterell, Barber, Brown, Bryson, Butler y Rogers, (2012)., lo relaciona como una variable que representa atributos de un sistema y que al igual que el anterior, se puede utilizar para evaluar condiciones y tendencias y comparar lugares y situaciones. Además proporciona información de alerta, anticipándose a futuras tendencias y condiciones<sup>44</sup>.

Estos indicadores son usados para medir, cuantificar, y tener un manejo sistemático de toda la información del negocio. Con el objetivo de reunir datos para su uso posterior en:<sup>45</sup>

- Hacer seguimiento y analizar el comportamiento de la empresa en el tiempo.
- Compararse con otras empresas del mismo sector (benchmarking).
- Detectar potenciales de mejoramiento.
- Identificar oportunidades de mercado y potenciales de reducción de costos.

## **5.1. GENERALIDADES DE LOS INDICADORES IDENTIFICADOS**

Azapagic (2004), inclusive Global Environmental Management Initiative que es una conglomeración de organizaciones dedicadas a la excelencia ambiental, salud y seguridad alrededor del mundo, indica que los indicadores ambientales son usados para medir los impactos que genera un determinado proceso a la

---

<sup>42</sup> Herva, M., Franco, A., Carrasco, E. F., & Roca, E. (2011). Review of corporate environmental indicators. *Journal of Cleaner Production*, 19(15), 1687–1699. doi:10.1016/j.jclepro.2011.05.019

<sup>43</sup> Joung, C. B., Carrell, J., Sarkar, P., & Feng, S. C. (2013). Categorization of indicators for sustainable manufacturing. *Ecological Indicators*, 24, 148–157. doi:10.1016/j.ecolind.2012.05.030

<sup>44</sup> Boyko, C. T., Gaterell, M. R., Barber, A. R. G., Brown, J., Bryson, J. R., Butler, D., ... Rogers, C. D. F. (2012). Benchmarking sustainability in cities: The role of indicators and future scenarios. *Global Environmental Change*, 22(1), 245–254. doi:10.1016/j.gloenvcha.2011.10.004

<sup>45</sup> Acercar industria. (2004). Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la pequeña y mediana empresa

organización, en término económico y social<sup>46,47</sup>. Este enfoque se ha implementado desde 1960 con el objetivo de evaluar los impactos ambientales de proyectos grandes para posteriormente reducir los efectos negativos. Para 1990 ya se usaba para evaluar decisiones estratégicas en las organizaciones<sup>48</sup>.

El inconveniente que se puede encontrar en el uso de los indicadores, con frecuencia no radica en la disponibilidad de los datos, sino en la selección, interpretación y en el uso que se da a los indicadores<sup>49</sup>. Por esta razón, los indicadores ambientales que están listados en la tabla 5 están estructurados de acuerdo a lo que se quiere medir y muchos de ellos están diseñados para la toma de decisiones en el nivel directivo<sup>50</sup>. Se encontraron 94 indicadores; en donde el recurso energía, el sector de alimento, y España han sido los que mayor porcentaje han tenido en cada una de las categorías que se estudiarán en los siguientes numerales.

Estos indicadores se categorizan en los siguientes aspectos:

---

<sup>46</sup> Azapagic, A. (2004). Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. *Journal of Cleaner Production*, 12(6), 639–662. doi:10.1016/S0959-6526(03)00075-1

<sup>47</sup> Global Environmental Management Initiative. (1992). *Measuring Environmental Performance: A primer and survey of metrics in Use*.

<sup>48</sup> Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S., & Olsson, L. (2007). Categorising tools for sustainability assessment. *Ecological Economics*, 60(3), 498–508. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.07.023

<sup>49</sup> MOLDAN, B., JANOUŠKOVÁ, S., & HÁK, T. Op.cit. p. 7

<sup>50</sup> WURSTHORN, S., POGANIETZ, W., & SCHEBEK, L. Op.cit. p. 487

<b>Letra</b>	<b>Categoría</b>
<b>A</b>	Cantidad de recursos consumidos en cuanto a la Unidad de Producción
<b>B</b>	Variación del recurso con respecto al tiempo
<b>C</b>	Consumo específico de recurso con respecto a la totalidad consumida del recurso
<b>D</b>	Indicadores relacionados con los costes, ventas ingresos u otro valor monetario
<b>E</b>	Cantidad específica de un recurso

- A.** Cantidad de recursos consumidos en cuanto a la Unidad de Producción: Este indicador muestra el consumo de un recurso e identifica aspectos sostenibles que genera un proceso, un producto, un departamento, el cual sirve para planificarlos, controlarlos y supervisarlos<sup>51</sup>; identificando aquellos que genere impactos ambientales, para realizar los cambios ya sea de tecnología, maquinaria o de todo un proceso.<sup>52</sup> También es usado dentro de la literatura para medir la eco-eficiencia<sup>53</sup>, que según Gautam y Singh, 2010<sup>54</sup> la ecoeficiencia es un "concepto de negocio usada en la creación de valor que está vinculada con las preocupaciones ambientales. El objetivo es crear valor para la sociedad y para la sociedad, haciendo más con menos en el ciclo de vida de un producto".
- B.** Variación del recurso con respecto al tiempo: Es un indicador de gestión que tiene como objetivo la minimización y prevención de impactos ambientales y si el resultado es alto indica que dentro del proceso hay

<sup>51</sup> Larrañaga, E., & F.J., O. (1999). Guía de Indicadores Medio Ambientales para la empresa.

<sup>52</sup> STANIŠKIS, J. K., & ARBAČIAUSKAS, V. Op.cit. p. 44

<sup>53</sup> Azapagic, A., Howard, A., Parfitt, A., Tallis, B., Duff, C., Hadfield, C., Elliot, S. THE SUSTAINABILITY METRICS. Sustainable Development Progress Metrics recommended for use in the Process Industries. IchemE.

<sup>54</sup> GAUTAM, R., & SINGH, A. Op.cit. p. 230

mejores condiciones<sup>55</sup>. Además, permite ver que tanto se está ahorrando en términos de cantidad de recurso consumido<sup>56</sup> y cuál es el efecto en un periodo determinado de los diferentes gases de efecto invernadero o de cualquier otro recurso durante la producción, construcción y desmantelamiento de una instalación o proceso<sup>57</sup>.

- C.** Consumo específico de recurso con respecto a la totalidad consumida del recurso: incluyen datos tanto de consumo de materias primas, energía, agua, vertimientos, emisiones y residuos. Esta información permitirá conocer la eficiencia de los procesos de transformación y, así mismo, identificar los potenciales de mejoramiento<sup>58</sup>. El objetivo de este indicador es reducir el consumo de los recursos y de esta manera los impactos ambientales, manteniendo o aumentando la producción<sup>59</sup>.
  
- D.** Indicadores relacionados con los costes, ventas ingresos u otro valor monetario: este indicador responde a la necesidad de identificar aquellos costes relacionados con la protección ambiental. Adicionalmente, hay una relación directa con respecto a los ingresos que una compañía puede tener por cada recurso que utiliza, mostrando lo preparadas y/o posicionadas que están las mismas frente consumo de cada recurso.<sup>60</sup> Este indicador es de

---

<sup>55</sup> Pedraza Poveda, G. (2010). Guía para la gestión y manejo Integral de residuos Industria Metalmeccánica.

<sup>56</sup> Campiña Alcores. Carta específica: sector metal mecánico indicadores ambientales.

<sup>57</sup> Nguyen, T.-V., Tock, L., Breuhaus, P., Maréchal, F., & Elmegaard, B. (2014). Oil and gas platforms with steam bottoming cycles: System integration and thermoenviromonic evaluation. *Applied Energy*, 131, 222–237.

<sup>58</sup> Acercar industria. (2004). Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la pequeña y mediana empresa.

<sup>59</sup> MAXIME, D., MARCOTTE, M., & ARCAND, Y. Op.cit., p.

<sup>60</sup> GLOBAL 100. Op.cit., p.

carácter estratégico/directivo, ya que se usa para tomar decisiones de manejo de recursos.

Además permite hacer uso de la contabilidad para proporcionar información sobre los gastos relativos a las cantidades consumidas de un determinado recurso, si no existen datos de la cantidad del recurso<sup>61</sup>. En la actualidad se conoce a este tipo de indicador como intensidad ambiental o eco- eficiencia, que tiene varios enfoques, entre los cuales, se encuentra vincular el desempeño económico con el impacto ambiental que genera las organizaciones, dentro de sus procesos. Para el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible la ecoeficiencia se logra "cuando las necesidades humanas se satisfaga mediante la entrega de bienes y servicios y que logren la calidad de vida a precios competitivos, al tiempo que reduce progresivamente los impactos ecológicos y la intensidad de los recursos a lo largo del ciclo de vida de un producto, a un nivel de acuerdo a la capacidad de carga estimada de la Tierra"<sup>62</sup>.

- E.** Cantidad específica de un recurso: Es un indicador que permite visualizar la tendencia y/o compartimiento que ha tenido el recurso con respecto a un periodo establecido de tiempo, es decir, es un reflejo global de los impactos medio ambientales en el tiempo y es la base para establecer objetivo y metas ya sea en un proceso o departamento y de la organización en general<sup>63</sup>. Este tipo de indicador es usado por cualquier empresa, dado a su simplicidad a la hora de interpretar los resultados y lo importante que

---

<sup>61</sup> LARRAÑAGA, E., & F.J., O. Op.cit., p.

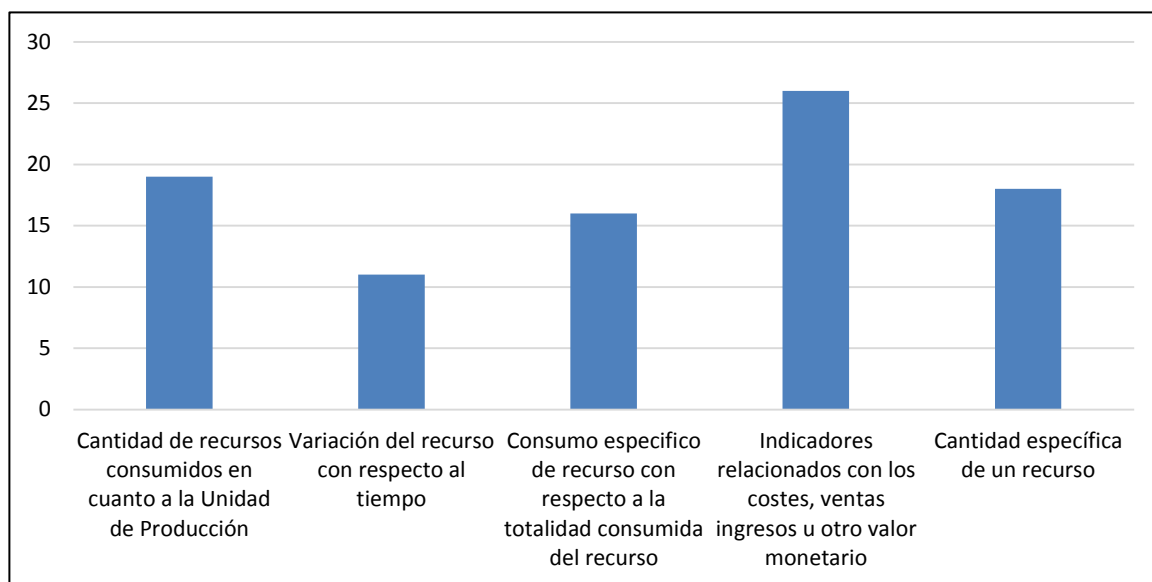
<sup>62</sup> WURSTHORN, S., POGANIETZ, W., & SCHEBEK, L. Op.cit., p.

<sup>63</sup> LARRAÑAGA, E., & F.J., O. Op.cit., p.

estos son para tomar una decisión. De las empresas o casos de estudios que se revisó se encuentra ECOPETROL S.A<sup>64</sup> y el grupo Nutresa.<sup>65</sup>

La figura 9 muestra la cantidad de indicadores identificados (Tabla 5) por tipo de indicador. En el cual, se encontró que los indicadores relacionados con los costos, ventas, ingresos u otro valor monetario es el tipo de indicador que más se ha referenciado, dado su importancia en el nivel estratégico y por la información valiosa que aporta no solo en los impactos ambientales, sino también en los impactos económicos.

**Figura 9.** Cantidad de indicadores identificados por tipo de indicador.



<sup>64</sup> Ecopetrol. (2013). Informe anual y de sostenibilidad 2013. Disponible en: [http://www.ecopetrol.com.co/documentos/ecopetrol\\_2013.pdf](http://www.ecopetrol.com.co/documentos/ecopetrol_2013.pdf)

<sup>65</sup> Grupo Nutresa. (2013). Informe anual y de sostenibilidad 2013. Disponible en: [http://informe2013.gruponutresa.com/pdf/Informe\\_Anual\\_y\\_de\\_sostenibilidad\\_2013.pdf](http://informe2013.gruponutresa.com/pdf/Informe_Anual_y_de_sostenibilidad_2013.pdf)

Para hacer una mejor lectura de la tabla 5 se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se incluye todos los indicadores que fueron encontrados durante la revisión de la literatura, clasificados de acuerdo al sector petrolero, metalmecánico y alimentos.
- Los numerales que aparecen debajo la columna petrolero, metalmecánico y alimentos, hace referencia al artículo del cual se obtuvo la información que se encuentra consolidado en la tabla 6.
- Para la columna etiquetada categoría, se tendrá en cuenta las categorías mencionadas en la tabla 4. “Categoría de los indicadores”

**Tabla 5.** Indicadores ambientales para empresas del sector petrolero, metalmecánico y alimentos

AGUA							
N°	Indicador	Unidad	Petrolero	Alimento	Metalmecánico	Industrial	Categoría
1	Cantidad de agua consumida/Unidad de producción	Unid Volumen/Unid de (masa,unidades) producción		12, 21, 26, 30, 37, 46	1, 6, 10, 11, 25, 39	17, 24, 45, 44	A
2	Cantidad de agua reutilizada/Unidad de producción	Unid Volumen/Unid de (masa,unidades) producción			39		A
3	Cantidad de agua reutilizada/Total de agua usada	Porcentaje		12, 46			C
4	Volumen total de agua reciclada y reutilizada	Unid de Volumen	29	30		44	E
5	Nº fuentes con reutilización/Nº fuentes de utilización de agua	Porcentaje			6		C
6	Volumen de captación de agua	Unid de Volumen	29	26		24, 34	E
7	Ingresos / Cantidad de agua consumida	Unid monetaria/Unid Volumen				32	D
8	consumo por tipo de agua/consumo total	Unid Volumen/Unid Volumen				24	C
9	consumo de agua de un proceso específico /consumo total de agua	Unid Volumen/Unid Volumen				24	A
10	Margen Bruto / consumo promedio de agua	Unid monetaria/Unid Volumen	13				D
11	Ventas Netas/ consumo promedio de agua	Unid monetaria/Unid Volumen	13				D
12	Promedio de productos / consumo promedio de agua	Unid Masa/Unid Volumen	13				A

N°	Indicador	Unidad	Petrolero	Alimento	Metalmecánico	Industrial	Categoría
13	consumo de agua(lo)-consumo de agua(lf))/consumo de agua(lo)*100	Porcentaje			25		B
14	Cantidad de agua tratada / Cantidad de agua estimada.	Unid Volumen/Unid Volumen	4				C
15	consumo de agua/ valor monetario del producto	Unid Volumen/Unid monetaria			10	45	D
16	Volumen utilizado sin medidas adoptadas - Volumen utilizado con medidas adoptadas	Unid de Volumen			6		B
17	Volumen utilizado sin reutilización - Volumen utilizado con reutilización	Unid de Volumen			6	45	B
18	costes por tipo de agua/consumo por tipo de agua	Unid monetaria/Unid Volumen				24, 43	D
19	costes de agua/costes totales de producción	Unid monetaria/Unid monetaria				24	D
<b>EMISIONES</b>							
20	Cantidad reducida de GEI	Unid de Peso	29				E
21	Cantidad de GEI	Unid de Peso (CO2 eq)	29, 33, 35, 40	30	2,7	8	E
22	Cantidad de emisiones indirectas de CO2	Unid de Peso (CO2 eq)	29, 40	30			E
23	Cantidad de CO2 eq/Unidad de producción	Unid de Peso/ Unid de (masa,unidades) producción		12, 46	39, 10		A
24	Cantidad de carga específica de emisiones/Unidad de producción	Unid Volumen/ Unid de (masa,unidades) producción	18, 33	30	1, 10, 11, 19	24	A
25	Cantidad de emisiones específicas	Unid de Peso	29				E

N°	Indicador	Unidad	Petrolero	Alimento	Metalmecánico	Industrial	Categoría
26	$(ICO2 - ICO2 \text{ Ref}) / ICO2 \text{ Ref}$	%	36				B
27	$(ICO2 \text{ Eq Ref} - ICO2 \text{ Eq}) / ICO2\text{-Eq Ref}$	%	36				B
28	$I = 1/6 \sum A_i$ , $A_i = (C_i/S_i) \times 100$ I = Contaminación del aire índice A <sub>i</sub> = Contaminación del aire C <sub>i</sub> = Concentración de contaminación S <sub>i</sub> = Calidad del aire norma para la contaminación	%		28			E
29	Emisiones de CO2 eq / valor monetario del producto	Unid Peso/Unid Monetaria			10	42	D
30	Cantidad de emisión CO2 / Consumo de energía	Unid Peso/Unid Energía		20	7, 19		C
31	Cantidad de emisión CO2 eq / Consumo de energía	Unid Peso/Unid Energía		12			C
32	Emisión de CO2 /Emisión de CO2 eq	Unid de Peso/ Unid de Peso	18				C
33	Costos Operacionales /Cantidad de emisiones de GEI	Unid monetaria/Unid Peso			7		D
34	Emisión ambiental por unidad de actividad/ costo de la conservación ambiental	Unid Peso/Unid Monetaria				3	D
35	Ingresos/ Las emisiones de gases de efecto invernadero	Unid monetaria/Unid Peso				32	D

ENERGÍA							
N°	Indicador	Unidad	Petrolero	Alimento	Metalmecánico	Industrial	Categoría
36	Cantidad de energía consumida/Unidad de producción	Unid Energía/Unid de (masa,unidades) producción	5, 18	26, 37, 46, 39	6, 7, 9, 10, 11, 15, 19, 31	14, 28, 34, 43, 45	A
37	Cantidad de energía consumida por fuentes/Unidad de producción	Unid Energía/Unid de (masa,unidades) producción	33, 35	12, 26, 30	25	21, 24, 45	A
38	Ingresos / Cantidad de energía consumida	Unid Monetaria/Unid Energía				32	D
39	Cantidad de energía consumida por fuentes/Cantidad total de energía	Unid Energía/Unid Energía				24	C
40	Cantidad de energía de un proceso (producto)/Cantidad total de energía	Unid Energía/Unid Energía				24	A
41	Cantidad de energía consumida en un determinado periodo	Unid Energía/Unid Periodo	5, 29			27	E
42	(Consumo de energía-combustible (antes)-Consumo de energía-combustible (actual))/Consumo de energía-combustible (antes)	Porcentaje			25		B
43	Consumo de energía/ valor agregado del producto	Unid Energía/Und Monetaria			10	45	D
44	costes por fuente de energía/consumo por fuente de energía	Unid Monetaria/Unid Energía				24	D

N°	Indicador	Unidad	Petrolero	Alimento	Metalmecánico	Industrial	Categoría
45	total de costes energéticos/total de costes de producción	Unid Monetaria/Unid Monetaria				24	D
<b>GENERAL</b>							
46	Valor del producto o servicio/influencia del medio ambiente	Unid Monetaria/Cantidad del recurso		12		16, 22	D
<b>MATERIA PRIMA (MP)</b>							
47	Cantidad total de uso de MP/Unid Producción	Unid Peso/Unid de (masa,unidades) producción			11	17, 21, 34	A
48	(Materiales valorizados utilizados/ Materiales utilizados en total) x100	Unid Peso/Unid Peso		30		8, 23, 24, 27, 34,45, 44	C
49	Cantidad de ingreso de MP/Unid Producción	Unid Peso/Unid de (masa,unidades) producción				24, 45	A
50	Cantidad de embalaje/Unid Producción	Unid Peso/Unid de (masa,unidades) producción		12, 30		24	A
51	Cantidad de embalaje reutilizable/Cantidad de embalaje	Unid Peso/Unid Peso				24	C
52	Peso del material de empaque recuperado	Unid de Peso		30			E
53	Margen Bruto/ consumo promedio de material	Unid Monetaria/Unid Peso	13				D
54	Ventas Netas/ consumo promedio de material	Unid Monetaria/Unid Peso	13				D
55	Cantidad de productos / consumo promedio de material	Unid Peso/Unid Peso	13				C

N°	Indicador	Unidad	Petrolero	Alimento	Metalmeccánico	Industrial	Categoría
56	Cantidad de material peligroso/Unid Producción	Unid Peso/Unid de (masa,unidades) producción			25	45	A
57	(consumo MP peligrosas(antes)-consumo de MP peligrosas(actual))/consumo de MP peligrosas(antes)	Porcentaje			25		B
58	Cantidad en pesos de contratos realizados para la adquisición de materiales.	Unid Monetaria	29				D
59	Cantidad de materiales renovable	Unid de Peso		30			E
60	Cantidad de material para embalaje	Unid de Peso				24	E
61	Cantidad de material peligroso	Unid de Peso				24, 43	E
62	Cantidad de materiales alternativos más seguros para el medio ambiente	Unid de Peso		46		8	E
63	costes de embalaje/Unid Producción	Unid Monetaria/Unid de (masa,unidades) producción				24	D
64	Total de las materias primas utilizadas/el valor agregado de producción	Unid Peso/Unid monetaria				45	D
65	Consumo total de material	Unid de Peso				24, 27, 44	E
66	cantidad de productos con etiquetas medioambientales / cantidad total de productos	Unid de (masa,unidades) producción/ Unid de (masa,unidades) producción				24	A

N°	Indicador	Unidad	Petrolero	Alimento	Metalmecánico	Industrial	Categoría
67	cantidad de productos de materias primas ecológicas / cantidad total de productos	Unid de (masa,unidades) producción/ Unid de (masa,unidades) producción				24	A
68	cantidad de productos de materiales reciclables /cantidad total de productos	Unid de (masa,unidades) producción/ Unid de (masa,unidades) producción				24	A
<b>RESIDUOS</b>							
69	Peso de residuos generados/Unid Producción	Unid Peso/Unid de (masa, unidades) producción		12, 30, 46	25, 39	21	A
70	Cantidad de residuos generados	Unid de Peso	29	46		27	E
71	Cantidad según tipo de residuos generados	Unid de Peso	4, 29	46		34	E
72	Ingresos/ Cantidad de Residuos generados	Unid Monetaria/Unid de Peso				32	D
73	Cantidad según tipo de residuo/Unid Producción	Unid Peso/Unid de (masa, unidades) producción		12, 39	11, 25	24	A
74	Cantidad según tipo de residuo/cantidad total de residuos	Unid Peso/Unid Peso			24, 25		C
75	Ingresos por venta de material reciclable	Unid Monetaria		46			D
76	Inversión total/Cantidad de residuos	Unid Monetaria/Unid Peso		41			D

N°	Indicador	Unidad	Petrolero	Alimento	Metalmecánico	Industrial	Categoría
77	Promedio de margen Bruto / Promedio de Residuos generados	Unid Monetaria/Unid Peso	13				D
78	Promedio de venas netas / Promedio de Residuos generados	Unid Monetaria/Unid Peso	13				D
79	Promedio de productos / Promedio de residuos generados	Unid Peso/Unid Peso	13				E
80	(generación residuos (Inicial)-generación residuos(Final))/generación residuos (Inicial) * 100	Porcentaje			25		B
81	(generación RESPEL(Inicial)-generación RESPEL(Final))/generación RESPEL(Inicial)	Porcentaje			25		B
82	%residuos aprovechados(actual)-%residuos aprovechados(antes)	Porcentaje			25		B
83	ODR= 100* ((Indicador 69 - Indicador73)/Indicador 69)	Porcentaje		12			B
84	Cantidad de desechos clasificados/Unid Producción	Unid Peso/Unid de (masa,unidades) producción		12, 26			A
<b>VERTIDOS</b>							
85	Cantidad de agua residual/Unidad de producción	Unid Volumen/Unid de (masa (PT ó MP),unidad de producto)		26, 46, 39		17, 21, 24, 44	A

N°	Indicador	Unidad	Petrolero	Alimento	Metalmecánico	Industrial	Categoría
86	carga de contaminación (P, N, AOX)/Unidad de producción	Unid Masa/Unid de (masa (PT ó MP),unidad de producto)	18			24	C
87	carga de contaminación (P, N, AOX)/cantidad de aguas residuales	Unid Masa/Unid Volumen				17, 24	C
88	Cantidad de aguas residuales / Cantidad de agua consumida	Unid Volumen/Unid Volumen	4	46			C
89	Cantidad de agua residuales	Unid de Volumen	29	26		24, 44	E
90	Cantidad total de aguas residuales no contaminadas	Unid de Volumen				24	E
91	Cantidad total de aguas residuales contaminadas	Unid de Volumen				24	E
92	Cantidad de contaminación	Unid de Masa				24	E
93	costes totales de residuos/costes totales de producción	Unid monetaria/Unid monetaria				24	D
94	Vertidos de petroleo/unidad vertida de agua	Unid Volumen/Unid Volumen	18				C

“Las fuentes que se usaron para la búsqueda de los indicadores expuestos en la tabla 5 se encuentran consolidado en la tabla 6, según el sector: Metalmecánico, petróleo, alimentos y la industria en general, el país y el tipo de publicación”.

**Tabla 6.** Fuentes usadas.

N°	Artículo	País	Tipo	Sector	
1	A Green Credit Guide for China's Steel and Iron Industry <sup>66</sup> .	China	Artículo	Metalmecánico	2010
2	An analysis of the relationship between environmental investments and effects. <sup>67</sup>	Japón	Artículo	Industrial	2006
3	Analysis of steel production in Thailand: Environmental impacts and solutions. <sup>68</sup>	Tailandia	Artículo	Metalmecánico	2010
4	Anexo N° 14, plan de manejo ambiental de Ecopetrol. <sup>69</sup>	Colombia	Empresa	Petróleo y sus derivados	2013
5	ARPEL Guideline Energy Indicators in the oil & Gas Industry. <sup>70</sup>	América Latina y el Caribe	Artículo	Petróleo y sus derivados	2013
6	Carta específica: sector metal mecánico indicadores ambientales. <sup>71</sup>	España	Artículo	Metalmecánico	2010
7	CO2 in the iron and steel industry: an analysis of Japanese emission reduction potentials. <sup>72</sup>	Japón	Empresa	Metalmecánico	2002

<sup>66</sup> Ministerio de Protección Ambiental. (2010). A Green Credit Guide for China's Steel and Iron Industry.

<sup>67</sup> Takahashi, M., & Tsuboi, A. An analysis of the relationship between environmental investments and effects. In 22nd International Conference on Production Research.

<sup>68</sup> Tongpool, R., Jirajariyavech, A., Yuvaniyama, C., & Mungcharoen, T. (2010). Analysis of steel production in Thailand: Environmental impacts and solutions. *Energy*, 35(10), 4192–4200.

<sup>69</sup> Ecopetrol. (2013). Anexo N° 14, plan de manejo ambiental. Disponible en: [http://www.ecopetrol.com.co/documentos/49071\\_Anexo\\_No.14\\_\(A\)\\_\\_Plan\\_de\\_Manejo\\_Ambiental.pdf](http://www.ecopetrol.com.co/documentos/49071_Anexo_No.14_(A)__Plan_de_Manejo_Ambiental.pdf)

<sup>70</sup> Perea Gaitan, J. M., & Botello Martínez, I. (2013). ARPEL Guideline Energy Indicators in the oil & Gas Industry.

<sup>71</sup> Campiña Alcores. Carta específica: sector metal mecánico indicadores ambientales.

<sup>72</sup> Gielen, D., & Moriguchi, Y. (2002). CO2 in the iron and steel industry: an analysis of Japanese emission reduction potentials. *Energy Policy*, 30(10), 849–863.

N°	Artículo	País	Tipo	Sector	Año
8	Comparative assessment of the co-evolution of environmental indicator systems in Japan and China <sup>73</sup> .	Japón y China	Empresa	Industrial	2012
9	Comparison of iron and steel production energy use and energy intensity in China and the U.S. <sup>74</sup>	China y EEUU	Empresa	Metalmecánico	2014
10	Defining sustainability indicators of iron and steel production. <sup>75</sup>	Australia	Artículo	Metalmecánico	2013
11	Development of composite sustainability performance index for steel industry <sup>76</sup>	India	Empresa	Metalmecánico	2007
12	Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. <sup>77</sup>	Canada	Artículo	Alimento	2006
13	Eco-efficiency evaluation of the petroleum and petrochemical group in the map Ta Phut Industrial Estate, Thailand <sup>78</sup> .	Tailandia	Empresa	Petróleo y sus derivados	2011
14	Energy efficiency developments in the manufacturing industries of Germany and Colombia, 1998–2005 <sup>79</sup> .	Colombia, Alemania	Artículo	Industrial	2009

<sup>73</sup> Yabar, H., Hara, K., & Uwasu, M. (2012). Comparative assessment of the co-evolution of environmental indicator systems in Japan and China. *Resources, Conservation and Recycling*, 61, 43–51.

<sup>74</sup> Hasanbeigi, A., Price, L., Chunxia, Z., Aden, N., Xiuping, L., & Fangqin, S. (2014). Comparison of iron and steel production energy use and energy intensity in China and the U.S. *Journal of Cleaner Production*, 65, 108–119.

<sup>75</sup> Strezov, V., Evans, A., & Evans, T. (2013). Defining sustainability indicators of iron and steel production. *Journal of Cleaner Production*, 51, 66–70.

<sup>76</sup> Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., & Dikshit, A. K. (2007). Development of composite sustainability performance index for steel industry. *Ecological Indicators*, 7(3), 565–588.

<sup>77</sup> Maxime, D., Marcotte, M., & Arcand, Y. (2006). Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. *Journal of Cleaner Production*, 14(6-7), 636–648.

<sup>78</sup> Charmondusit, K., & Keartpakpraek, K. (2011). Eco-efficiency evaluation of the petroleum and petrochemical group in the map Ta Phut Industrial Estate, Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 19(2-3), 241–252.

<sup>79</sup> Martínez, C. I. P. (2009). Energy efficiency developments in the manufacturing industries of Germany and Colombia, 1998–2005. *Energy for Sustainable Development*, 13(3), 189–201.

N°	Artículo	País	Tipo	Sector	Año
15	Energy intensity development of the German iron and steel industry between 1991 and 2007 <sup>80</sup> .	Alemania	Empresa	Metalmecánico	2012
16	Environmental assessment of variety-induced complexity in production systems <sup>81</sup>	Alemania	Artículo	Industrial	2009
17	Environmental performance evaluation of implementing EMS (ISO 14001) in the coating industry: case study of a Shanghai coating firm <sup>82</sup> .	Shangai	Empresa	Industrial	2014
18	Environmental performance indicators 2011 data. <sup>83</sup>	Sin especificar	Empresa	Petróleo y sus derivados	2011
19	Estimates of the potential for energy conservation and CO2 emissions mitigation based on Asian-Pacific Integrated Model (AIM): the case of the iron and steel industry in China. <sup>84</sup>	China	Empresa	Metalmecánico	2014
20	Estudio de sostenibilidad en la industria de alimentación y bebidas. <sup>85</sup>	España	Artículo	Alimento	2011

<sup>80</sup> Arens, M., Worrell, E., & Schleich, J. (2012). Energy intensity development of the German iron and steel industry between 1991 and 2007. *Energy*, 45(1), 786–797.

<sup>81</sup> Kruse, A., Butzer, S., & Steinhilper, R. Environmental assessment of variety-induced complexity in production systems. In 22nd International Conference on Production Research.

<sup>82</sup> Zhang, W., Wang, W., & Wang, S. (2014). Environmental performance evaluation of implementing EMS (ISO 14001) in the coating industry: case study of a Shanghai coating firm. *Journal of Cleaner Production*, 64, 205–217.

<sup>83</sup> International Association of Oil & Gas Producers. (2011). Environmental performance indicators 2011 data.

<sup>84</sup> Wen, Z., Meng, F., & Chen, M. (2014). Estimates of the potential for energy conservation and CO2 emissions mitigation based on Asian-Pacific Integrated Model (AIM): the case of the iron and steel industry in China. *Journal of Cleaner Production*, 65, 120–130.

<sup>85</sup> Federación Española de Industrias de la alimentación y bebida. Estudio de sostenibilidad en la industria de alimentación y bebidas.

N°	Artículo	País	Tipo	Sector	Año
21	Evaluación del desempeño ambiental del sector Manufacturero del departamento de Risaralda. <sup>86</sup>	Colombia	Artículo	Industrial	2013
22	Evolution of Environmental Management Indicators for Eco-efficiency. <sup>87</sup>	Sin especificar	Artículo	Industrial	2013
23	GRI. (2006). Indicator Protocols Set Environment (EN) <sup>88</sup>	Sin especificar	Artículo	Industrial	2006
24	Guía de Indicadores Medio Ambientales para la empresa. <sup>89</sup>	España	Empresa	Industrial	1999
25	Guía para la gestión y manejo Integral de residuos Industria Metalmeccánica. <sup>90</sup>	Colombia	Empresa	Metalmeccánico	2010
26	Indicadores de Desarrollo Sostenible de la Gestión Empresarial. <sup>91</sup>	Marena, Nicaragua	Empresa	Alimento	2008
27	Indicators of sustainable development for industry: a general framework. <sup>92</sup>	Reino Unido	Artículo	Industrial	2000
28	Industrial energy efficiency; Indicators for a European cross-country comparison of energy efficiency in the manufacturing industry. <sup>93</sup>	Alemania	Empresa	Industrial	1997

<sup>86</sup> Guerrero Erazo, J., Fuentes Barrera, G., & Salazar Isaza, M. (2013). Evaluación del desempeño ambiental del sector Manufacturero del departamento de Risaralda. *Scientia et Technica* Año XVIII, 18(1), 253–259.

<sup>87</sup> Evolution of Environmental Management Indicators for Eco-efficiency. In 22nd International Conference on Production Research.

<sup>88</sup> GRI. (2006). Indicator Protocols Set Environment (EN). Disponible en: <https://www.globalreporting.org/resourcelibrary/G3-Environment-Indicator-Protocols.pdf>

<sup>89</sup> Larrañaga, E., & F.J., O. (1999). Guía de Indicadores Medio Ambientales para la empresa.

<sup>90</sup> Pedraza Poveda, G. (2010). Guía para la gestión y manejo Integral de residuos Industria Metalmeccánica.

<sup>91</sup> Argeñal, J., Porra, S., & Barahona, C. (2008). Indicadores de Desarrollo Sostenible de la Gestión Empresarial.

<sup>92</sup> Azapagic, A., & Perdan, S. (2000). Indicators of sustainable development for industry: a general framework. *Trans IChemE*, 78, 243–261.

<sup>93</sup> Eichhammer, W., & Mannsbart, W. (1997). Industrial energy efficiency; Indicators for a European cross-country comparison of energy efficiency in the manufacturing industry. *Energy Policy*, 25, 759–772.

N°	Artículo	País	Tipo	Sector	Año
29	Informe anual y de sostenibilidad 2013 de Ecopetrol. <sup>94</sup>	Colombia	Empresa	Petróleo y sus derivados	2013
30	Informe anual y de sostenibilidad 2013 del Grupo Nutresa. <sup>95</sup>	Colombia, México, Costa Rica y Perú	Empresa	Alimento	2013
31	Iron ore and steel production trends and material flows in the world: Is this really sustainable? <sup>96</sup>	Australia	Artículo	Metalmecánico	2010
32	Key Performance Indicators. 2014 <sup>97</sup>	Sin especificar	Artículo	Industrial	2014
33	Life cycle greenhouse gas emission assessment of major petroleum oil products for transport and household sectors in India. <sup>98</sup>	India	Artículo	Petróleo y sus derivados	2014
34	Measuring Environmental Performance: A primer and survey of metrics in Use. <sup>99</sup>	EE.UU	Empresa	Industrial	1992
35	Oil and gas industry guidance on voluntary sustainability reporting. <sup>100</sup>	Reino Unido y EE.UU	Artículo	Petróleo y sus derivados	2010

<sup>94</sup> Ecopetrol. (2013). Informe anual y de sostenibilidad 2013. Disponible en: [http://www.ecopetrol.com.co/documentos/ecopetrol\\_2013.pdf](http://www.ecopetrol.com.co/documentos/ecopetrol_2013.pdf)

<sup>95</sup> Grupo Nutresa. (2013). Informe anual y de sostenibilidad 2013. Disponible en: [http://informe2013.gruponutresa.com/pdf/Informe\\_Anuual\\_y\\_de\\_sostenibilidad\\_2013.pdf](http://informe2013.gruponutresa.com/pdf/Informe_Anuual_y_de_sostenibilidad_2013.pdf)

<sup>96</sup> Yellishetty, M., Ranjith, P. G., & Tharumarajah, a. (2010). Iron ore and steel production trends and material flows in the world: Is this really sustainable? *Resources, Conservation and Recycling*, 54(12), 1084–1094.

<sup>97</sup> GLOBAL 100. Key Performance Indicators. 2014. Disponible en internet: <http://global100.org/key-performance-indicators/>

<sup>98</sup> Garg, A., Vishwanathan, S., & Avashia, V. (2013). Life cycle greenhouse gas emission assessment of major petroleum oil products for transport and household sectors in India. *Energy Policy*, 58, 38–48.

<sup>99</sup> Global Environmental Management Initiative. (1992). *Measuring Environmental Performance: A primer and survey of metrics in Use*. Disponible en: [http://www.gemi.org/resources/met\\_101.pdf](http://www.gemi.org/resources/met_101.pdf)

<sup>100</sup> IPIECA, & API. (2010). *Oil and gas industry guidance on voluntary sustainability reporting*. Disponible en: <http://www.api.org/environment-health-and->

N°	Artículo	País	Tipo	Sector	Año
36	Oil and gas platforms with steam bottoming cycles: System integration and thermoenviromomic evaluation. <sup>101</sup>	Noruega	Empresa	Petróleo y sus derivados	2014
37	Participatory indicators of sustainability for the salmon industry: The case of Chile. <sup>102</sup>	Chile	Empresa	Alimento	1992
38	Potential and Representatives for Application of Environmental Management System (EMS) to Food Industries. <sup>103</sup>	Sin especificar	Artículo	Alimento	2010
39	Proyecto: construcción de la primera versión de indicadores ambientales para sectores industriales seleccionados en costa rica. <sup>104</sup>	Costa Rica	Empresa	Alimento y Metalmeccanico	2014
40	RasGas. (2011). Sustainability Report 2011. <sup>105</sup>	Doha, Qatar	Empresa	Petróleo y sus derivados	2011
41	Recovery of organic wastes in the Spanish wine industry. Technical, economic and environmental analyses of the composting process. <sup>106</sup>	España	Artículo	Alimento	2009

[safety/~media/Files/EHS/Environmental\\_Performance/voluntary\\_sustainability\\_reporting\\_guidance\\_2010.ashx](http://www.rasgas.com/media/Files/EHS/Environmental_Performance/voluntary_sustainability_reporting_guidance_2010.ashx)

<sup>101</sup> Nguyen, T.-V., Tock, L., Breuhaus, P., Maréchal, F., & Elmegaard, B. (2014). Oil and gas platforms with steam bottoming cycles: System integration and thermoenviromomic evaluation. *Applied Energy*, 131, 222–237.

<sup>102</sup> O’Ryan, R., & Pereira, M. (2015). Participatory indicators of sustainability for the salmon industry: The case of Chile. *Marine Policy*, 51, 322–330.

<sup>103</sup> Arvanitoyannis, I. S. (2008). Potential and Representatives for Application of Environmental Management System (EMS) to Food Industries. *Waste Management for the Food Industries* (pp. 3–38).

<sup>104</sup> Domenech Cots, J. R. (2008). Proyecto: construcción de la primera versión de indicadores ambientales para sectores industriales seleccionados en costa rica.

<sup>105</sup> RasGas. (2011). Sustainability Report 2011. Disponible en: [http://www.rasgas.com/Files/RasGas\\_Sustainability\\_Report\\_2011.pdf](http://www.rasgas.com/Files/RasGas_Sustainability_Report_2011.pdf)

<sup>106</sup> Ruggieri, L., Cadena, E., Martínez-Blanco, J., Gasol, C. M., Rieradevall, J., Gabarrell, X., ... Sánchez, A. (2009). Recovery of organic wastes in the Spanish wine industry. Technical, economic and environmental analyses of the composting process. *Journal of Cleaner Production*, 17(9), 830–838.

N°	Artículo	País	Tipo	Sector	Año
42	Revisiting the relationship between environmental and financial performance in Chinese industry. <sup>107</sup>	China y EEUU	Empresa	Industrial	2014
43	Sustainability Performance Indicators for Industrial Enterprise Management. <sup>108</sup>	Lituania	Empresa	Industrial	2009
44	Tabla de Indicadores GRI. <sup>109</sup>	Colombia	Artículo	Industrial	2008
45	The sustainability metrics. Sustainable development progress metrics recommended for use in the process industries. <sup>110</sup>	Sin especificar	Artículo	Industrial	2002
46	Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la pequeña y mediana empresa. <sup>111</sup>	Colombia	Empresa	Alimento	2004

## 5.2. INDICADORES SEGÚN RECURSO

Desde antes de la revolución industrial, las ciudades y las empresas han ido evolucionando y mejorando cada día sus procesos. Para el logro de esta evolución, ha sido necesario el uso de recursos naturales. Para la época de la revolución industrial el recurso que más se usó fue el de la energía fósil, ya que

<sup>107</sup> Qi, G. Y., Zeng, S. X., Shi, J. J., Meng, X. H., Lin, H., & Yang, Q. X. (2014). Revisiting the relationship between environmental and financial performance in Chinese industry. *Journal of Environmental Management*, 145, 349–56.

<sup>108</sup> Staniškis, J. K., & Arbačiauskas, V. (2009). Sustainability Performance Indicators for Industrial Enterprise Management. *Institute Environmental Engineering, Kaunas University of Technology, Lithuania*, 2(2), 42–50.

<sup>109</sup> GRI. (2008). Tabla de Indicadores. Disponible en: <http://sostenibilidad.solmelia.com/GRI-table.html>

<sup>110</sup> Azapagic, A., Howard, A., Parfitt, A., Tallis, B., Duff, C., Hadfield, C., ... Elliot, S. THE SUSTAINABILITY METRICS. Sustainable Development Progress Metrics recommended for use in the Process Industries. IchemE.

<sup>111</sup> Acercar industria. (2004). Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la pequeña y mediana empresa.

gracias a su explotación se logró automatizar los trabajos, llevando al planeta a una de las mayores transformaciones que haya presenciado<sup>112</sup>.

Los recursos identificados en términos ambientales son: el agua, aire, vertidos, materiales, residuos y energía. Cada uno se puede categorizar de acuerdo al ítem 5,1, que va desde el consumo del recurso hasta el impacto económico y ambiental que generan los mismos<sup>113,114</sup>. Muchas entidades que se han encargado de aportar indicadores para el desarrollo sostenible, también, han categorizado los indicadores de acuerdo al tipo de recurso que se quiere estudiar<sup>115</sup>. Entre los más comunes se encuentra Global Reporting Initiative (GRI). Esta es una herramienta comúnmente usada por las organizaciones para generar sus reportes sostenibles. Por ejemplo las empresas petroleras Ecopetrol S.A.<sup>116</sup> y RasGas<sup>117</sup> usan este reporte como guía para mostrar las ventajas de ser una organización ambiental, social y económicamente sostenible, lo cual indica que no hay barreras fronterizas para hablar de sostenibilidad, ya que tienen como guía un mismo reporte.

Adicionalmente, estos recursos según el informe de Acercar se pueden clasificar en indicadores de comportamiento ambiental, de gestión ambiental y de situación ambiental. En donde según el comportamiento ambiental los recursos los divide en

---

<sup>112</sup> Puppim de Oliveira, J. A., Doll, C. N. H., Balaban, O., Jiang, P., Dreyfus, M., Suwa, A., ... Dirgahayani, P. (2013). Green economy and governance in cities: assessing good governance in key urban economic processes. *Journal of Cleaner Production*, 58, 138–152. doi:10.1016/j.jclepro.2013.07.043

<sup>113</sup> JOUNG, C. B., CARRELL, J., SARKAR, P., & FENG, S. C. Op.cit. p. 152

<sup>114</sup> MOLDAN, B., JANOUŠKOVÁ, S., & HÁK, T. Op.cit. p. 6

<sup>115</sup> GAUTAM, R., & SINGH, A. Op.cit. p. 231

<sup>116</sup> Ecopetrol SA. (2013). Reporte Integrado de Gestión Sostenible 2013.

<sup>117</sup> RASGAS. Op.cit.

indicadores de consumo y de salida. El primero refiere materias primas, agua y energía, y el segundo refiere a residuos, vertimientos y emisiones<sup>118</sup>.

Uno de los recursos que más ha influenciado, controlado y reportado (Figura 10) a través de los tiempos, sin duda alguna ha sido la energía, cuya tendencia gira entorno a la búsqueda, uso e inversión de energías renovables<sup>119</sup>. El recurso energía ha sido el más estudiado, debido, a que muchos sectores sociales e industriales, han reconocido que la energía juega un papel importante en el logro del desarrollo sostenible ya sea en el desarrollo social, económico y ambiental. Actualmente se está hablando de energía eficiente, ya que este es un medio que busca reducir el consumo de energías fósiles. La energía es conocida como todo aquello que se requiere para la fabricación de un producto o servicio.

Para controlar la eficiencia de la energía las industrias han creado indicadores, con el objetivo de obtener un mayor entendimiento de la influencia técnico-económica del consumo total de energía final en los subsectores o ramas industriales, es decir, que el estudio de la eficiencia energética deberá tener la capacidad de controlar todo lo que tiene que ver con las políticas ambientales, cambios en los precios de la energía, cambios en el comercio exterior de productos intermedios o finales de alto consumo energético y los impactos estructurales generados en los ciclos económicos con el fin de adaptar los instrumentos que mejoren la eficiencia energética de manera más efectiva<sup>120</sup>.

---

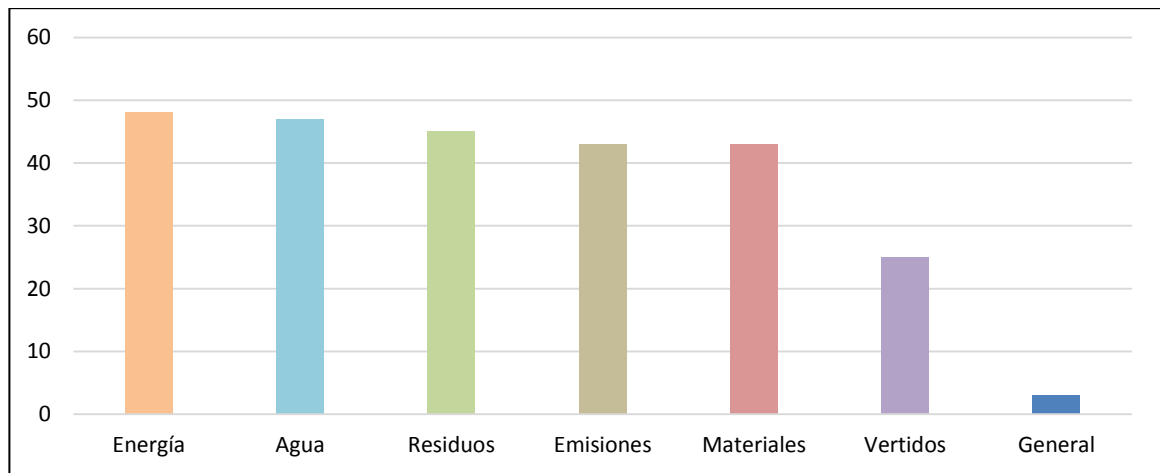
<sup>118</sup> Werner, A., & Lins, C. (2012). La inversión mundial en energías renovables aumentará a un récord de USD 257 billones. Retrieved from [http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/GSR2012\\_Press](http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/GSR2012_Press)

<sup>119</sup> Werner, A., & Lins, C. (2012). La inversión mundial en energías renovables aumentará a un récord de USD 257 billones. Retrieved from [http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/GSR2012\\_Press](http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/GSR2012_Press)

<sup>120</sup> EICHHAMMER, W., & MANNSBART, W. Op.cit., p. 761

La tendencia del consumo de energía va en aumento dado a que cada día está aumentando la natalidad del planeta, y como consecuencia de ello, también está aumentando la necesidad de consumir bienes y servicios, así como la energía necesaria para suministrarlo<sup>121</sup>. De ahí su importancia de continuar controlando este recurso, necesario e indispensable.

**Figura 10.** Cantidad de indicadores según recurso.



El indicador específico que más ha sido reportado según la figura 11, pertenece al recurso energía y según la tabla 5 refiere la siguiente relación con su respectiva unidad:

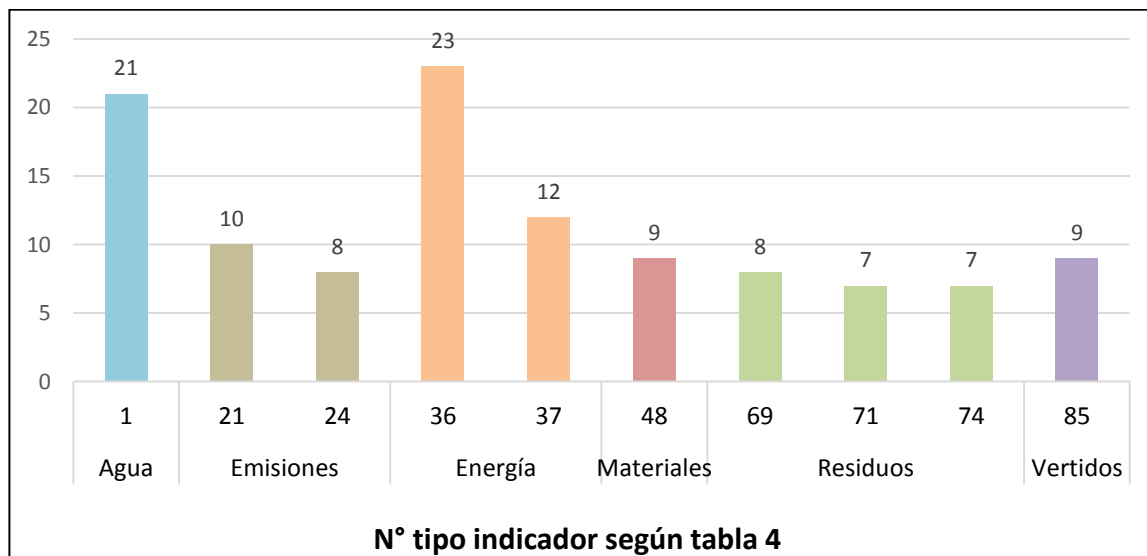
$$\frac{\text{Cantidad de energía consumida}}{\text{Unidad de producción}} \times 100 \quad \left[ \frac{\text{Unidad de Energía}}{\text{Unidad (peso, unidades) de producción}} \right]$$

Este indicador muestra qué tanta energía está siendo consumida con respecto a la cantidad de producto final que la organización está produciendo ya sea en unidades o unidad de peso, identificando aquellos procesos dentro de la organización que consume energía y de esta manera poder realizar los cambios

<sup>121</sup> PNUMA. Op.cit., p. 552

respectivos que puede variar desde el uso de tecnología más limpia hasta cambio de la materia prima utilizada. Este indicador se encuentra en la categoría de Cantidad de recursos consumidos en cuanto a la Unidad de Producción, estudiado en el ítem 5.1.

**Figura 11.** Cantidad de indicadores específicos.



### 5.3. INDICADORES SEGÚN SECTOR

Sin duda alguna el sector industrial ha sido uno de los que más ha influenciado en la contaminación de planeta. Pero fue en el siglo XIX, en la revolución industrial cuando el uso desmesurado de recursos se hizo evidente<sup>122</sup> y la generación de contaminantes no se hizo esperar. Esta revolución impulsada por Inglaterra no solo transformo la mano de obra, sino que generó cambios económicos y ambientales de forma drástica<sup>123</sup>. La industria se ha convertido en la fuente

<sup>122</sup> PUPPIM DE OLIVEIRA, J. A., DOLL, C. N. H., BALABAN, O., JIANG, P., DREYFUS, M., SUWA, A., ... DIRGAHAYANI, P. Op.cit., p. 139

<sup>123</sup> BBC Mundo. (2012). El legado tóxico de la Revolución Industrial. British Broadcasting Corporation. Retrieved April 18, 2015, from [http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2012/07/120626\\_ingles\\_revolucion\\_industrial\\_contaminacion\\_lp.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2012/07/120626_ingles_revolucion_industrial_contaminacion_lp.shtml)

económica más importante del ser humano, luego surge la necesidad de implementar e identificar opciones sostenibles; herramientas como los indicadores se presenta como una opción para controlar los procesos en las organizaciones industriales<sup>124</sup>.

Los sectores seleccionados para la actual investigación, fueron el sector petrolero, alimentos y metalmecánico. Estos fueron seleccionados por que según el DANE<sup>125</sup> son los que más aportan económicamente al país y por su objeto social son los que generan mayor impacto ambiental según El Tiempo<sup>126</sup> y la revista OCIO<sup>128</sup>. Entre las 10 empresas que más contaminan se encuentra 4 empresas del sector industrial, dos de ellas pertenecen al sector petrolero y metalúrgico; Exxon Mobil y Arcelor Mittal respectivamente<sup>129</sup>.

Con una diferencia del 27,69% entre el sector alimento vs petrolero y sus derivados se concluye que no hay diferencia significativa (Figura 12). Confirmando la necesidad que hay en la actualidad de tener procesos más sostenibles ambientalmente.

---

<sup>124</sup> AZAPAGIC, A. Op.cit., p.

<sup>125</sup> DANE. Op.cit., p.

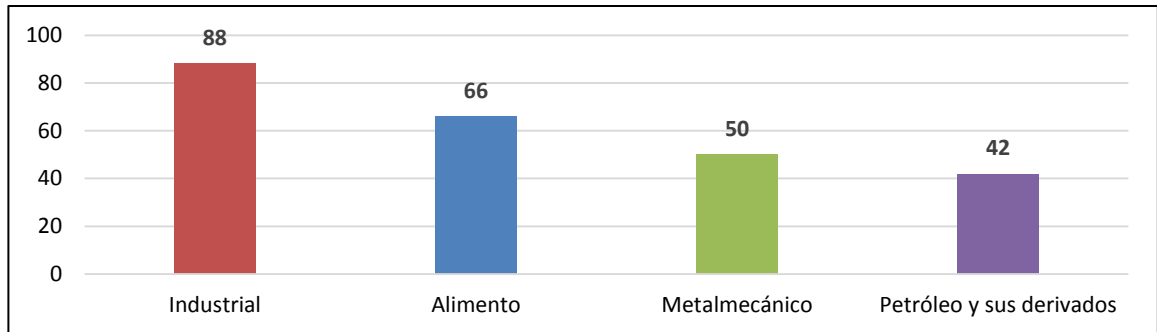
<sup>126</sup> El Tiempo. (1990). Quién contamina más en las Industrias. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-524772>. Consultada: 30/03/2014

<sup>127</sup> El Tiempo. (2014). Grandes industrias de alimentos contaminan más que la mayoría de países. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/grandes-industrias-de-alimentos-contaminan-mas-que-la-mayoria-de-paises-/14012117>. Consultada: 30/03/2014

<sup>128</sup> OCIO. (2010). Las industrias que más contaminan. Ultimate Magazine. DI <http://www.ocio.net/estilo-de-vida/ecologismo/las-industrias-que-mas-contaminan/>. Consultada: 30/03/2014

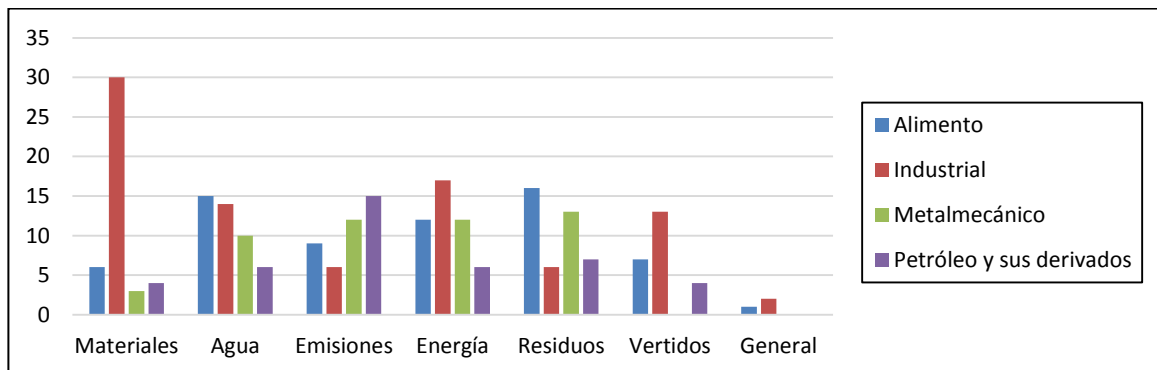
<sup>129</sup> VeoVerde. (2013). Las 10 empresas más contaminantes del mundo. Retrieved April 19, 2015, from <https://www.veoverde.com/2013/10/las-10-empresas-mas-contaminantes-del-mundo/>

**Figura 12.** Cantidad de indicadores por sector.



Los recursos que se ven afectados por los procesos industriales, en el cual se genera la mayor contaminación ambiental según Zaragoza, 2008<sup>130</sup> son: el aire, agua, residuos y energía. Dentro del recurso agua se contempla los vertimientos, que son las aguas residuales. En la figura 13 se evidencia que las organizaciones que pertenecen al sector petrolero y sus derivados, alimento y metalmecánico y entidades que se dedican a la investigación, han reportado indicadores en cada uno de los recursos mencionados anteriormente. Además vemos que la industria en general ha aportado a cada uno de estos recursos de forma representativa. Aunque se aporte en cada uno de los recursos, se hace necesario continuar estudiando y buscando medidas de control, que dé seguimiento a los procesos.

**Figura 13.** Cantidad de indicadores por sector Vs Recurso.



<sup>130</sup> Zaragoza, D. E. (2008). El impacto ambiental de las actividades industriales: el cambio necesario.

#### 5.4. INDICADORES SEGÚN PAÍSES

El primer país que comenzó a regular los impactos ambientales fue Estados Unidos en 1969, con la instauración de la conocida NEPA (National Environmental Protection Act)<sup>131</sup>. Aun siendo uno de los países que primero incursionó en términos de impacto ambiental, se encuentra que Estados Unidos es uno de los países que más contaminan según el top 10 publicado en Veo Verde para el año 2013<sup>132</sup>. Luego, se requiere tomar medidas y concientización en las personas e industrias, acerca de la importancia de mitigar y controlar los impactos ambientales que a diario, puede ser causado por el mal uso de los recursos e implementación de tecnología obsoleta.

Aunque se resalta que Estado Unidos, usa energías renovables que proporcionan el 12,7% de la electricidad nacional total en 2011, frente al 10,2% en 2010, y 9,3% en 2009. Se estima que un 39% de la capacidad eléctrica en 2011 fue añadida a partir de fuentes renovables, sobre todo de la energía eólica. Las energías renovables representaron alrededor del 11,8% de los EE.UU. la producción nacional de energía primaria (en comparación con el 11,3% de producción nuclear)<sup>133</sup>.

Para el análisis de la figura 14 y 15 no se tuvo en cuenta los indicadores reportados en Colombia y los artículos que no especificaba el país en donde fueron publicados, ya que estos en su mayoría pertenecen a entidades que se dedican a reportar indicadores ambientales, y que por lo general, pueden ser

---

<sup>131</sup> Irigalba, A. C., Echavarren, J. M., & Etxaleku, A. I. (n.d.). La evaluación de impacto ambiental recopilación, análisis y punto de vista crítico desde la perspectiva sociológica.

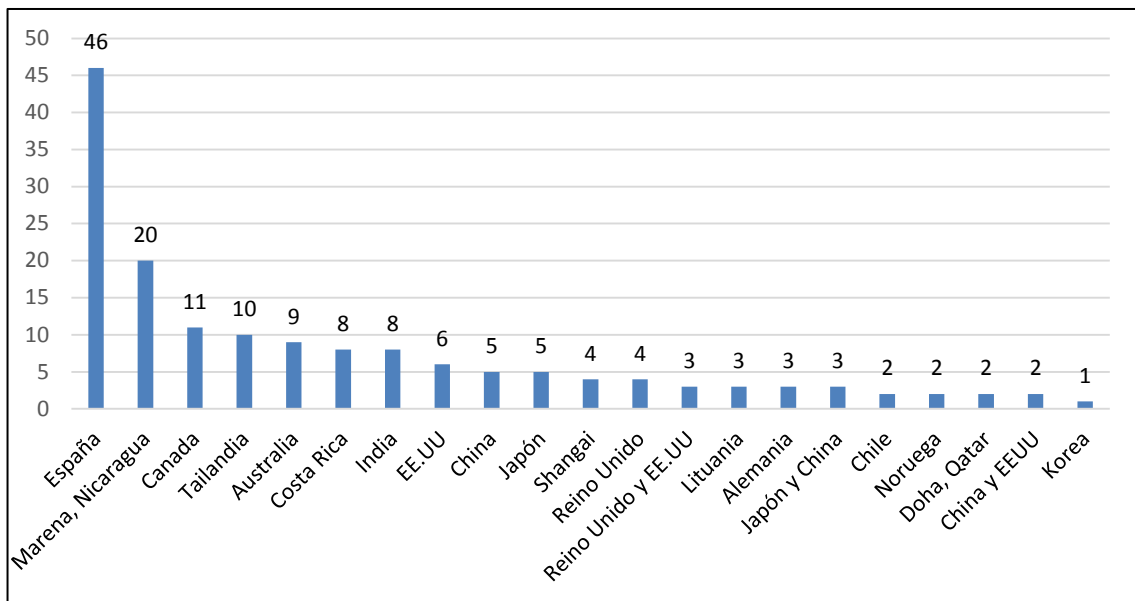
<sup>132</sup> Veo Verde. (2013). Los 10 países más contaminantes del mundo. Retrieved April 19, 2015, from <https://www.veoverde.com/2013/06/los-10-paises-mas-contaminantes-del-mundo/>

<sup>133</sup> WERNER, A., & LINS, C. Op.cit.

usados en cualquier país. Entre las cuales encontramos a global reporting initiative<sup>134</sup> y global 100<sup>135</sup>.

En la figura 14 se observa que el país que más tiene indicadores de tipo ambiental es España. Varios rankings han reportado que España le está apostando a la sostenibilidad ambiental, ocupando los primeros 10 puestos entre los más sostenibles del mundo.

**Figura 14.** Cantidad de indicadores por país.



La transición que ha tenido España durante los últimos años ha sido positiva en cuanto a sostenibilidad ambiental. Ha pasado de ocupar el puesto 32 al 9<sup>no</sup> puesto a nivel mundial<sup>136</sup>, por esta razón, España en la figura 14 también encabeza la

<sup>134</sup> GRI. Op.cit.

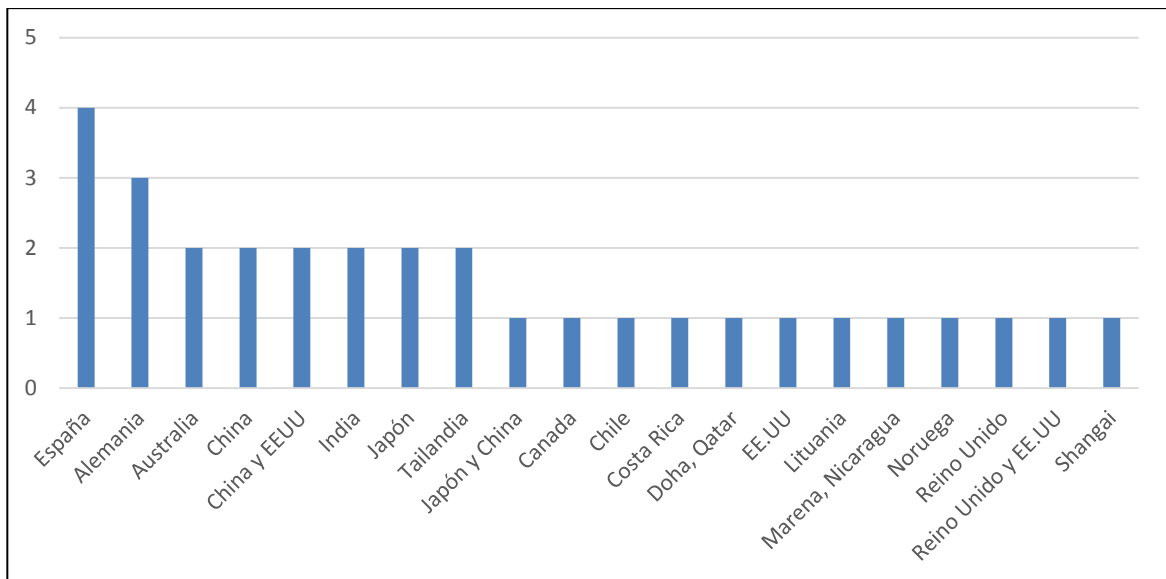
<sup>135</sup> GLOBAL 100. Op.cit.

<sup>136</sup> Eco-inteligencia. (2013). Los 10 países líderes en energías sostenibles. Retrieved April 11, 2015, from <http://www.ecointeligencia.com/2013/10/10-paises-lideres-energias-sostenibles/>

lista entre los países con más publicaciones en términos de sostenibilidad ambiental.

Si se cruzan los datos de la figura 14 y 15 se identifica a EEUU como el siguiente país con más publicaciones de artículos e indicadores. La revista semana sostenible<sup>137</sup> publica que el presidente Obama busca dentro de sus políticas más importantes reducir el 40% de las emisiones al 2025, es decir, casi la mitad de las emisiones de efecto invernadero que se tienen en la actualidad.

**Figura 15.** Cantidad de artículos publicados por país.



<sup>137</sup> Obama apuesta por el desarrollo sostenible en su Plan de Impulso Económico. (2009). eForética. Retrieved June 19, 2014, from <http://www.foretica.org/sala-de-prensa/noticias/377-obama-apuesta-por-el-desarrollo-sostenible-en-su-plan-de-impulso-economico-?lang=ca>

## 6. INDICADORES USADOS EN COLOMBIA

Colombia ha sido uno de los países más conflictivos ambientalmente en América latina como lo asegura la revista semana sostenible<sup>138</sup>, debido al mal manejo que le dan algunas industrias a los recursos que abundantemente posee esta área del continente. Como consecuencia, nos encontramos frente a una crisis de disponibilidad de recursos naturales. Conscientes del que futuro natural está determinado por el uso que se le den a estos recursos, se han creado una serie de controles como los indicadores, pero la gestión en Colombia no ha sido la más adecuada dado que se ha tenido una política proteccionista y ha querido incursionar en el mundo de la globalización bajo la influencia de países de mayor desarrollo tecnológico y concentración de capital, llevando a usar tecnologías poco amigables con el medio ambiente y haciendo uso inadecuado de los recursos para llegar a responder a estos cambios económicos/políticos.

Además las regulaciones establecidas en Colombia no han tenido el seguimiento adecuado por los entes gubernamentales, a pesar que se tiene en cuenta la tendencia que hay ambientalmente a nivel internacional. Como ejemplo, en 1973 nace en Colombia el derecho ambiental con la Ley 23, por la influencia de la conferencia de Estocolmo en 1972<sup>139</sup>.

En Colombia se comenzó a hablar de sostenibilidad en 1990 según Sanchez, 2002<sup>140</sup> y definió como “todo aquello que conduzca al crecimiento económico, a la

---

<sup>138</sup> Semana Sostenible. (2013). Colombia es el país con más conflictos ambientales de América Latina. Retrieved April 11, 2015, from <http://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/mapa/30830>

<sup>139</sup> García H, L. (2003). Teoría del desarrollo sostenible y legislación ambiental Colombiana: una reflexión cultural. *Revista de Derecho*, 20, 198–215.

<sup>140</sup> Sanchez Pérez, G. (2002). Desarrollo y medio ambiente : una mirada a Colombia. *Economía Y Desarrollo*, 1(1), 79–98.

elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades” (Ley 99 de 1993, artículo 3).

## **6.1. INDICADORES PUBLICADOS EN COLOMBIA SEGÚN RECURSO**

Colombia es uno de los países con más recursos naturales en el mundo y en América Latina según Sanchez<sup>141</sup>. Cuenta con 10% de la flora y fauna mundiales, el 20% de las especies de aves del planeta, 1/3 de las especies de primates de América tropical, más de 56.000 especies de plantas fanerógamas registradas y cerca de mil ríos permanentes.

Sin embargo, Colombia ocupa el cuarto lugar en el aporte regional (Suramérica) de emisiones de CO<sub>2</sub> de origen industrial, con una participación del 10% (precedido por Brasil, Argentina y Venezuela), y ocupa el mismo lugar en términos de emisiones por cambios en el uso de suelos (aporte del 6%, precedido por Brasil, Venezuela y Bolivia)<sup>142</sup>.

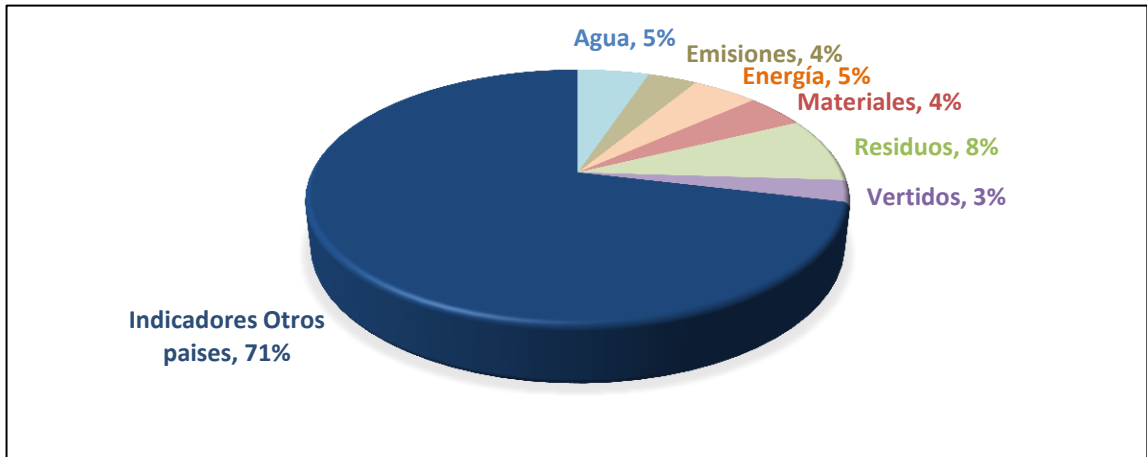
La figura 16 muestra el porcentaje de la cantidad de indicadores usados en Colombia por recurso. Para esta grafica se tuvo en cuenta los 253 indicadores que se identificaron a partir la revisión de literatura y el resultado obtenido revela la cantidad de indicadores usados en Colombia en porcentaje de acuerdo al recurso.

---

<sup>141</sup> Ibid

<sup>142</sup> Ministerio del Medio Ambiente, R. de C. (1997). Política Nacional de Producción más Limpia. Santa Fe de Bogotá.

**Figura 16.** Porcentaje de indicadores en Colombia por recurso.



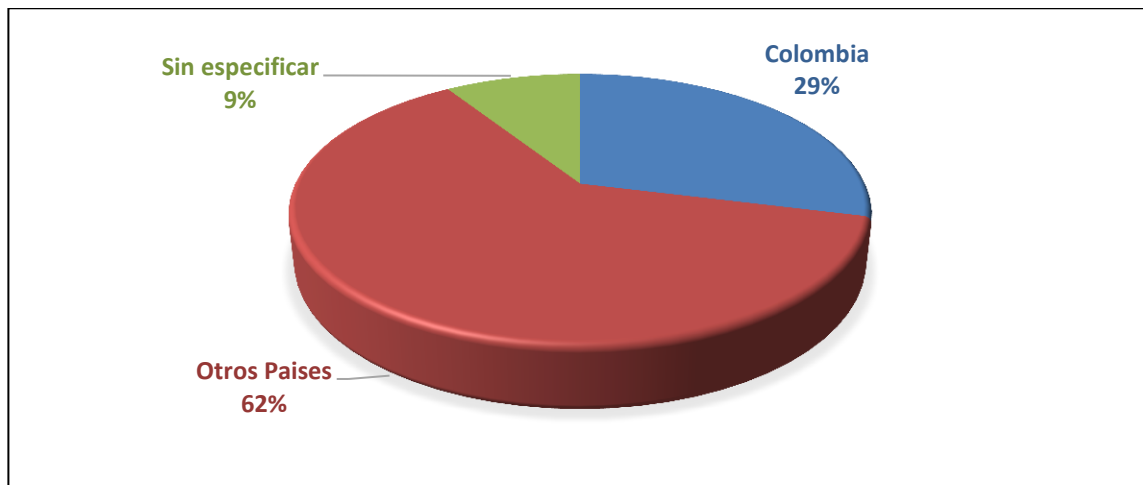
## 6.2. INDICADORES PUBLICADOS EN COLOMBIA FRENTE A OTROS PAISES

Han sido muchos los esfuerzos que Colombia ha realizado en términos ambientales, pero no han sido los suficientes para mitigar los cambios que avanza de forma acelerada. Colombia pasó de estar del 9 puesto al puesto 85, según el índice del desempeño ambiental medido por las Universidades de Yale y de Columbia. Esto se debe a que hay muchas regulaciones o leyes ambientales pero no hay entes gubernamentales que controlen y hagan seguimiento<sup>143</sup>.

Es por esta razón se evidencia poca cantidad de indicadores según la figura 17, en donde solo el 31% de los indicadores pertenecen a Colombia, siendo un porcentaje pequeño comparado con el 69% restante y teniendo en cuenta que cuando se hizo la búsqueda se dio mayor importancia al sector industrial en Colombia.

<sup>143</sup> Guhl, E. (2014). Territorios sostenibles: una opción frente a la crisis ambiental. *razonpública.com*. Retrieved April 19, 2015, from <http://www.razonpublica.com/index.php/econom%C3%ADa-y-sociedad/7466-territorios-sostenibles-una-opci%C3%B3n-frente-a-la-crisis-ambiental.html>

**Figura 17.** Porcentaje de indicadores en Colombia vs otros países.



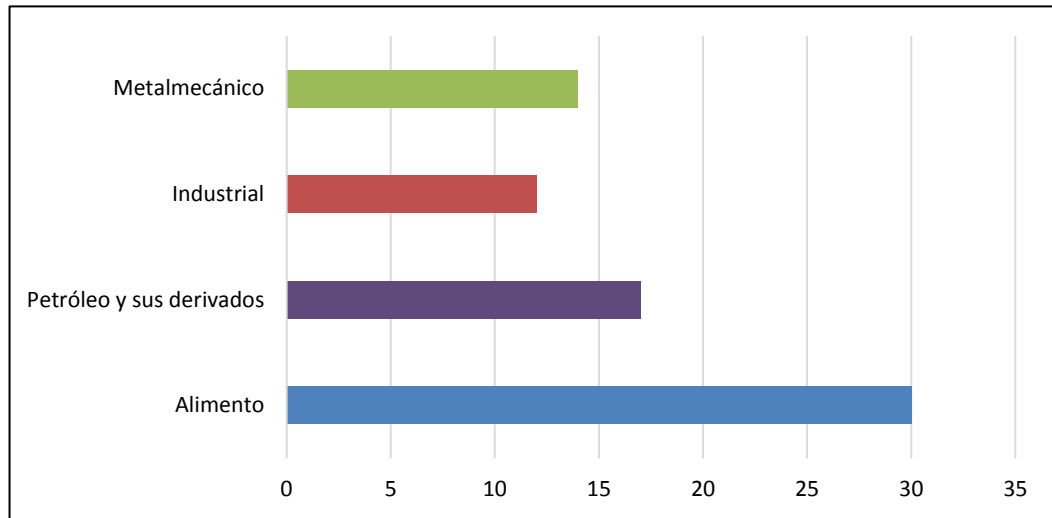
### 6.3. INDICADORES PUBLICADOS EN COLOMBIA SEGÚN SECTOR

Según la figura 18 “cantidad de indicadores según sector”, muestra que el sector que más ha reportado indicadores ha sido el de alimentos, con una diferencia del 38% del sector petrolero y 53,33% con respecto al sector metalúrgico que ha sido el que menos ha reportado, según la literatura revisada.

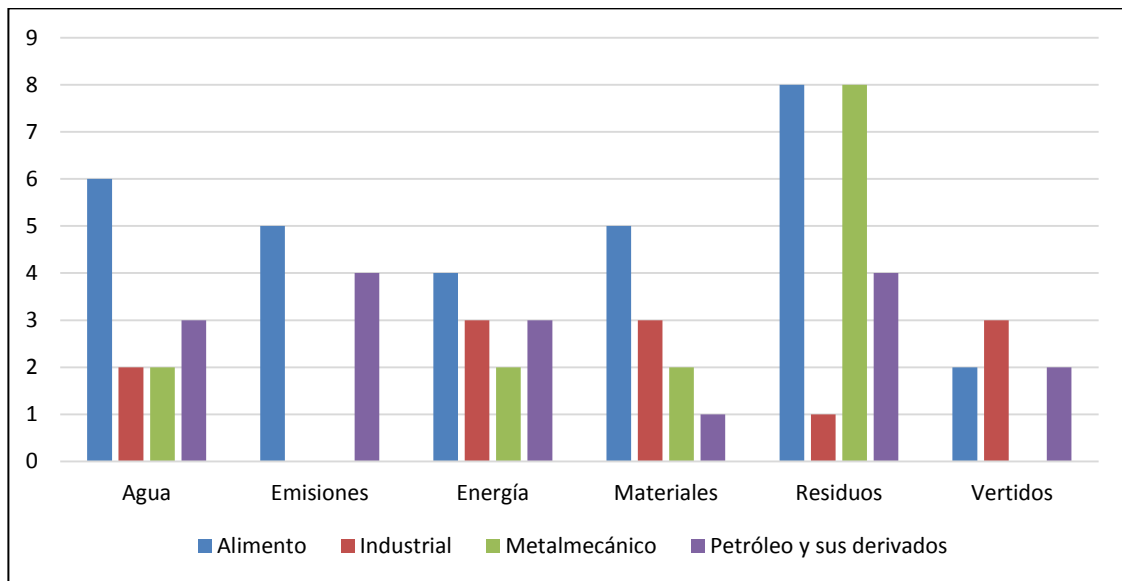
Sanchez<sup>144</sup> en su artículo muestra que uno de los recursos que más se ven afectados por la industria manufacturera especialmente el sector petrolero es el agua debido al mal uso que dan a los residuos sólidos que van directamente a este recurso que con el tiempo está escaseando. La información de la figura 19 muestra que el sector petrolero es poco lo que ha reportado en cuanto al control de los residuos y vertidos.

<sup>144</sup> SANCHEZ PÉREZ, G. Op.cit.

**Figura 18.** Cantidad de indicadores según sector.



**Figura 19.** Cantidad de indicadores por sector Vs Recurso en Colombia.



## **7. INDICADORES PROPUESTOS PARA LA INDUSTRIA DEL PETROLEO, METALMECANICO Y ALIMENTOS EN COLOMBIA.**

En la tabla 7 se relaciona los indicadores que fueron identificados en la revisión de literatura y se seleccionaron a partir de unos criterios establecidos, que se mencionan a continuación:

1. Se eliminaron los indicadores citados por fuentes de origen Colombiano, con el objetivo de aportar a las empresas Colombianas mediciones diferentes a las adoptadas comúnmente en la región.
2. Si el uso del indicador ha sido reportado en alguna empresa o en algún estudio de caso. Este ítem es importante debido a que se selecciona aquellos indicadores que han sido usados por las diferentes industrias, dando credibilidad y soporte para su posterior uso en Colombia.
3. Si hay una relación entre el impacto ambiental Vs Económico. Este tipo de indicador, es de carácter directivo y/o estratégico y muestra la necesidad de controlar los aspectos ambientales en cada uno de los procesos, debido a que muestra impacto económico que genera el mal uso de los recursos. Estos indicadores serán de carácter obligatorio en la propuesta de indicadores que se hará para Colombia. Dado que su uso muestra el impacto económico que genera los procesos industriales en términos ambientales<sup>145</sup>. Las cifras positivas, llevarán a las organizaciones a tener un plan de negocio inteligente<sup>146</sup> que los lleve a generar ahorros por

---

<sup>145</sup> QI, G. Y., ZENG, S. X., SHI, J. J., MENG, X. H., LIN, H., & YANG, Q. X. Op.cit., p.

<sup>146</sup> Dinero.com. (2013). ¿Por qué la sostenibilidad es rentable para las empresas? -. Retrieved April 09, 2015, from <http://www.dinero.com/opinion/columnistas/articulo/por-que-sostenibilidad-rentable-para-empresas/173541>

implementar tecnología y programas de producción más limpia<sup>147</sup>. Adicionalmente, es necesario controlar estos procesos para tener resultados medibles y auditables<sup>148</sup>.

4. Si el indicador ha sido publicado en más de una ocasión en artículos diferentes. La frecuencia de uso del indicador muestra la importancia que tiene frente a la industria manufacturera, por esta razón, es trascendental considerarlo dentro de los indicadores que serán propuestos para el uso de la industria del petróleo, metalmecánico y alimentos en Colombia.

Una vez cumplidos los criterios mencionados anteriormente, se procedió a hacer validación de los 30 indicadores que resultaron, por personas expertas en el tema ambiental en las industrias. Para este ítem se contó con la colaboración de tres expertos: Brenda Nieto, Mauricio Galván y Luis Martínez Mendoza. (Anexo A)

Ellos son el filtro final que permitirá hacer elección de los indicadores que mejor se alinean al objetivo de evaluar el impacto ambiental, de acuerdo, a los resultados obtenidos y aplicabilidad en Colombia para los sectores propuestos. A cada uno de los evaluadores se le envió la encuesta de forma virtual a través de la herramienta de google drive. (Anexo B)

Se tiene en cuenta los comentarios que cada uno realiza de los indicadores por separado, de esta manera se incluirá cualquier aspecto que contribuya y enriquezca el control ambiental en Colombia.

En la tabla 7 se presentan los indicadores ambientales que fueron seleccionados para Colombia. Para su lectura, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

---

<sup>147</sup> Cinco Días. (2015). Lo sostenible es más rentable. Ediciones Cinco Días. Retrieved April 09, 2015, from [http://cincodias.com/cincodias/2014/11/28/empresas/1417199756\\_355932.html](http://cincodias.com/cincodias/2014/11/28/empresas/1417199756_355932.html)

<sup>148</sup> SEMANA SOSTENIBLE. Op.cit., p.

- Recurso: refiere a energía, emisión, aguas, vertidos, materiales, residuos.
- Influencia del medio ambiente: cuantifica el efecto sobre el medio ambiente, en términos de la cantidad de recurso usado o la contaminación generada.
- Valor agregado refiere a: ventas netas o la utilidad generada por el producto que está haciendo uso de los diferentes recursos.

**Tabla 7.** Indicadores ambientales seleccionados para Colombia.

Sector	Indicador	Unidades
Industria del petróleo, metalmecánico y alimentos	Costes específicos por tipo de agua/Consumo por tipo de agua	Unidad monetaria/Unidad Volumen
	Consumo por tipo de agua / Consumo total de agua	Unidad Volumen/Unidad Volumen
	Consumo de agua en un proceso específico / Consumo total de agua	Unidad Volumen/Unidad Volumen
	Carga de contaminación (P, N, AOX)/Cantidad de aguas residuales	Unidad Masa/Unidad Volumen
	Cantidad de CO2 eq/Unidad de producción	Unidad de Peso/ Unidad de (Peso, Unidades) producción.
	Emisiones de CO2 eq / Valor monetario del producto	Unidad Peso/Unidad Monetaria
	Emisión ambiental / Costo de la conservación ambiental	Unidad Peso/Unidad Monetaria
	Cantidad de energía consumida por fuentes/Cantidad total de energía	Unidad Energía/Unidad Energía
	Costes por fuente de energía/Consumo por fuente de energía	Unidad Monetaria /Unidad Energía
	Consumo de energía / Ingresos	Unidad Energía / Unidad Monetaria
	Cantidad de energía de un proceso (producto) / Cantidad total de energía	Unidad Energía/Unidad Energía
	Cantidad de ingreso de Materia Prima / Unidad Producción	Unidad Peso/Unidad de (Peso, Unidades) producción
	Cantidad de embalaje reutilizable / Cantidad total de embalaje	Unidad Peso / Unidad Peso
	Cantidad de materiales alternativos más seguros para el medio ambiente	Unidad de Peso

Sector	Indicador	Unidades
<b>Industria del petróleo, metalmecánico y alimentos</b>	Ingresos / Cantidad específica de recurso	Unidad monetaria/Unidad (Volumen, Peso, Energía)
	Valor del producto o servicio/influencia del medio ambiente	Unidad Monetaria /Cantidad del recurso (Volumen, Peso, Energía)
	Consumo específico de recurso/ valor agregado del producto	Unidad (Volumen, Peso, Energía)/ Unidad Monetaria
	Costes totales según recurso/costes totales de producción	Unidad monetaria/Unidad monetaria
<b>Industria del petróleo.</b>	Promedio de producción productos / Consumo promedio de agua	Unidad Masa/Unidad Volumen
	Vertidos de petróleo/Unidad vertida de agua	Unidad Volumen/Unidad Volumen
	Promedio de producción de productos / Promedio de residuos generados	Unidad Monetaria/Unidad Peso
	Promedio de margen Bruto / Promedio de Recurso específico	Unidad Monetaria/Unidad (Peso, Volumen, energía)
	Ventas Netas / Consumo promedio de Recurso específico	Unidad Monetaria/Unidad (Peso, Volumen, energía)
<b>Industria de alimentos</b>	Cantidad de emisión CO2 / Consumo de energía	Unidad Peso/Unidad Energía
	Cantidad de desechos clasificados / Unidad de Producción	Unidad Peso/Unidad de (Peso, Unidades) producción
	Inversión total / Cantidad de residuos	Unidad Monetaria/Unidad Peso
	Cantidad de agua reutilizada / Unidad de producción	Unidad Volumen/Unidad de (Peso, Unidades) producción
<b>Industria del petróleo y metalmecánica</b>	Emisión de CO2 / Emisión de CO2 eq	Unidad de Peso/ Unidad de Peso
<b>Industria metalmecánico</b>	Costos / Cantidad de emisiones de GEI	Unidad monetaria/Unidad Peso
<b>Indicadores propuestos por evaluadores</b>		
<b>Industria del petróleo, metalmecánico y alimentos</b>	Volumen reciclado / Volumen utilizado	Unidad de Volumen/Unidad de Volumen
	emisiones de CO2 / Recursos consumidos	Unidad de peso/Unidad peso, volumen, energía
	Costo de energía / ingresos.	Unidad monetaria/Unidad Monetaria

## **8. ARTICULO PUBLICABLE**

Para el cumplimiento de uno de los objetivos específicos planteados, se procede a elaborar un artículo publicable según los parámetros establecidos por la revista Puente de la Pontificia Bolivariana. Esta revista atiende todas las disciplinas relacionadas con la ingeniería.

Este artículo muestra la metodología y los indicadores usados para medir el impacto ambiental de las empresas de los sectores metalmecánico, petrolero y alimentos. (ANEXO D)

## **9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **9.1. CONCLUSION DE LA INVESTIGACIÓN**

Se efectuó la revisión de la literatura de acuerdo a los tres sectores seleccionados metalmeccánico, petróleo y sus derivados y alimentos y el enfoque se dio de acuerdo a la métrica que se estudió que fue los indicadores. Se seleccionó 45 artículos de los cuales resulto un total de 245 indicadores y se categorizaron de acuerdo a su medición quedando 94. Luego se clasifico de acuerdo al país, aspecto ambiental o recurso y sector; para realizar sus análisis respectivos. Posteriormente, se filtró la información excluyendo aquellos indicadores que se habían reportado en Colombia y que de acuerdo a unos criterios previamente establecidos no aportaban significativamente a la actual investigación, aportando un total de 32 indicadores al sector industrial en Colombia.

Concluyendo que la sostenibilidad, en términos ambientales, es un tema relativamente nuevo, se evidencio que se ha convertido en lineamientos estratégicos para las organizaciones, y que se ha ido implementando y fortaleciendo con el tiempo. Su importancia ha llegado al punto de ser una ventaja competitiva y elemento diferenciador entre las empresas.

Para administrar una organización, proyecto y un proceso, es necesario controlar, es por esta razón que las organizaciones han buscado herramientas que permitan hacer seguimiento en cuanto a sus actividades y que permitan tomar decisiones sobre los impactos que puedan estar generando las mismas. Una de estas herramientas, es el uso de indicadores. Adicionalmente, entidades y revistas han comenzado a crear rankings y premios como incentivo para que las organizaciones incluyan dentro su plan estratégico la sostenibilidad ambiental.

La tendencia de esta temática, sin duda alguna va en aumento, debido al detrimento de los recursos ambientales y a la concientización por parte de las

organizaciones en el manejo de los mismos. Además, los entes gubernamentales han tomado medidas de control estableciendo leyes, que según la literatura revisada Colombia está muy lejos de cumplirlas, ya que no hay un control por parte de las mismas. Existen regulaciones ambientales pero algunas de ellas, han quedado plasmadas en el papel<sup>149</sup>.

Además, durante la revisión efectuada se evidencio que hay poca participación de las empresas medianas y pequeñas para reportar indicadores ambientales que internamente las organizaciones usan para medir la sostenibilidad ambiental. En su mayoría son empresas de gran tamaño las que reportan, pero muchas de ellas tienen su información muy limitada, en cuanto a mostrar los indicadores que usan.

De acuerdo a los indicadores clasificados según el sector, se evidencia que el sector petrolero ha sido uno de los que menos han contribuido en el reporte de indicadores. Este sector aporta positivamente a la economía del país, luego la información que emiten es muy limitada. De los recursos estudiados; vertidos es el recurso que menos indicadores han publicado y es el sector petrolero el que más impacta este recurso. La respuesta a la falta de indicadores se da porque también hay carencia de información en el sector.

## **9.2. FUTUROS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN**

En la actualidad el planeta tierra está pidiendo a gritos un cambio en los esquemas mentales y organizacionales, en cuanto, al manejo ambiental que le dan las organizaciones y las personas a sus procesos y diario vivir, respectivamente. Por esta razón, es importante incentivar investigaciones que permitan controlar y cuidar el uso de los recursos naturales y de esta manera poder asegurar satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las del futuro.

---

<sup>149</sup> Guhl, E. Op. Cit.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Acercar industria. (2004). Unidad de Asistencia Técnica Ambiental para la pequeña y mediana empresa.

Arens, M., Worrell, E., & Schleich, J. (2012). Energy intensity development of the German iron and steel industry between 1991 and 2007. *Energy*, 45(1), 786–797.

Argeñal, J., Porra, S., & Barahona, C. (2008). Indicadores de Desarrollo Sostenible de la Gestión Empresarial.

Arvanitoyannis, I. S. (2008). Potential and Representatives for Application of Environmental Management System (EMS) to Food Industries. *Waste Management for the Food Industries* (pp. 3–38).

Azapagic, A. (2004). Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. *Journal of Cleaner Production*, 12(6), 639–662. doi:10.1016/S0959-6526(03)00075-1

Azapagic, A., & Perdan, S. (2000). Indicators of sustainable development for industry: a general framework. *Trans IChemE*, 78, 243–261.

Azapagic, A., Howard, A., Parfitt, A., Tallis, B., Duff, C., Hadfield, C., ... Elliot, S. THE SUSTAINABILITY METRICS. Sustainable Development Progress Metrics recommended for use in the Process Industries. *IchemE*.

BBC Mundo. (2012). El legado tóxico de la Revolución Industrial. British Broadcasting Corporation. Retrieved April 18, 2015, from [http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2012/07/120626\\_inglaterra\\_revolucion\\_industrial\\_contaminacion\\_lp.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2012/07/120626_inglaterra_revolucion_industrial_contaminacion_lp.shtml)

Boyko, C. T., Gaterell, M. R., Barber, A. R. G., Brown, J., Bryson, J. R., Butler, D., ... Rogers, C. D. F. (2012). Benchmarking sustainability in cities: The role of indicators and future scenarios. *Global Environmental Change*, 22(1), 245–254. doi:10.1016/j.gloenvcha.2011.10.004

Bustamante, L. P. (2007). Los derechos de la sustentabilidad: desarrollo, consumo y ambiente (p. 287). Ediciones Colihue SRL. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=jk77LWgX6doC&pgis=>

Campaña Alcores. Carta específica: sector metal mecánico indicadores ambientales.

Charmondusit, K., & Keartpakpraek, K. (2011). Eco-efficiency evaluation of the petroleum and petrochemical group in the map Ta Phut Industrial Estate, Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 19(2-3), 241–252.

Cinco Días. (2015). Lo sostenible es más rentable. Ediciones Cinco Días. Retrieved April 09, 2015, from [http://cincodias.com/cincodias/2014/11/28/empresas/1417199756\\_355932.html](http://cincodias.com/cincodias/2014/11/28/empresas/1417199756_355932.html)

DANE. (2012). construcción e interpretación de indicadores e interpretación de indicadores Estrategia para el Fortalecimiento.

Dinero.com. (2013). ¿Por qué la sostenibilidad es rentable para las empresas? -. Retrieved April 09, 2015, from <http://www.dinero.com/opinion/columnistas/articulo/por-que-sostenibilidad-rentable-para-empresas/173541>

Domenech Cots, J. R. (2008). Proyecto: construcción de la primera versión de indicadores ambientales para sectores industriales seleccionados en costa rica.

Dow Jones. (2014). Annual Review 2014 Sustainability Indices. Retrieved April 18, 2015, from <http://www.sustainability-indices.com/review/annual-review-2014.jsp>

Eco-inteligencia. (2013). Los 10 países líderes en energías sostenibles. Retrieved April 11, 2015, from <http://www.ecointeligencia.com/2013/10/10-paises-lideres-energias-sostenibles/>

Ecopetrol SA. (2013). Reporte Integrado de Gestión Sostenible 2013.

Ecopetrol. (2013). Anexo N° 14, plan de manejo ambiental. Disponible en: [http://www.ecopetrol.com.co/documentos/49071\\_Anexo\\_No.14\\_\(A\)\\_\\_Plan\\_de\\_Manejo\\_Ambiental.pdf](http://www.ecopetrol.com.co/documentos/49071_Anexo_No.14_(A)__Plan_de_Manejo_Ambiental.pdf)

Ecopetrol. (2013). Informe anual y de sostenibilidad 2013. Disponible en: [http://www.ecopetrol.com.co/documentos/ecopetrol\\_2013.pdf](http://www.ecopetrol.com.co/documentos/ecopetrol_2013.pdf)

Eichhammer, W., & Mannsbart, W. (1997). Industrial energy efficiency; Indicators for a European cross-country comparison of energy efficiency in the manufacturing industry. *Energy Policy*, 25, 759–772.

El Tiempo. (1990). Quién contamina más en las Industrias. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-524772>. Consultada: 30/03/2014

El Tiempo. (2014). Grandes industrias de alimentos contaminan más que la mayoría de países. Retrieved April 04, 2015, from <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/grandes-industrias-de-alimentos-contaminan-mas-que-la-mayoria-de-paises-/14012117>

Evolution of Environmental Management Indicators for Eco-efficiency. In 22nd International Conference on Production Research.

Federación Española de Industrias de la alimentación y bebida. Estudio de sostenibilidad en la industria de alimentación y bebidas.

FEMEVAL. Evaluación de riesgo ambiental en el sector metalmecánico.

Feng, S. C., & Joung, C. B. (2007). An Overview of a Proposed Measurement Infrastructure for Sustainable Manufacturing. National Institute of Standards and Technology.

García H, L. (2003). Teoría del desarrollo sostenible y legislación ambiental Colombiana: una reflexión cultural. *Revista de Derecho*, 20, 198–215.

Garg, A., Vishwanathan, S., & Avashia, V. (2013). Life cycle greenhouse gas emission assessment of major petroleum oil products for transport and household sectors in India. *Energy Policy*, 58, 38–48.

Gautam, R., & Singh, A. (2010). Critical environmental indicators used to assess environmental performance of business. *Global Business and Management Research: An International Journal*, 2(2 & 3), 224–237.

Gielen, D., & Moriguchi, Y. (2002). CO<sub>2</sub> in the iron and steel industry: an analysis of Japanese emission reduction potentials. *Energy Policy*, 30(10), 849–863.

Global 100. (2014). Key performance indicators. Corporate Knights. Retrieved April 18, 2015, from <http://www.corporateknights.com/reports/global-100/key-performance-indicators/>

Global Environmental Management Initiative. (1992). *Measuring Environmental Performance: A primer and survey of metrics in Use*. Disponible en: [http://www.gemi.org/resources/met\\_101.pdf](http://www.gemi.org/resources/met_101.pdf)

GRI. (2006). *Indicator Protocols Set Environment (EN)*.

GRI. (2008). *Tabla de Indicadores*. Disponible en: <http://sostenibilidad.solmelia.com/GRI-table.html>

Grupo Nutresa. (2013). *Informe anual y de sostenibilidad 2013*. Disponible en: [http://informe2013.gruponutresa.com/pdf/Informe\\_Anual\\_y\\_de\\_sostenibilidad\\_2013.pdf](http://informe2013.gruponutresa.com/pdf/Informe_Anual_y_de_sostenibilidad_2013.pdf)

GS1 Chile. (2004). *Medición indicadores de gestión logística*. Chile, pág. 4

Guerrero Erazo, J., Fuentes Barrera, G., & Salazar Isaza, M. (2013). Evaluación del desempeño ambiental del sector Manufacturero del departamento de Risaralda. *Scientia et Technica Año XVIII*, 18(1), 253–259.

Guhl, E. (2014). *Territorios sostenibles: una opción frente a la crisis ambiental*. [razonpublica.com](http://razonpublica.com). Retrieved April 19, 2015, from

<http://www.razonpublica.com/index.php/econom%C3%ADa-y-sociedad/7466-territorios-sostenibles-una-opci%C3%B3n-frente-a-la-crisis-ambiental.html>

Gutierrez, F., Cloquell, V., & Cloquell, V. (2012). Propuesta de un sistema de indicadores de sostenibilidad para áreas naturales con uso turístico, validado mediante consulta a terceros. *Turismo Y Sociedad*, XII, 55–83.

Hasanbeigi, A., Price, L., Chunxia, Z., Aden, N., Xiuping, L., & Fangqin, S. (2014). Comparison of iron and steel production energy use and energy intensity in China and the U.S. *Journal of Cleaner Production*, 65, 108–119.

Herva, M., Franco, A., Carrasco, E. F., & Roca, E. (2011). Review of corporate environmental indicators. *Journal of Cleaner Production*, 19(15), 1687–1699. doi:10.1016/j.jclepro.2011.05.019

International Association of Oil & Gas Producers. (2011). Environmental performance indicators 2011 data.

IPIECA, & API. (2010). Oil and gas industry guidance on voluntary sustainability reporting. Disponible en: [http://www.api.org/environment-health-and-safety/~media/Files/EHS/Environmental\\_Performance/voluntary\\_sustainability\\_reporting\\_guidance\\_2010.ashx](http://www.api.org/environment-health-and-safety/~media/Files/EHS/Environmental_Performance/voluntary_sustainability_reporting_guidance_2010.ashx)

Irigalba, A. C., Echavarren, J. M., & Etxaleku, A. I. (n.d.). La evaluación de impacto ambiental recopilación, análisis y punto de vista crítico desde la perspectiva sociológica.

Joung, C. B., Carrell, J., Sarkar, P., & Feng, S. C. (2013). Categorization of indicators for sustainable manufacturing. *Ecological Indicators*, 24, 148–157. doi:10.1016/j.ecolind.2012.05.030

Kruse, A., Butzer, S., & Steinhilper, R. Environmental assessment of variety-induced complexity in production systems. In 22nd International Conference on Production Research.

- Larrañaga, E., & F.J., O. (1999). Guía de Indicadores Medio Ambientales para la empresa.
- López, L. Á., Gallego Duque, A. C., Rebolledo Noriega, J. E., & Velasco Bonilla, A. (2013). Perfil del sector manufacturero Colombiano. *Magazín Empresarial*, 9, 49–61.
- Marquardt, B. (2006). Historia de la sostenibilidad. Un concepto medioambiental en la historia de Europa central (1000-2006). *Historia Crítica*, 32, 172–197.
- Martínez, C. I. P. (2009). Energy efficiency developments in the manufacturing industries of Germany and Colombia, 1998–2005. *Energy for Sustainable Development*, 13(3), 189–201.
- Maxime, D., Marcotte, M., & Arcand, Y. (2006). Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. *Journal of Cleaner Production*, 14(6-7), 636–648. doi:10.1016/j.jclepro.2005.07.015
- Messina, Graciela. Investigación acerca de la formación docente: un estado del arte en los noventa (online). (1999). *Revista Iberoamericana de Educación* Número 19 Formación Docente. Retrieved May 29, 2014, from <http://www.rieoei.org/oeivirt/rie19a04.htm>
- Ministerio de Protección Ambiental. (2010). A Green Credit Guide for China's Steel and Iron Industry.
- Ministerio del Medio Ambiente, R. de C. (1997). Política Nacional de Producción más Limpia. Santa Fe de Bogotá.
- Moldan, B., Janoušková, S., & Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators*, 17, 4–13. doi:10.1016/j.ecolind.2011.04.033
- Molina M, N. P. (2005). ¿Qué es el estado del arte? *Ciencia Y Tecnología Para La Salud Visual Y Ocular*, 73–75.

Navas T., D. A., & Rodriguez R., P. A. (2010). Procesos para la obtención del petróleo y los impactos ambientales generados por actividades petroleras.

Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S., & Olsson, L. (2007). Categorising tools for sustainability assessment. *Ecological Economics*, 60(3), 498–508. doi:10.1016/j.ecolecon.2006.07.023

Nguyen, T.-V., Tock, L., Breuhaus, P., Maréchal, F., & Elmegaard, B. (2014). Oil and gas platforms with steam bottoming cycles: System integration and thermoenviromonic evaluation. *Applied Energy*, 131, 222–237.

Nieto R, L. F. (2008). Estado del arte de la investigación en la Escuela de Idiomas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia \*, 29–38.

O’Ryan, R., & Pereira, M. (2015). Participatory indicators of sustainability for the salmon industry: The case of Chile. *Marine Policy*, 51, 322–330.

Obama apuesta por el desarrollo sostenible en su Plan de Impulso Económico. (2009). eForética. Retrieved June 19, 2014, from <http://www.foretica.org/sala-de-prensa/noticias/377-obama-apuesta-por-el-desarrollo-sostenible-en-su-plan-de-impulso-economico-?lang=ca>

OCIO. (2010). Las industrias que más contaminan. *Ultimate Magazine*. DI <http://www.ocio.net/estilo-de-vida/ecologismo/las-industrias-que-mas-contaminan/>. Consultada: 30/03/2014

Pautasso, M. (2013). Ten simple rules for writing a literature review. *PLoS Computational Biology*, 9(7), e1003149. doi:10.1371/journal.pcbi.1003149

Pedraza Poveda, G. (2010). Guía para la gestión y manejo Integral de residuos Industria Metalmeccánica.

Perea Gaitan, J. M., & Botello Martínez, I. (2013). ARPEL Guideline Energy Indicators in the oil & Gas Industry.

- PNUMA. (2012). GEO5 Perspectivas del Medio Ambiente Mundial (p. 552). Retrieved from [http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5\\_report\\_full\\_es.pdf](http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5_report_full_es.pdf)
- Puppim de Oliveira, J. A., Doll, C. N. H., Balaban, O., Jiang, P., Dreyfus, M., Suwa, A., Dirgahayani, P. (2013). Green economy and governance in cities: assessing good governance in key urban economic processes. *Journal of Cleaner Production*, 58, 138–152. doi:10.1016/j.jclepro.2013.07.043
- Qi, G. Y., Zeng, S. X., Shi, J. J., Meng, X. H., Lin, H., & Yang, Q. X. (2014). Revisiting the relationship between environmental and financial performance in Chinese industry. *Journal of Environmental Management*, 145, 349–56.
- Quiroga Rayén. (2001). Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas (pp. 1–116).
- RasGas. (2011). Sustainability Report 2011. Disponible en: [http://www.rasgas.com/Files/RasGas\\_Sustainability\\_Report\\_2011.pdf](http://www.rasgas.com/Files/RasGas_Sustainability_Report_2011.pdf)
- REVISTA SEMANA. Colombia, 2014. Las 20 empresas más sostenibles que están cambiando la mentalidad empresarial del país. Pág. 07.
- Ruggieri, L., Cadena, E., Martínez-Blanco, J., Gasol, C. M., Rieradevall, J., Gabarrell, X.,... Sánchez, A. (2009). Recovery of organic wastes in the Spanish wine industry. Technical, economic and environmental analyses of the composting process. *Journal of Cleaner Production*, 17(9), 830–838.
- Sanchez Pérez, G. (2002). Desarrollo y medio ambiente : una mirada a Colombia. *Economía Y Desarrollo*, 1(1), 79–98.
- Semana Sostenible. (2013). Colombia es el país con más conflictos ambientales de América Latina. Retrieved April 11, 2015, from <http://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/mapa/30830>

- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699–1710. doi:10.1016/j.jclepro.2008.04.020
- Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., & Dikshit, A. K. (2007). Development of composite sustainability performance index for steel industry. *Ecological Indicators*, 7(3), 565–588.
- Staniškis, J. K., & Arbačiauskas, V. (2009). Sustainability Performance Indicators for Industrial Enterprise Management. Institute Environmental Engineering, Kaunas University of Technology, Lithuania, 2(2), 42–50.
- Strezov, V., Evans, A., & Evans, T. (2013). Defining sustainability indicators of iron and steel production. *Journal of Cleaner Production*, 51, 66–70.
- Takahashi, M., & Tsuboi, A. An analysis of the relationship between environmental investments and effects. In 22nd International Conference on Production Research.
- Talero, S. (2007). Razón, necesidad y utilidad de la contabilidad para la sostenibilidad. *Accounting & Tax*, 50, 155–176.
- Tongpool, R., Jirajariyavech, A., Yuvaniyama, C., & Mungcharoen, T. (2010). Analysis of steel production in Thailand: Environmental impacts and solutions. *Energy*, 35(10), 4192–4200.
- Vallance, S., Perkins, H. C., & Dixon, J. E. (2011). What is social sustainability? A clarification of concepts. *Geoforum*, 42(3), 342–348. doi:10.1016/j.geoforum.2011.01.002
- Veo Verde. (2013). Los 10 países más contaminantes del mundo. Retrieved April 19, 2015, from <https://www.veoverde.com/2013/06/los-10-paises-mas-contaminantes-del-mundo/>

Veoverde. (2013). Las 10 empresas más contaminantes del mundo. Retrieved April 19, 2015, from <https://www.veoverde.com/2013/10/las-10-empresas-mas-contaminantes-del-mundo/>

Wang Rojas, P. J. Visión de la manufactura según la economía verde. *Cegesti*, 188, 1-5

Wen, Z., Meng, F., & Chen, M. (2014). Estimates of the potential for energy conservation and CO<sub>2</sub> emissions mitigation based on Asian-Pacific Integrated Model (AIM): the case of the iron and steel industry in China. *Journal of Cleaner Production*, 65, 120–130.

Werner, A., & Lins, C. (2012). La inversión mundial en energías renovables aumentará a un récord de USD 257 billones. Retrieved from [http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/GSR2012\\_Press\\_Release\\_short\\_SPANISH.pdf](http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/GSR2012_Press_Release_short_SPANISH.pdf)

Wursthorn, S., Poganietz, W., & Schebek, L. (2011). Economic – environmental monitoring indicators for European countries: A disaggregated sector-based approach for monitoring eco-efficiency. *Ecological Economics*, 70(3), 487–496. doi:10.1016/j.ecolecon.2010.09.033

Yabar, H., Hara, K., & Uwasu, M. (2012). Comparative assessment of the co-evolution of environmental indicator systems in Japan and China. *Resources, Conservation and Recycling*, 61, 43–51.

Yellishetty, M., Ranjith, P. G., & Tharumarajah, a. (2010). Iron ore and steel production trends and material flows in the world: Is this really sustainable? *Resources, Conservation and Recycling*, 54(12), 1084–1094.

Zaragozá, D. E. (2008). El impacto ambiental de las actividades industriales: el cambio necesario.

Zhang, W., Wang, W., & Wang, S. (2014). Environmental performance evaluation of implementing EMS (ISO 14001) in the coating industry: case study of a Shanghai coating firm. *Journal of Cleaner Production*, 64, 205–217.

Ziout, A., Azab, A., Altarazi, S., & ElMaraghy, W. H. (2012). Multi-criteria decision support for sustainability assessment of manufacturing system reuse. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 59–69. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S175558171200082X>

## ANEXO A. Perfiles de los evaluadores

- **Brenda Nieto:** Ingeniera Ambiental y de Saneamiento egresada de la Universidad de la Paz, actualmente se encuentra realizando una Especialización en Salud Ocupacional en la Universidad Manuela Beltrán.

Desde el año 2009 inicio labores en el Centro Médico Carlos Ardila Lulle, haciendo parte del Grupo Ambiental de la **ANDI** en donde realizaba acompañamiento a los demás sectores productivos.

Actualmente labora en el Grupo TCC S.A. El cual cuenta con 5 unidades de Negocio como lo son Paquetería, Mensajería, Carga Masiva, Flotas dedicadas (**Transporte de Crudos**) y Operador Logístico para transporte marítimo y aéreo. Para la cual labora desde el año 2011 como Coordinadora HSEQ.

- **Mauricio Galván:** Ingeniero químico egresado de la Universidad Industrial de Santander en el año 2012, experiencia de alrededor de tres años en el sector ambiental, en el ejercicio de la autoridad ambiental en la CDMB y como consultor del sector industrial y de servicios a nivel nacional.
- **Luis Martínez Mendoza:** Coordinador de calidad del agua del departamento ambiental del Cerrejón que incluye el control de vertimientos de aguas residuales, el monitoreo de la calidad del agua tanto de los sistemas de tratamiento de aguas residuales como de los cuerpos de agua natural, en mina y Puerto. Todo esto con el objetivo de proteger el recurso hídrico. Tiene 30 años de experiencia laborando en esta compañía, de los cuales, 17 años los ha dedicado al tema de gestión ambiental.

**ANEXO B.** Formato de encuesta.

La encuesta enviada a los evaluadores se puede encontrar en el siguiente link:


<https://docs.google.com/forms/d/1zAMeroxjrEPwoZ581W5jUOXJ7RkBYqTNcScCYYsln1Q/viewform>

## ANEXO C. Aprobación de evaluadores.

Albania, La Guajira, 24 de Abril de 2015

### CERTIFICADO

Yo, LUIS MARTINEZ identificado con cédula de ciudadanía No. 8.751.925 de Soledad autorizo a KATHERINNE YULIETH TORRES RODRIGUEZ, identificada con cédula de ciudadanía No. 1.096.215.955 de Barrancabermeja, para referenciarme en el trabajo de investigación titulado "ESTADO DEL ARTE DE LOS INDICADORES USADOS PARA EVALUAR EL IMPACTO AMBIENTAL EN EMPRESAS DEL SECTOR PETROLERO Y SUS DERIVADOS, METALMECANICO Y ALIMENTOS" por mi participación en la solución del cuestionario de evaluación para la validación del grupo de indicadores seleccionados para medir el impacto ambiental en empresas del sector petrolero y sus derivados, metalmeccánico y alimentos.

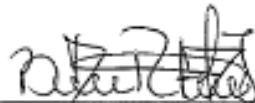
  
\_\_\_\_\_

C.C. 8.751.925

Bucaramanga, 18 de diciembre de 2014

**CERTIFICADO**

Yo, BRENDA ZORAIMA NIETO LINARES identificado con cédula de ciudadanía No. 1.098.629.757 de Bucaramanga autorizo a KATHERINNE YULIETH TORRES RODRIGUEZ, identificada con cédula de ciudadanía No. 1.096.215.955 de Barrancabermeja, para referenciarme en el trabajo de investigación titulado "ESTADO DEL ARTE DE LOS INDICADORES USADOS PARA EVALUAR EL IMPACTO AMBIENTAL EN EMPRESAS DEL SECTOR PETROLERO Y SUS DERIVADOS, METALMECANICO Y ALIMENTOS" por mi participación en la solución del cuestionario de evaluación para la validación del grupo de indicadores seleccionados para medir el impacto ambiental en empresas del sector petrolero y sus derivados, metalmecánico y alimentos.

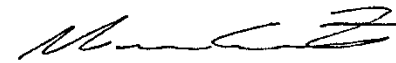


c.c. 1098629757 de Bña.

Bucaramanga, 18 de diciembre de 2014

**CERTIFICADO**

Yo, MAURICIO GALVÁN GÓMEZ identificado con cédula de ciudadanía No. 1.096.191.904 de Barrancabermeja autorizo a KATHERINNE YULIETH TORRES RODRIGUEZ, identificada con cédula de ciudadanía No. 1.096.215.955 de Barrancabermeja, para referenciar me en el trabajo de investigación titulado "Estado del arte de los indicadores usados para evaluar el impacto ambiental en empresas del sector petrolero y sus derivados, metalmecánico y alimentos" por mi participación en la solución del cuestionario de evaluación para la validación del grupo de indicadores seleccionados para medir el impacto ambiental en empresas del sector petrolero y sus derivados, metalmecánico y alimentos.



*C.C. 1.096.191.904 de B/Bermeja.*

ANEXO D. Artículo publicable. Archivo ubicado en el CD.

**Revisión de los indicadores usados para evaluar el impacto ambiental en empresas del sector petrolero y sus derivados, metalmecánico y alimentos.**  
**Review of the indicators used to assess the environmental impact of enterprises petroleum and its derivatives, metalworking and food.**

Eliana Peña, Msc. Ingeniería Industrial, Universidad Industrial de Santander  
Katherine Torres, Ingeniera Industrial, Universidad Industrial de Santander

*Resumen— Los cambios ambientales que están ocurriendo en la actualidad están llevando a los entes gubernamentales y a las organizaciones a preocuparse por el mal uso que le dan a los recursos. Uno de los sectores que más afecta al ambiente es el sector industrial, es por ello que las industrias manufactureras está buscando la forma de controlar estos recursos recurriendo al uso de indicadores. El impacto ambiental ha sido un tema importante a nivel mundial por la necesidad de tener los recursos suficientes para las siguientes generaciones. Pero hay países como Colombia lleno de riquezas naturales que no ejercen el control adecuado*

*[1] sobre estos recursos y los despilfarran sin ninguna medida.*

*Por esta razón, en la siguiente revisión se expondrá los 97 indicadores que fueron encontrados para la industria de alimentos, metalmecánico y del petróleo y sus derivados, y se clasificará de acuerdo al recurso agua, vertidos, emisiones, energía, residuo. En cuyo resultado se encontró que el recurso energía es el que más ha sido reportado, por la necesidad de eliminar y/o controlar el uso de energías fósiles.*

Palabras claves: Indicadores ambientales, Sector de Alimentos, Sector metalmecánica, Sector de Petróleo y sus derivados, Sostenibilidad.

*Abstract— Government agencies and organizations are being concerned about the environmental changes that are taking place currently due to the resources misuse. It is known that one of the main sources of environmental damage comes from the industrial sector, which is why manufacturing industries are looking for alternatives to control resources by indicators. The environmental impact has been a major worldwide worry because of the need to have sufficient resources for next generations. However, there are countries such as Colombia which has a wide range of natural richness, and yet they do not have a strong political control over natural resources [1] and tend to waste them with no measure.*

*Therefore, 97 indicators for the food industry, metallurgical and oil and its derivatives, which were found during research, will be discussed in the next revision, and classified according to resources such as water, emissions, energy, and waste. It has been found that the energy resource is the one that has been reported the most due to the need to eliminate and / or control the use of fossil fuels..*

Key words: Enviromental indicators, food sector, metallurgical sector, oil and its derivatives sector, sustainability..

#### INTRODUCTION

**L**A competitividad de las industrias a nivel mundial se ha acelerado debido a la

globalización, aumentando la exigencia en cuanto al volumen y la complejidad de los productos, generando retos a las industrias. Uno de estos retos es la identificación de métricas adecuadas para medir el impacto ambiental que generan los procesos industriales dentro de las organizaciones.

Este es un tema muy controvertido en este ámbito, debido a que el ambiente en general se está viendo afectado por el mal uso que le dan las industrias a los recursos usados en los procesos de manufactura. De ahí la importancia de identificar métricas que ayuden a las organizaciones a evaluar y controlar el impacto ambiental y de esta manera orientar los procesos hacia una producción limpia, generando un impacto positivo en la conciencia de las personas, organizaciones y de las futuras generaciones.

No obstante, es evidente su importancia frente a la sociedad y el interés que existe en abordar la temática. Actualmente, se reconoce revistas que tratan como tema principal la sostenibilidad creando rankings con el objetivo de incentivar a las empresas a crear ambiente sostenibles, como ejemplo nacional, encontramos la (Revista Semana, 2014), en donde María López la directora de semana Sostenible indica que los cambios que han tenido las 20 empresas más sostenibles las ha llevado a ser más competitivas, innovadoras y duraderas en el tiempo.

En el presente documento se desarrollará una búsqueda de indicadores que son usados en las industrias manufactureras específicamente, metalmecánico, petrolero y alimentos para medir el impacto ambiental del sistema productivo en las organizaciones de estos sectores. Dichos sectores fueron seleccionados a partir del reporte del DANE [2], en el cual se presentan como aquellos de mayor aporte económico al país y por su objeto social son los que generan mayor impacto ambiental según El Tiempo [3], [4] y la revista OCIO [5].

Posteriormente, se clasificará estos indicadores según el subsector y recurso a estudiar. Los recursos seleccionados fueron: agua, vertidos, emisiones, energía, materiales y residuos.

## METODOLOGÍA

Se tomará como referencia para la revisión

propuesta; una metodología para un estado del arte, el cual es una recolección de información sobre un tema de interés, que permite visualizar y reunir escritos de un tópico desde diferentes aspectos, autores, ciudades entre otros. Lo ideal de realizar un estado del arte es generar nuevos y futuros trabajos de investigación que permita ahondar en temas poco comunes y de esta manera eliminar todo déficit de información respecto a una temática y contribuir a la construcción de nuevos conocimientos en alguna disciplina a partir de material ya existente.

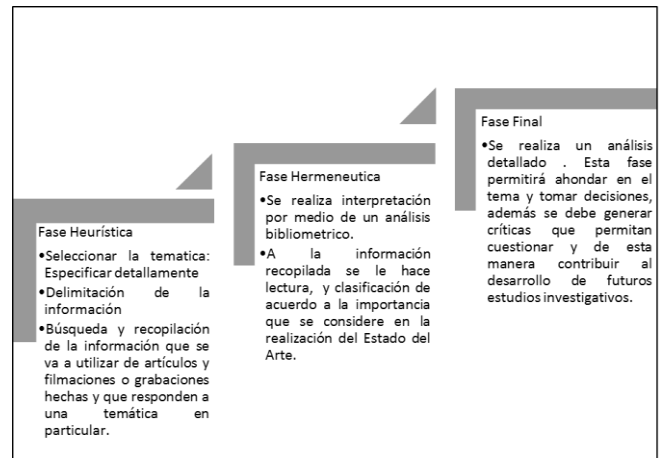


Figura 1. Proceso de Búsqueda. Estructura, contenido y análisis.

Messina [6] define el estado de arte como un mapa que nos permite continuar caminando, que en un comienzo no es más que información continua y contradictoria, pero que en últimas contribuye en la teoría y en la práctica de algo.

A continuación se hará una explicación de las fases que se usaron en la realización del estado del arte:

Para Molina, 2005, la realización del estado del arte se compone de tres fases. Ver figura 1.

Estas fases permitirán tener un análisis estructural y una secuencia lógica del estudio que se realizó y revisó en toda la literatura blanca e información gris. Por lo anterior, la revisión de la literatura se puede denotar de dos formas según Seuring & Müller [7]: Revisión de la literatura de forma deductiva e inductiva. La primera es cuando se selecciona todo el material antes de ser analizado y el método inductivo refiere a que la revisión de la literatura parte del material obtenido para llegar a una generalización. Para ambos casos debe tener una clara relación con

la teoría actual. Esta revisión se realizó bajo el método inductivo.

## FASE HEURISTICA

El siguiente artículo abordará temas referente al control ambiental y a la sostenibilidad ambiental que hay en los diferentes países del mundo y en las organizaciones en tres sectores específicos: petróleo y sus derivados, alimentos y metalmecánico.

Limitación de la información:

- La información seleccionada no debe tener más de 15 años de publicada.
- El idioma debe ser en inglés o español; los demás fueron excluidos de la búsqueda.
- Los buscadores usados para hacer la revisión fue Web of Science, Science Direct, ProQuest y Scopus.
- Se usaron palabras claves como Industria, Indicadores ambientales, Sostenibilidad, Sector de Alimentos, Sector de Petróleo y sus derivados, Sector metalmecánica, Producción sostenible, Medio Ambiente, Indicadores sostenibles, Manufactura, Sostenibilidad Ambiental Impacto ambiental, Producción limpia. Se ingresó al motor de búsqueda una combinación de tres de estas palabras. Arrojando un total de 845 artículos.

## FASE HERMENEUTICA

Análisis bibliometrico: Este paso se realizó para identificar aquellos artículos que aportaran de forma significativa a la realización del actual estado del arte y de esta manera acotar la cantidad de artículos a revisar. Para este análisis se usó un software para minería de datos como es VantagePoint.

Publicaciones por año:

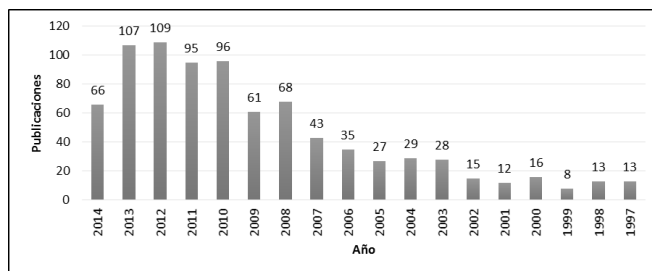


Figura 2. Publicaciones por año

La tendencia de esta temática va en aumento, dado que ha sido un tema importante para la sociedad en las últimas décadas. Para acotar la cantidad de artículos a revisar más detalladamente se escogió los 6 últimos años ya que es donde se presenta la mayor cantidad de artículos publicados y la información es actualizada.

El software elimino todos los artículos que se repetían, además, se acoto el año de publicación en la búsqueda arrojando una cantidad de 153 artículos en total para su posterior estudio.

Finalmente se hizo lectura de los artículos recopilados para pasar a la fase final.

## FASE FINAL

Más de 45 artículos fueron seleccionados para realizar el análisis detallado, en el cual se encontró un total de 96 indicadores diferentes (Tabla 1), relacionados con la sostenibilidad ambiental en el sector petrolero y sus derivados, metalmecánico y alimentos. Para una mejor lectura de los indicadores se clasifico en el recurso agua, energía, aire, residuos, materiales y en vertimientos. Esta revisión se realizó tanto en literatura blanca y literatura gris; esta última refiere a todas las publicaciones hechas por empresas y rankings que se encuentran en revistas o páginas web de entidades que aportan indicadores usados para controlar el medio ambiente como Dow Jones, Global 100, entre otras.

## SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

La sostenibilidad es un término que se ha ido incorporando en los últimos años en muchos niveles de la sociedad. La primera definición de este término se realizó en el año 1987 por la comisión de Medio Ambiente y Desarrollo, creada en la Asamblea de las

Naciones Unidas en 1983 como “ la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades. ” Este concepto ha sido referenciado en varios artículos, siendo esta la definición que mejor encierra el propósito de la sostenibilidad [8], [9], [10], [11], [12]. Actualmente la sostenibilidad no refiere solo a política y humano sino que este término ha comenzado a profundizar en términos ambientales, es decir, que el desarrollo social y económico debe ser sostenible para el medio ambiente [13]. Por esta razón surge la necesidad de mitigar o eliminar este daño que afecta a la economía y a la sociedad en sí misma por medio de la creación de controles en los procesos.

La sostenibilidad ambiental fue probablemente un término originado en 1992 por el BANCO MUNDIAL. [13], Este reporte genero numerosas acciones a nivel nacional e internacional, en donde, hace un llamado a los gobiernos, autoridades locales, negociadores, clientes a tener y adoptar estrategia que generen un desarrollo sostenible en las organizaciones. [14]

Las industrias siendo una de la economía más importante para ser humano no han sido ajenas a esta problemática, implementando medidas que permitan crear un desarrollo industrial más sostenible en lo económico, social y ambiental, dentro de sus esquemas estratégicos. [15]

Dentro de estos planes estratégicos la producción limpia surgió como una estrategia integral de prevención ambiental que se ha implementado en las organizaciones para mejorar la eficiencia de los recursos, minimizar los riesgos, reducir residuos y costos en las operaciones de una organización. [16]

En los últimos años (Fig. 2) se ha evidenciado la necesidad de profundizar en esta temática, debido al deterioro de la capa de ozono y disminución de los recursos. Por esta razón, no solo la academia ha hecho aportes, si no que las industrias también han aportado casos de éxito, logrado por tener una cultura sostenible dentro de sus organizaciones. Mostrando la forma como ejercen control sobre sus procesos. Estos controles se realizan por medio de métricas que permiten realizar un seguimiento a cada una de las actividades. Estas métricas son conocidas como indicadores.

## INDICADORES AMBIENTALES

Los indicadores se hacen necesarios para gestionar, ya que, lo que no se mide no se controla, y lo que no se controla no se administra [17]. Es por esta razón que el uso de indicadores es una herramienta relativamente nueva y cargada de grandes oportunidades de mejora para las organizaciones.

GS1 2004, [17] los considera como datos numéricos que evalúan el desempeño de un proceso clave para la organización, en donde se visualiza si las metas se cumplen de acuerdo a los objetivos trazados. Además proporcionan información sobre los efectos potenciales o realizados de las actividades humanas sobre algún fenómeno de interés. Los indicadores han tenido importancia en muchos eventos cotidianos y en los diferentes rankings del desarrollo social, económico y por supuesto ambiental.

Los indicadores se han convertido en una de las herramientas más eficientes que usan las organizaciones para medir y evaluar el rendimiento sostenible tanto interno como externo, debido a que su uso mejora la efectividad para gestionar los recursos. [15]

### *Criterios para seleccionar indicadores*

El problema ya no radica en la disposición de los datos, sino en la selección, interpretación y uso de indicadores.

Es importante establecer criterios que permitan identificar aquellos indicadores que aporten significativamente, mostrando resultados que permitan tomar decisiones para realizar mejoras en procesos, tareas y actividades dentro de la organización. Feng & Joung [9] han establecido algunos criterios para seleccionar indicadores:

- Medibles y de fácil lectura e información de fácil acceso.
- Relevante con aspectos significativamente útiles
- Comprensible para todas las personas que tengan acceso al indicador.
- La información debe ser confiables, fiable y precisa.

Dale et al., (2013) [8] propone 7 criterios para seleccionar indicadores sostenibles, de las cuales se

escogieron 4 criterios para aplicar en la revisión actual:

- Prácticos, fáciles, oportunos y costo efectivos para medir.
- Identifique y se anticipe a los cambios que sean inminentes y que pueden ser evitadas y gestionadas.
- Estimable, que la variabilidad sea conocida en la respuesta a los cambios.
- Suficiente cuando se consideran en conjunto (es decir, un conjunto de indicadores es cuando integra cambios socio-económica y ambientales).

Adicionalmente, la evaluación del desempeño ambiental tiene como objetivo principal cuantificar y comparar el consumo de recursos y la generación de contaminantes con respecto a ingresos, unidad de producto elaborado o la totalidad de los residuos consumidos.

En la actualidad, hay muchas entidades encargadas de estandarizar indicadores, entre estos encontramos Global Reporting Initiative (GRI), Global 100, Dow Jones, entre otras. Las organizaciones usan estas guías para hacer sus reportes sostenibles.

#### *Clasificación de indicadores*

A continuación se presenta la clasificación de los indicadores según el DANE [18] :

- Indicadores según intervención
  - Impacto: son aquellos indicadores que afectan directamente al tópico de estudio, en donde, sus consecuencias se evidencia a mediano y largo plazo.
  - Resultado: son indicadores que indican las consecuencias.
  - Producto: es el total de producto o servicio de calidad que se generan al implementar un proceso, actividad o programa
  - Proceso: Verifican el cumplimiento del proceso, actividades o programa para obtener un bien o servicio con respecto a recursos disponibles y asignados.
  - Insumo: identifica y valora los recursos disponibles y usados.
- Indicadores según jerarquía

- Gestión: también conocidos como indicadores internos cuya función principal es medir la relación entre los insumos y los procesos.
- Estratégicos: son aquellos que evalúan los productos, las consecuencias e impacto que generan en la sociedad.

Indicadores sostenibles según Gautam, R., & Singh, A. (2010):

- Gestión ambiental: suministra información de la influencia que tiene la administración con respecto al comportamiento medio ambiental.
- Condición ambiental: provee la información que relaciona de forma directa las operaciones de la organización con el medio ambiente. Por ejemplo, el efecto de las emisiones de una producción a las vías de agua cercanas a esta.
- Desempeño ambiental: se subdividen en indicadores operativos y de impactos. Los operativos indican la información del comportamiento ambiental en las operaciones, mientras que los de impacto proporcionan los resultados de las operaciones.

## **RESULTADOS**

Para el desarrollo de esta investigación se tuvo en cuenta los criterios de selección que fueron mencionados anteriormente y la fase hermenéutica y final que fueron mencionadas en el ítem B y C de la metodología del artículo actual.

Finalmente, se encontró que de los 94 indicadores que muestra la tabla 1, el recurso que más ha reportado indicadores ha sido el recurso energía (figura 3). Este recurso ha sido el más estudiado según la literatura revisada, debido, a que muchos sectores sociales e industriales, han reconocido que la energía juega un papel importante en el logro del desarrollo sostenible ya sea a nivel social, económico y ambiental.

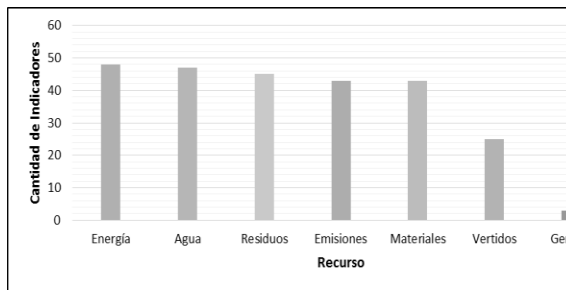


Figura 3. Cantidad de indicadores reportados por recurso.

Por otro lado, el sector de alimentos es uno de los sectores que más generan contaminación según el artículo el Tiempo [4], pero se observa que aunque es uno de los grandes generadores de contaminación es uno de los que más ha aportado indicadores de acuerdo a esta revisión (Figura 4). Indicando que hay un mayor interés por la industria de alimentos en controlar sus procesos, y su tendencia es llevarlas a ser más sostenibles en el tiempo.

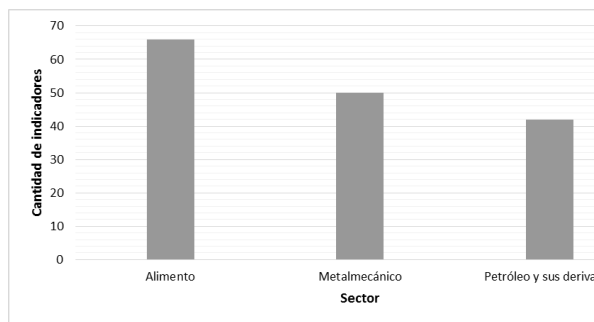


Figura 4. Cantidad de Indicadores por sector.

El indicador específico que más ha sido reportado según la tabla 1, pertenece al recurso energía y refiere la siguiente relación con su respectiva unidad:

$$\left( \frac{\text{Cantidad de energía consumida}}{\text{Unidad de producción}} \right) * 100$$

$$\left( \frac{\text{Unidad de Energía}}{\text{Unidad (peso, unidades) de producción}} \right)$$

Este indicador muestra que tanta energía está siendo consumida con respecto a la cantidad de producto final que la organización está produciendo ya sea en unidades o unidad de peso, identificando aquellos procesos dentro de la organización que

consume energía y de esta manera poder realizar los cambios respectivos que puede variar desde el uso de tecnología más limpia hasta hacer cambios en la materia prima utilizada.

## CONCLUSIÓN

Siendo la sostenibilidad un tema relativamente nuevo, se evidencio que no ha quedado publicado en papel, sino que ha ido cruzando las fronteras organizacionales. Su importancia ha llegado al punto de ser una ventaja competitiva y elemento diferenciador entre las empresas.

Para administrar una organización, proyecto y hasta un proceso, es necesario controlar, es por esta razón que las organizaciones han buscado herramientas que permitan hacer seguimiento a sus actividades y/o procesos, además, que permitan tomar decisiones sobre los impactos que puedan estar generando las mismas. Una de estas herramientas, es el uso de indicadores.

Revistas y organizaciones se han dedicado a reportar indicadores y en los 45 artículos estudiados, se encontraron 94 indicadores; en el cual se evidencio, que el recurso energía y el sector de alimento han sido los que mayor porcentaje de indicadores han aportado. Y por el contrario en el sector petrolero hay carencia de publicación de indicadores. Este sector aporta positivamente a la economía del país, luego la información que emiten es muy limitada. De los recursos estudiados; vertidos es el recurso que menos indicadores han publicado y es el sector petrolero el que más impacta este recurso.

## TRABAJOS FUTUROS

En la actualidad el planeta tierra está pidiendo a gritos un cambio en los esquemas mentales y organizacionales, en cuanto, al manejo ambiental que le dan las organizaciones y las personas a sus procesos y diario vivir, respectivamente. Por esta razón, es importante incentivar investigaciones que permitan controlar y cuidar el uso de los recursos naturales y de esta manera poder asegurar satisfacer las necesidades del presente sin comprometer los recursos del futuro.

AGUA						
N°	Indicador	Unidad	Petrolero	Alimento	Metalmecánico	Industrial
1	Cantidad de agua consumida/Unidad de producción	Unid Volumen/Unid de (masa,unidades) producción		[20], [21], [25], [26], [28], [30],	[22], [23], [29], [31], [12], [32], [33]	[14], [24], [27]
2	Cantidad de agua reutilizada/Unidad de producción	Unid Volumen/Unid de (masa,unidades) producción			[23]	
3	Cantidad de agua reutilizada/Total de agua usada	Porcentaje		[20], [28]		
4	Volumen total de agua reciclada y reutilizada	Unid de Volumen	[34]	[25]		[24]
5	Nº fuentes con reutilización/Nº fuentes de utilización de agua	Porcentaje			[22]	
6	Volumen de captación de agua	Unid de Volumen	[34]	[21]		[35], [27]
7	Ingresos / Cantidad de agua consumida	Unid monetaria/Unid Volumen				[36]
8	consumo por tipo de agua/consumo total	Unid Volumen/Unid Volumen				[27]
9	consumo de agua de un proceso específico /consumo total de agua	Unid Volumen/Unid Volumen				[27]
10	Margen Bruto / consumo promedio de agua	Unid monetaria/Unid Volumen	[37]			
11	Ventas Netas/ consumo promedio de agua	Unid monetaria/Unid Volumen	[37]			
12	Promedio de productos / consumo promedio de agua	Unid Masa/Unid Volumen	[37]			
13	consumo de agua(lo)-consumo de agua(If))/consumo de agua(lo)*100	Porcentaje			[31]	
14	Cantidad de agua tratada / Cantidad de agua estimada.	Unid Volumen/Unid Volumen	[38]			
15	consumo de agua/ valor monetario del producto	Unid Volumen/Unid monetaria			[32]	[14]

16	Volumen utilizado sin medidas adoptadas - Volumen utilizado con medidas adoptadas	Unid de Volumen			[22]	
17	Volumen utilizado sin reutilización - Volumen utilizado con reutilización	Unid de Volumen			[22]	[14]
18	costes por tipo de agua/consumo por tipo de agua	Unid monetaria/Unid Volumen				[15], [27]
19	costes de agua/costes totales de producción	Unid monetaria/Unid monetaria				[27]
<b>EMISIONES</b>						
<b>N°</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Petrolero</b>	<b>Alimento</b>	<b>Metalmecánico</b>	<b>Industrial</b>
20	Cantidad reducida de GEI	Unid de Peso	[34]			
21	Cantidad de GEI	Unid de Peso (CO2 eq)	[34], [40], [43], [42]	[25]	[41], [44]	[45]
22	Cantidad de emisiones indirectas de CO2	Unid de Peso (CO2 eq)	[34], [43]	[25]		
23	Cantidad de CO2 eq/Unidad de producción	Unid de Peso/ Unid de (masa,unidades) producción		[20], [28]	[23], [32]	
24	Cantidad de carga específica de emisiones/Unidad de producción	Unid Volumen/ Unid de (masa,unidades) producción	[40], [46]	[25]	[12], [29], [32], [47]	[27]
25	Cantidad de emisiones específicas	Unid de Peso	[34]			
26	(ICO2 - ICO2 Ref) / ICO2 Ref	%	[48]			
27	(ICO2 Eq Ref - ICO2 Eq) / ICO2-Eq Ref	%	[48]			

28	$I = 1/6 \sum A_i$ , $A_i = (C_i / S_i) \times 100$ I = Contaminación del aire índice A <sub>i</sub> = Contaminación del aire C <sub>i</sub> = Concentración de contaminación S <sub>i</sub> = Calidad del aire norma para la contaminación	%		[49]		
29	Emisiones de CO <sub>2</sub> eq / valor monetario del producto	Unid Peso/Unid Monetaria			[32]	[50]
30	Cantidad de emisión CO <sub>2</sub> / Consumo de energía	Unid Peso/Unid Energía		[51]	[41], [47]	
31	Cantidad de emisión CO <sub>2</sub> eq / Consumo de energía	Unid Peso/Unid Energía		[28]		
32	Emisión de CO <sub>2</sub> / Emisión de CO <sub>2</sub> eq	Unid de Peso/ Unid de Peso	[46]			
33	Costos Operacionales / Cantidad de emisiones de GEI	Unid monetaria/Unid Peso			[41]	
34	Emisión ambiental por unidad de actividad/ costo de la conservación ambiental	Unid Peso/Unid Monetaria				[52]
35	Ingresos/ Las emisiones de gases de efecto invernadero	Unid monetaria/Unid Peso				[36]
<b>ENERGÍA</b>						
N°	Indicador	Unidad	Petrolero	Alimento	Metalmecánico	Industrial
36	Cantidad de energía consumida/Unidad de producción	Unid Energía/Unid de (masa, unidades) producción	[46], [57]	[20], [21], [30], [23]	[12], [22], [32], [41], [53], [55], [58], [47]	[15], [35], [54], [56], [14]
37	Cantidad de energía consumida por fuentes/Unidad de producción	Unid Energía/Unid de (masa, unidades) producción	[40]	[21], [25], [28]	[31]	[26], [27], [14]
38	Ingresos / Cantidad de energía consumida	Unid Monetaria/Unid Energía				[36]

39	Cantidad de energía consumida por fuentes/Cantidad total de energía	Unid Energía/Unid Energía				[27]
40	Cantidad de energía de un proceso (producto)/Cantidad total de energía	Unid Energía/Unid Energía				[27]
41	Cantidad de energía consumida en un determinado periodo	Unid Energía/Unid Periodo	[34], [57]			[59]
42	(Consumo de energía-combustible (antes)-Consumo de energía- combustible (actual))/ Consumo de energía-combustible (antes)	Porcentaje			[31]	
43	Consumo de energía/ valor agregado del producto	Unid Energía/Und Monetaria			[32]	[14]
44	costes por fuente de energía/consumo por fuente de energía	Unid Monetaria/Unid Energía				[27]
45	total de costes energéticos/total de costes de producción	Unid Monetaria/Unid Monetaria				[27]
<b>GENERAL</b>						
<b>N°</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Petrolero</b>	<b>Alimento</b>	<b>Metalmecánico</b>	<b>Industrial</b>
46	Valor del producto o servicio/influencia del medio ambiente	Unid Monetaria/Cantidad del recurso		[28]		[60], [61]
<b>MATERIA PRIMA (MP)</b>						
<b>N°</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Petrolero</b>	<b>Alimento</b>	<b>Metalmecánico</b>	<b>Industrial</b>
47	Cantidad total de uso de MP/Unid Producción	Unid Peso/Unid de (masa,unidades) producción			[12]	[26], [33], [35]
48	(Materiales valorizados utilizados/ Materiales utilizados en total) x100	Unid Peso/Unid Peso		[25]		[24], [27], [35], [45], [59], [62], [14]
49	Cantidad de ingreso de MP/Unid Producción	Unid Peso/Unid de (masa,unidades)				[27], [14]

		producción				
50	Cantidad de embalaje/Unid Producción	Unid Peso/Unid de (masa,unidades) producción		[25], [28]		[27]
51	Cantidad de embalaje reutilizable/Cantidad de embalaje	Unid Peso/Unid Peso				[27]
52	Peso del material de empaque recuperado	Unid de Peso		[25]		
53	Margen Bruto/ consumo promedio de material	Unid Monetaria/Unid Peso	[37]			
54	Ventas Netas/ consumo promedio de material	Unid Monetaria/Unid Peso	[37]			
55	Cantidad de productos / consumo promedio de material	Unid Peso/Unid Peso	[37]			
56	Cantidad de material peligroso/Unid Producción	Unid Peso/Unid de (masa,unidades) producción			[31]	[14]
57	(consumo MP peligrosas(antes)-consumo de MP peligrosas(actual))/consumo de MP peligrosas(antes)	Porcentaje			[31]	
58	Cantidad en pesos de contratos realizados para la adquisición de materiales.	Unid Monetaria	[34]			
59	Cantidad de materiales renovable	Unid de Peso		[25]		
60	Cantidad de material para embalaje	Unid de Peso				[27]
61	Cantidad de material peligroso	Unid de Peso				[15], [27]
62	Cantidad de materiales alternativos más seguros para el medio ambiente	Unid de Peso		[20]		[45]
63	costes de embalaje/Unid Producción	Unid Monetaria/Unid de (masa,unidades) producción				[27]

64	Total de las materias primas utilizadas/el valor agregado de producción	Unid Peso/Unid monetaria				[14]
65	Consumo total de material	Unid de Peso				[24], [27], [59]
66	cantidad de productos con etiquetas medioambientales / cantidad total de productos	Unid de (masa,unidades) producción/ Unid de (masa,unidades) producción				[27]
67	cantidad de productos de materias primas ecológicas / cantidad total de productos	Unid de (masa,unidades) producción/ Unid de (masa,unidades) producción				[27]
68	cantidad de productos de materiales reciclables /cantidad total de productos	Unid de (masa,unidades) producción/ Unid de (masa,unidades) producción				[27]
<b>RESIDUOS</b>						
<b>N°</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Petrolero</b>	<b>Alimento</b>	<b>Metalmecánico</b>	<b>Industrial</b>
69	Peso de residuos generados/Unid Producción	Unid Peso/Unid de (masa, unidades) producción		[20], [25], [28]	[23], [31]	[26]
70	Cantidad de residuos generados	Unid de Peso	[34]	[20]		[59]
71	Cantidad según tipo de residuos generados	Unid de Peso	[34], [38]	[20]		[35]
72	Ingresos/ Cantidad de Residuos generados	Unid Monetaria/Unid de Peso				[36]
73	Cantidad según tipo de residuo/Unid Producción	Unid Peso/Unid de (masa, unidades) producción		[28], [23]	[12], [31]	[27]
74	Cantidad según tipo de residuo/cantidad total de residuos	Unid Peso/Unid Peso			[27], [31]	
75	Ingresos por venta de material reciclable	Unid Monetaria		[20]		
76	Inversión total/Cantidad de residuos	Unid Monetaria/Unid Peso		[63]		

77	Promedio de margen Bruto / Promedio de Residuos generados	Unid Monetaria/Unid Peso	[37]			
78	Promedio de venas netas / Promedio de Residuos generados	Unid Monetaria/Unid Peso	[37]			
79	Promedio de productos / Promedio de residuos generados	Unid Peso/Unid Peso	[37]			
80	(generación residuos (Inicial)- generación residuos(Final))/generación residuos (Inicial) * 100	Porcentaje			[31]	
81	(generación RESPEL(Inicial)- generación RESPEL(Final))/	Porcentaje			[31]	
82	%residuos aprovechados(actual)- %residuos aprovechados(antes)	Porcentaje			[31]	
83	ODR= 100* ((Indicador 1 - Indicador7)/Indicador 1)	Porcentaje		[28]		
84	Cantidad de desechos clasificados/Unid Producción	Unid Peso/Unid de (masa,unidades) producción		[21], [28]		
<b>VERTIDOS</b>						
<b>N°</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Petrolero</b>	<b>Alimento</b>	<b>Metalmecánico</b>	<b>Industrial</b>
85	Cantidad de agua residual/Unidad de producción	Unid Volumen/Unid de (masa (PT ó MP),unidad de producto)		[20], [21], [23]		[24], [26], [27], [33]
86	carga de contaminación (P, N, AOX,...)/Unidad de producción	Unid Masa/Unid de (masa (PT ó MP),unidad de producto)	[46]			[27]
87	carga de contaminación (P, N, AOX,...)/cantidad de aguas residuales	Unid Masa/Unid Volumen				[27], [33]
88	Cantidad de aguas residuales / Cantidad de agua consumida	Unid Volumen/Unid Volumen	[38]	[20]		
89	Cantidad de agua residuales	Unid de Volumen	[34]	[21]		[24], [27]
90	Cantidad total de aguas residuales no contaminadas	Unid de Volumen				[27]

91	Cantidad total de aguas residuales contaminadas	Unid de Volumen				[27]
92	Cantidad de contaminación	Unid de Masa				[27]
93	costes totales de residuos/costes totales de producción	Unid monetaria/Unid monetaria				[27]
94	Vertidos de petroleo/unidad vertida de agua	Unid Volumen/Unid Volumen	[46]			

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sanchez Pérez, G. (2002). Desarrollo y medio ambiente : una mirada a Colombia. Economía Y Desarrollo, 1(1), 79–98.
- [2] DANE. (2014). Informe de Industria. Retrieved from [www.mincit.gov.co/descargar.php?id=70644](http://www.mincit.gov.co/descargar.php?id=70644)
- [3] El Tiempo. (1990). Quién contamina más en las Industrias. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-524772>. Consultada: 30/03/2014
- [4] El Tiempo. (2014). Grandes industrias de alimentos contaminan más que la mayoría de países. Disponibe en: <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/grandes-industrias-de-alimentos-contaminan-mas-que-la-mayoria-de-paises-/14012117>. Consultada: 30/03/2014
- [5] OCIO. (2010). Las industrias que más contaminan. Ultimate Magazine. DI <http://www.ocio.net/estilo-de-vida/ecologismo/las-industrias-que-mas-contaminan/>. Consultada: 30/03/2014
- [6] Messina, G. (1999). Investigación acerca de la formación docente: un estado del arte en los noventa. Revista Iberoamericana de Educación Número 19 Formación Docente. Disponible en: <http://www.rieoei.org/oeivirt/rie19a04.htm>
- [7] Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. Journal of Cleaner Production, 16(15), 1699–1710.
- [8] Dale, V. H., Efrogmson, R. A., Kline, K. L., Langholtz, M. H., Leiby, P. N., Oladosu, G. A., ... Hilliard, M. R. (2013). Indicators for assessing socioeconomic

- sustainability of bioenergy systems: A short list of practical measures. *Ecological Indicators*, 26, 87–102.
- [9] Feng, S. C., & Joung, C. B. (2007). An Overview of a Proposed Measurement Infrastructure for Sustainable Manufacturing. National Institute of Standards and Technology.
- [10] Gutierrez, F., Cloquell, V., & Cloquell, V. (2012). Propuesta de un sistema de indicadores de sostenibilidad para áreas naturales con uso turístico, validado mediante consulta a terceros. *Turismo Y Sociedad*, XII, 55–83
- [11] Mori, K., & Christodoulou, A. (2012). Review of sustainability indices and indicators: Towards a new City Sustainability Index (CSI). *Environmental Impact Assessment Review*, 32(1), 94–106.
- [12] Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., & Dikshit, A. K. (2007). Development of composite sustainability performance index for steel industry. *Ecological Indicators*, 7(3), 565–588.
- [13] Moldan, B., Janoušková, S., & Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators*, 17, 4–13
- [14] Azapagic, A., Howard, A., Parfitt, A., Tallis, B., Duff, C., Hadfield, C., ... Elliot, S. (n.d.). THE SUSTAINABILITY METRICS. Sustainable Development Progress Metrics recommended for use in the Process Industries. IchemE.
- [15] Staniškis, J. K., & Arbačiauskas, V. (2009). Sustainability Performance Indicators for Industrial Enterprise Management. Institute Environmental Engineering, Kaunas University of Technology, Lithuania, 2(2), 42–50.
- [16] Khalili, N. R., Duecker, S., Ashton, W., & Chavez, F. (2014). From Cleaner Production to Sustainable Development: The Role of Academia. *Journal of Cleaner Production*, 1–14.
- [17] GS1. (2004). Medición indicadores de gestión logística.
- [18] DANE. (2012). Construcción e interpretación de indicadores e interpretación de indicadores: Estrategia para el Fortalecimiento.
- [19] Gautam, R., & Singh, A. (2010). Critical environmental indicators used to assess environmental performance of business. *Global Business and Management Research: An International Journal*, 2(2 & 3), 224–237.
- [20] Acercar industria. (2004). Unidad de Asistencia Técnica Ambiental

- para la pequeña y mediana empresa.
- [21] Argeñal, J., Porra, S., & Barahona, C. (2008). Indicadores de Desarrollo Sostenible de la Gestión Empresarial.
- [22] Campiña Alcores. Carta específica: sector metal mecánico indicadores ambientales.
- [23] Domenech Cots, J. R. (2008). Proyecto: construcción de la primera versión de indicadores ambientales para sectores industriales seleccionados en costa rica.
- [24] GRI. (2008). Tabla de Indicadores. Disponible en: <http://sostenibilidad.solmelia.com/GRI-table.html>
- [25] Grupo Nutresa. (2013). Informe anual y de sostenibilidad 2013. Disponible en: [http://informe2013.gruponutresa.com/pdf/Informe\\_Anual\\_y\\_de\\_sostenibilidad\\_2013.pdf](http://informe2013.gruponutresa.com/pdf/Informe_Anual_y_de_sostenibilidad_2013.pdf)
- [26] Guerrero Erazo, J., Fuentes Barrera, G., & Salazar Isaza, M. (2013). Evaluación del desempeño ambiental del sector Manufacturero del departamento de Risaralda. *Scientia et Technica* Año XVIII, 18(1), 253–259.
- [27] Larrañaga, E., & F.J., O. (1999). Guía de Indicadores Medio Ambientales para la empresa.
- [28] Maxime, D., Marcotte, M., & Arcand, Y. (2006). Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. *Journal of Cleaner Production*, 14(6-7), 636–648.
- [29] Ministerio de Protección Ambiental. (2010). A Green Credit Guide for China's Steel and Iron Industry.
- [30] O'Ryan, R., & Pereira, M. (2015). Participatory indicators of sustainability for the salmon industry: The case of Chile. *Marine Policy*, 51, 322–330.
- [31] Pedraza Poveda, G. (2010). Guía para la gestión y manejo Integral de residuos Industria Metalmeccánica.
- [32] Strezov, V., Evans, A., & Evans, T. (2013). Defining sustainability indicators of iron and steel production. *Journal of Cleaner Production*, 51, 66–70.
- [33] Zhang, W., Wang, W., & Wang, S. (2014). Environmental performance evaluation of implementing EMS (ISO 14001) in the coating industry: case study of a Shanghai coating firm. *Journal of Cleaner Production*, 64, 205–217.
- [34] Ecopetrol. (2013). Informe anual y de sostenibilidad 2013. Disponible en: [http://www.ecopetrol.com.co/documentos/ecopetrol\\_2013.pdf](http://www.ecopetrol.com.co/documentos/ecopetrol_2013.pdf)

- [35] Global Environmental Management Initiative. (1992). Measuring Environmental Performance: A primer and survey of metrics in Use. Disponible en: [http://www.gemi.org/resources/met\\_101.pdf](http://www.gemi.org/resources/met_101.pdf)
- [36] GLOBAL 100. Key Performance Indicators. 2014. Disponible en internet: <http://global100.org/key-performance-indicators/>
- [37] Charmondusit, K., & Keartpakpraek, K. (2011). Eco-efficiency evaluation of the petroleum and petrochemical group in the map Ta Phut Industrial Estate, Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 19(2-3), 241–252.
- [38] Ecopetrol. (2013). Anexo N° 14, plan de manejo ambiental. Disponible en: [http://www.ecopetrol.com.co/documentos/49071\\_Anexo\\_No.14\\_\(A\)\\_Plan\\_de\\_Manejo\\_Ambiental.pdf](http://www.ecopetrol.com.co/documentos/49071_Anexo_No.14_(A)_Plan_de_Manejo_Ambiental.pdf)
- [39] Staniškis, J. K., & Arbačiauskas, V. (2009). Sustainability Performance Indicators for Industrial Enterprise Management. *Institute Environmental Engineering, Kaunas University of Technology, Lithuania*, 2(2), 42–50.
- [40] Garg, A., Vishwanathan, S., & Avashia, V. (2013). Life cycle greenhouse gas emission assessment of major petroleum oil products for transport and household sectors in India. *Energy Policy*, 58, 38–48.
- [41] Gielen, D., & Moriguchi, Y. (2002). CO2 in the iron and steel industry: an analysis of Japanese emission reduction potentials. *Energy Policy*, 30(10), 849–863.
- [42] IPIECA, & API. (2010). Oil and gas industry guidance on voluntary sustainability reporting. Disponible en: [http://www.api.org/environment-health-and-safety/~/\\_media/Files/EHS/Environmental\\_Performance/voluntary\\_sustainability\\_reporting\\_guidance\\_2010.ashx](http://www.api.org/environment-health-and-safety/~/_media/Files/EHS/Environmental_Performance/voluntary_sustainability_reporting_guidance_2010.ashx)
- [43] RasGas. (2011). Sustainability Report 2011. Disponible en: [http://www.rasgas.com/Files/Ras\\_Gas\\_Sustainability\\_Report\\_2011.pdf](http://www.rasgas.com/Files/Ras_Gas_Sustainability_Report_2011.pdf)
- [44] Tongpool, R., Jirajariyavech, A., Yuvaniyama, C., & Mungcharoen, T. (2010). Analysis of steel production in Thailand: Environmental impacts and solutions. *Energy*, 35(10), 4192–4200.
- [45] Yabar, H., Hara, K., & Uwasu, M. (2012). Comparative assessment of the co-evolution of environmental indicator systems in Japan and China. *Resources, Conservation and Recycling*, 61, 43–51.

- [46] International Association of Oil & Gas Producers. (2011). Environmental performance indicators 2011 data.
- [47] Wen, Z., Meng, F., & Chen, M. (2014). Estimates of the potential for energy conservation and CO<sub>2</sub> emissions mitigation based on Asian-Pacific Integrated Model (AIM): the case of the iron and steel industry in China. *Journal of Cleaner Production*, 65, 120–130.
- [48] Nguyen, T.-V., Tock, L., Breuhaus, P., Maréchal, F., & Elmegaard, B. (2014). Oil and gas platforms with steam bottoming cycles: System integration and thermoenviromonic evaluation. *Applied Energy*, 131, 222–237.
- [49] Arvanitoyannis, I. S. (2008). Potential and Representatives for Application of Environmental Management System (EMS) to Food Industries. *Waste Management for the Food Industries* (pp. 3–38).
- [50] Qi, G. Y., Zeng, S. X., Shi, J. J., Meng, X. H., Lin, H., & Yang, Q. X. (2014). Revisiting the relationship between environmental and financial performance in Chinese industry. *Journal of Environmental Management*, 145, 349–56.
- [51] Federación Española de Industrias de la alimentación y bebida. Estudio de sostenibilidad en la industria de alimentación y bebidas.
- [52] Takahashi, M., & Tsuboi, A. (n.d.). An analysis of the relationship between environmental investments and effects. In 22nd International Conference on Production Research.
- [53] Arens, M., Worrell, E., & Schleich, J. (2012). Energy intensity development of the German iron and steel industry between 1991 and 2007. *Energy*, 45(1), 786–797.
- [54] Eichhammer, W., & Mannsbart, W. (1997). Industrial energy efficiency; Indicators for a European cross-country comparison of energy efficiency in the manufacturing industry. *Energy Policy*, 25, 759–772.
- [55] Hasanbeigi, A., Price, L., Chunxia, Z., Aden, N., Xiuping, L., & Fangqin, S. (2014). Comparison of iron and steel production energy use and energy intensity in China and the U.S. *Journal of Cleaner Production*, 65, 108–119.
- [56] Martínez, C. I. P. (2009). Energy efficiency developments in the manufacturing industries of Germany and Colombia, 1998–2005. *Energy for Sustainable Development*, 13(3), 189–201.
- [57] Perea Gaitan, J. M., & Botello Martínez, I. (2013). ARPEL Guideline Energy Indicators in the oil & Gas Industry.

- [58] Yellishetty, M., Ranjith, P. G., & Tharumarajah, a. (2010). Iron ore and steel production trends and material flows in the world: Is this really sustainable? *Resources, Conservation and Recycling*, 54(12), 1084–1094.
- [59] Azapagic, A., & Perdan, S. (2000). Indicators of sustainable development for industry: a general framework. *Trans IChemE*, 78, 243–261.
- [60] Evolution of Environmental Management Indicators for Eco-efficiency. In 22nd International Conference on Production Research.
- [61] Kruse, A., Butzer, S., & Steinhilper, R. Environmental assessment of variety-induced complexity in production systems. In 22nd International Conference on Production Research.
- [62] GRI. (2006). Indicator Protocols Set Environment (EN). Disponible en:  
<https://www.globalreporting.org/re-sourcelibrary/G3-Environment-Indicator-Protocols.pdf>
- [63] Ruggieri, L., Cadena, E., Martínez-Blanco, J., Gasol, C. M., Rieradevall, J., Gabarrell, X., ... Sánchez, A. (2009). Recovery of organic wastes in the Spanish wine industry. Technical, economic and environmental analyses of the composting process. *Journal of Cleaner Production*, 17(9), 830–838.