



## El nuevo rol del calcio propuesta de mejora en la producción de papel desde una perspectiva sustentable

Carlos David Estivens Rojas Ruiz

[Buc17152024@mail.udes.edu.co](mailto:Buc17152024@mail.udes.edu.co)

<https://orcid.org/0000-0003-2430-4909>

Jossie Esteban Garzón Baquero

[jgarzon67@unisalle.edu.co](mailto:jgarzon67@unisalle.edu.co)

<https://orcid.org/0000-0001-9470-7581>

Daniela Bellon Monsalve

[dan.bellon@mail.udes.edu.co](mailto:dan.bellon@mail.udes.edu.co)

<https://orcid.org/0000-0001-8374-108X>

Universidad de Santander, Facultad de Ingenierías y Tecnologías, Instituto de Investigación Xerira, Bucaramanga, Colombia

### RESUMEN

El agotamiento de los recursos naturales y la problemática medioambiental causada por el hiperconsumo, y por ende hiperproducción, han generado una amenaza sobre el ecosistema y sobre la disponibilidad de recursos para las siguientes generaciones, siendo necesario el desarrollo de nuevas tecnologías y procesos de transformación innovadores que logren mitigar en gran medida la afectación en el entorno y aportar no solo valor económico, sino también un equilibrio en la calidad de vida del sistema y las poblaciones.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo el proponer un diseño de transición adaptado a la industria papelera basado en los ideales de la sustentabilidad. Conforme a ello, la metodología usada se basó en la documentación y análisis, identificando elementos claves para la industria sustentable y para la producción de papel más limpio. Como resultado principal se presenta un diseño de cambio que evalúa previamente la idea de transición bajo los parámetros sustentables (ambiente, sociedad y economía) analizando la viabilidad de implementar reformas comparando los datos frente a la industria tradicional.

**Palabras clave:** sustentabilidad; cambio industrial; producción de papel; producción más limpia.

Correspondencia: [Buc17152024@mail.udes.edu.co](mailto:Buc17152024@mail.udes.edu.co)

Artículo recibido 12 octubre 2022 Aceptado para publicación: 12 noviembre 2022

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Rojas Ruiz, C. D. E., Garzón Baquero, J. E., & Monsalve, D. B. (2022). El nuevo rol del calcio propuesta de mejora en la producción de papel desde una perspectiva sustentable. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 3039-3063. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i6.3751](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3751)

## The new role of calcium proposal to improve paper production from a sustainable perspective

### ABSTRACT

The depletion of natural resources and the environmental problems caused by overconsumption, and therefore overproduction, have generated a threat to the ecosystem and the availability of resources for future generations, making it necessary to develop new technologies and innovative transformation processes that can greatly mitigate the impact on the environment and provide not only economic value, but also a balance in the quality of life of the system and populations. The objective of this research work is to propose a transition design adapted to the paper industry based on the ideals of sustainability. Accordingly, the methodology used was based on documentation and analysis, identifying key elements for the sustainable industry and to produce cleaner paper. As a main result, a change design is presented that previously evaluates the idea of transition under the sustainable parameters (environment, society, and economy) analyzing the feasibility of implementing reforms by comparing the data against the traditional industry.

**Keywords:** *sustainability; industrial change; paper production; cleaner production.*

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento en la industria papelera, ha hecho de los recursos naturales renovables como la madera un bien escaso, debido al tiempo requerido para que el ciclo sustente su incremento; por tal motivo, las empresas papeleras han generado un desequilibrio en los ciclos de agua y carbono, provocando así un proceso irreversible causando deforestación y deterioro del ambiente (Doldán & Chas, 2001). Esta industria posee más de dos mil, y pese a la digitalización y modernización, el consumo actual de papel resulta ser el más alto de la historia (Teschke, 2009). La industria extractivista de papel se encuentra en un punto paradójico, en la medida en que cumple con las regulaciones y promueve cultura de preservación, pero sus procesos de transformación no son óptimos, implicando desde gasto energético desmedido hasta la contaminación del entorno con químicos, sin olvidar la deforestación previa a los procesos (Doldán & Chas, 2001). Sumado a lo anterior, la baja formalización en el sector papelerero y su reciclado en Colombia generan un impacto negativo en el ambiente causado directamente por el poco desarrollo profesional y la poca inversión en infraestructura. En el país, la industria papelera aporta casi un 6 % en el PIB nacional, y posee un crecimiento en el consumo de 3 %; no obstante, en los últimos años la nación ha perdido cuota del mercado debido a la competencia en la región, el estancamiento en sí mismo se debe a la poca innovación e infraestructura (Julieth & Lean., 2020).

Por su parte, la deforestación en las últimas 3 décadas ha causado una pérdida cercana al 10 % del área boscosa del país, la contaminación hídrica y consumo de agua en los últimos años han sido puntos críticos sobre la industria en prácticas ambientales (García Romero, 2013). El deterioro de zonas boscosa reduce significativamente la calidad de vida, aumenta los problemas respiratorios y elevan la temperatura, por lo que en los últimos años diversos movimientos y organizaciones velan por su preservación (Mateus Guerrero, 2019). Cabe destacar que el blanqueamiento en la producción de papel es un proceso necesario, aplicado a cualquier materia prima para su elaboración, en este método se usan químicos altamente tóxicos que acidifican el agua, además, las prácticas inadecuadas y falencias en entes reguladores permiten que muchas veces el daño al ambiente sea más grande de lo reportado (Doldán & Chas, 2001). El gasto excesivo del recurso energético en los procesos de transformación en diversas industrias es exorbitante (Garzón & Bellon, 2021); las productoras de papel aprovechan sus residuos,

haciendo uso de la incineración buscando reducir la dependencia de electricidad, lo que diferentes problemas sociales y ambientales, por lo que se han generado políticas que se apoyen un crecimiento regulado basado en un pensamiento sostenible; sin embargo, algunas empresas no están en capacidad o mantienen poco liderazgo con sus prácticas (González, 2019). Por su parte, aunque la innovación tiene su participación en el sector con la mejora en la productividad y mitigación del impacto ambiental, se ve ralentizada por falta de recursos y visión en las grandes industrias, además de la resistencia al cambio y cultura, que hacen que sea difícil la implementación de nuevos métodos, impactando de manera negativa el ecosistema al no permitir la transición sustentable (Predassi, 2020).

Por otra parte, el hiperconsumo moderno es el gran promotor de la industria, lo que a su vez supe las necesidades a costa del futuro. Contaminación, desperdicios y uso excesivo de materias primas es el panorama actual de la industrialización, en gran medida causado por ineficientes sistemas de producción. Paralelamente, en el sector papelerero y de cartón, su polución se desarrolla con la tendencia, es decir, pese a trabajar con un material catalogado renovable, existen factores que logran una grave afectación en el medio, esto se da al clasificar la industria como intensiva en recursos y energía (Colom et al, 2001). Los análisis profundos indican que el ser humano no ha sido capaz de fortalecer su compromiso para salvaguardar su hábitat (Jackson, 2011); sin embargo, el desarrollo de nuevas tecnologías abre nuevas posibilidades al planeta, pero parte de la necesidad de afrontar la realidad de recursos finitos (Figueroa, 2016). El desafío por mantener el ambiente y lograr un desarrollo en la industria es el ideal, pero la realidad es un mundo industrializado tóxico en su entorno (Soledad, 2009).

La importancia del papel es innegable, reflejándose en la economía, pero el daño en el medio es irreversible, al punto que aunque Colombia es el segundo país con más diversidad vegetal, el extractivismo ha hecho que en los últimos 30 años se hayan destruido 5.4 millones de hectáreas, comparando se podría decir que se ha perdido un área boscosa del tamaño de Costa Rica (García Romero, 2013). En este sentido, se hace innegable la necesidad de desplegar modelos productivos de triple impacto encaminados a superar los desafíos actuales, los cuales deben estar respaldados de un desarrollo social e implementación de una cultura económica sana (economía circular) (Predassi, 2020). La importancia de generar alternativas en nuevos procedimientos y preservar el

ambiente es un reto necesario en el sector, de cumplirse lo anterior se podrían reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en el ambiente, mejorar la calidad del aire y lograr competitividad conllevando a un aumento en la calidad de vida de la población (Morales, 2017). Al mismo tiempo, la innovación presenta un papel importante en el desarrollo global del mundo, junto con la calidad y buenas prácticas fomentan las bases para los emprendimientos sostenibles (Garzón, 2014).

En este reto, la evolución de nuevas tecnologías, y el desarrollo sustentable como elemento central han abierto un camino de posibilidades que le permitirán al sector alinearse a los objetivos planteados por las naciones sobre desarrollo sostenible (Carranza & Consuelo, 2007). Para el caso específico de la industria papelera, el uso de carbonato de calcio en los procesos de blanqueo y como componente esencial podría brindar la transformación sustentable que el sector necesita, entre las ventajas competitivas se encuentra el menor costo de producción e impacto ambiental. Si bien esto implica una transición de procesos sustentables, representa un cambio significativo en los modos de producción, iniciando con la cultura organizacional, valores y visión, enfocados a la preservación de la integridad en el ambiente y sociedad, hasta la introducción de nuevos materiales, que, en el caso del carbonato de calcio, puede reducir la deforestación y uso excesivo de químicos los cuales afectan el ambiente de manera irreversible (Mateus Guerrero, 2019).

Los beneficios que posee este tipo de transformación representan inclusión, y participación del Estado (Bellon & Garzón, 2021). De manera exhaustiva diversos promotores y gobiernos han desarrollado planes de mejora y normativas que buscan ser efectivas en el ambiente; sin embargo la industria debe ser la encargada en primera instancia de realizar sus actividades de manera eficiente y sustentable (Lopez, 2017), promoviendo la creación de cultura como un pilar fundamental del sector industrial (Gámez, 2019). En este contexto, la presente investigación propone una forma de transición hacia procesos de fabricación sustentables en la industria papelera tradicional, mediante el uso de carbonato de calcio, para la reducción de las malas prácticas productivas actuales. Lo anterior se plantea considerando que el crecimiento de las empresas con ayuda de nuevas tecnologías y el uso de materiales revolucionarios representan una ventaja competitiva y avances que pueden cambiar la manera de hacer las cosas en el sector paplero (Cela & Ayala, 2018).

## **METODOLOGÍA**

Considerando los objetivos planteados en la investigación, se desarrolló una metodología cualitativa con enfoque de tipo descriptivo, ya que, según (Buelvas y Rodríguez, 2021) la investigación de tipo cualitativo propone el estudio del evento desde un diagnóstico, partiendo de la recolección documental con el fin de caracterizar y catalogar los resultados. De esta manera, este enfoque comprendió tres fases, una inicial con la agrupación de la información y la construcción de un contexto, la segunda, es la relación de los elementos generando precisión en el tema expuesto y la tercera su evaluación con el triple enfoque de la sustentabilidad. Igualmente, la investigación propone el diseño cualitativo a partir de conocimientos existentes, de este modo se pueden detallar pautas que sigue la investigación como lo son: la recolección y caracterización de información y la comparación constante entre autores, y procesos actuales de producción.

Con lo anterior, se abordan temáticas como la producción papel a partir de carbonato de calcio, la mejora en productividad y medio ambiente, para lograr la sinergia y comprensión entre los términos, los procesos y procedimientos, que permiten proponer la transición de producción tradicional de papel a una menos contaminante.

## **DISEÑO METODOLÓGICO**

### **Fase 1.**

Identificación procesos y bases teóricas: basado en el enfoque descriptivo, el estudio buscó exponer y conceptualizar las variables y procesos implicados en la producción tradicional de papel para la generación de un cambio en el actual modelo. De esta manera, se optó por la recolección de información a partir de búsquedas en repositorios institucionales priorizando trabajos doctorales; así mismo, se seleccionaron artículos de investigación que compartieran la misma temática. Además, mediante un estudio detallado de sucesos y casos, se desarrolló la transición de los procesos papeleros tradicionales al basado en carbonato de calcio.

### **Fase 2.**

Análisis de propuesta: partiendo de la primera fase, se desarrolló el análisis fundamentado en la sustentabilidad y su triple enfoque, para de esta manera identificar la importancia del uso de carbonato de calcio, detallar las ventajas y oportunidades que

representa el cambio en los procesos, y explicar finalmente la transición sustentable en la industria papelera.

### **Fase 3.**

Evaluación desde el triple enfoque: partiendo de la propuesta, se desarrolla una evaluación cualitativa desde cada uno de los enfoques de la sustentabilidad, a saber, ambiental, social y económico. Lo anterior, permite una comprensión más amplia de las ventajas adicionales que conlleva la transición de procesos contaminantes a procesos sustentables, en la industria papelera.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La discusión y los resultados se presentan de conformidad con las tres fases propuestas dentro del diseño metodológico; en este sentido se inicia con el desarrollo de bases teóricas en la transición sustentable que ofrecen el panorama actual de los procesos productivos de la industria papelera, posteriormente se plantea el análisis de propuesta de transición sustentable mediante el uso del carbonato de calcio como elemento diferenciador y de menor impacto ambiental, y finalmente se presenta la evaluación cualitativa de la transición en mención bajo el análisis continuo del triple impacto (ambiental, social y económico), a través de una serie de elementos que permitan alinearse a la sustentabilidad del sector.

Para la transformación de los procesos productivos de papel tradicional a una opción más sustentable es necesario el pertinente estudio que identifique las características más diferenciadoras que componen la “producción de papel”, “transición de procesos” y “carbonato de calcio”, funcionando como el marco que permite diseñar la nueva propuesta reducir el impacto ambiental y social que se identifican en los procesos actuales.

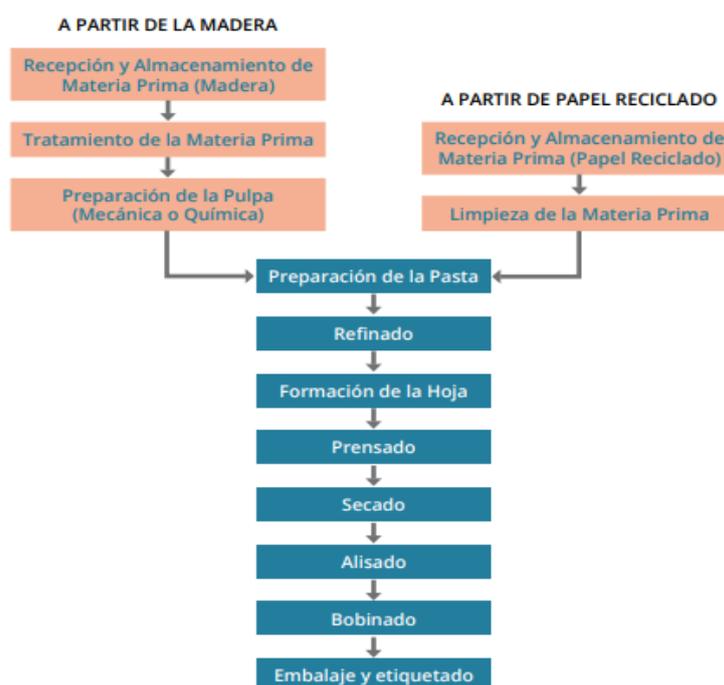
### **Producción de Papel**

El papel es un producto indispensable para la humanidad teniendo una infinidad de oportunidades que satisfacen las necesidades. Siendo el papel un producto de origen vegetal, comprende ciclos de manejo limitando su capacidad de reciclado hasta el séptimo uso, lo que genera la dependencia de materias primas como lo es madera recién

talada. Las regulaciones sobre la tala de árboles han mejorado con el paso de los años, sin embargo, dada la gran demanda sobre los productos madereros se requiere de mucha más madera de la que pueden ofrecer las plantaciones reforestadas para este uso (Cadena, 2008). Así mismo en el estudio realizado por (MINEM, 2018) el proceso productivo de papel busca la transformación de las fibras vegetales organizando la estructura de la celulosa mediante el encadenamiento de interfibrilares en búsqueda de la textura óptima para su utilidad, por medio de puentes de hidrógeno se ha desarrollado que las características sobre el papel puedan no solo ser usadas como medio de escritura, logrando derivarse en productos de uso de higiene personal.

En el análisis de sostenibilidad realizado por Asopapel 2018, concreta la producción de papel como un proceso circular al reutilizar y aprovechar los desperdicios de la producción reduciendo la contaminación y aumentando su beneficio económico; así mismo se identifica el sector en una corriente de bioeconomía al incentivar el valor de los productos renovables. Dividiendo la elaboración, el papel desde su extracción hasta la recolección final transcurre por cuatro etapas, la primera la obtención de materias ya sean vírgenes o recicladas, continuando con los procesos de transformación, siguiendo a la terminación y uso del producto para finalizar en la recolección que precisa la eliminación o reciclado correspondiendo a las capacidades de la planta de producción, dando uso consumado del desperdicio por medio de la incineración o expulsando los desechos a través de servicios de aseo.

De la misma manera, en el proceso productivo de papel existen diversos métodos para su transformación, separando papeles de cartón y a su vez de productos para uso sanitario, lo que implica una diversidad de una industria con requerimientos diferentes entre sí. No obstante, centrados en los rollos fabricados por celulosa para la producción de papel tipo impresión o corriente, estos funcionan como ejemplificante sobre la inmensidad en esta industria. La Figura 1 detalla los procesos que requiere el papel para su transformación partiendo de las diversas materias primas que pueden ser utilizadas para consiguiente hacer uso de tratamientos que logren llevar el material a condiciones óptimas de consumo (MINEM, 2018).

**Figura 1.** Procesos para la producción de papel

**Nota:** tomado de (MINEM, 2018)

Los procesos de producción de papel se componen principalmente de las fibras celulósicas, siendo estas un 95 % de la constitución total del producto sumado a un compuesto por fibras como algodón o lino reciclado para la cohesión de la pasta necesaria en la fabricación; no obstante se requieren diversos procesos físicos, mecánicos o químicos para llevar el material a la estructura, color y propiedades óptimas para su uso, identificando de manera natural la obtención de dos sustancias como lo son la celulosa (conformando la mayor parte de la fibra encontrada en los árboles) y lignina (conforma cerca de un 25 % de todo el material biológico encontrado en los árboles). Esto genera que las plantas de producción realicen un proceso diferente, ya sea en blanqueamiento de las fibras o la homogenización mediante procesos químicos para la mejora de las propiedades.

Tomando en cuenta la historia de la producción de papel y su origen asiático en los siglos I y II con la obtención de diversas fibras vegetales, se hizo uso de la conjunción de diversos materiales para el blanqueamiento del material buscando que las características sobre el producto obtenido pudiese brindar la mayor satisfacción, la adición de cal y la posterior participación del cloro marcaron de manera significativa la fabricación, recalando este último como un contaminante de las fuentes hídricas y de gran peligrosidad para el

humano (Santamarta, 2000). Información que no sería relevada hasta la industrialización de los siglos XIX y XX, con la introducción de procesos en serie que reducían la dependencia humana en trabajos poco cualificados y tóxicos.

Similarmente, se puede analizar la evolución de la producción de papel a través del tiempo sobre los procesos artesanales hasta la aparición de los procesos industriales mediante maquinaria en los siglos XVII y XIX, identificando el creciente uso sobre los diversos derivados necesarios para otras industrias, acompañado de la innovación la fabricación de papel se ha caracterizado por hacer uso de diversos procesos que mejoran las propiedades y reducen los costos de producción (De los Reyes, 2018), llegando a las actualidad con métodos tales como: obtención de pasta por medio mecánico, termo mecánico, al sulfato, al sulfito y papel reciclado, teniendo características diferentes sobre el tratamiento y la complejidad para llevar la materia prima a su estado óptimo (Teschke, 2009). Con ello es necesario tener en cuenta las capacidades de las plantas productoras para la adaptación a procesos más complejos pero menos contaminantes, generando compromiso necesario que permita a la industria ser menos invasiva en el medio.

Con lo anterior, se hace indispensable caracterizar los procesos de extracción identificando las diferencias, oportunidades y cualidades que presentan para la elaboración de papel; hallando que la pasta producida por tratamientos mecánicos si bien produce en mayor proporción materia prima para el uso, la calidad de esta decae con respecto a los demás procesos al considerar que constan de un triturado rompiendo las fibras de celulosa y lignina dando como resultado papel más endeble y frágil; así mismo su uso prima en productos que presentan grandes consumos como papel para periódicos o facturas (Greenpeace México, 2010).

Por su parte, los procesos termo-mecánicos presentan mayor resistencia que los mecánicos; sin embargo, su color no se considera de uso para la escritura. Los tratamientos térmicos permite que las fibras se liberen sin llegar a romperse, generando una pasta tratada por calor y presión, en pro de mantener los enlaces necesarios para la textura del material, siendo esta empleada principalmente para la fabricación de bolsas dada su rigidez y consistencia (Navarro et al., 2007). De la misma forma, las fibras obtenidas por medio de los procesos al sulfato conforman mayor rigidez en comparación con los demás procesos, logrando la denominación de Kraft. Esta se caracteriza por emplear soda caustica y a su vez un blanqueador para la preparación logrando cambiar

la estructura de la materia prima a las necesidades que se requieran; no obstante, la concentración de químicos y la acidificación del agua conduce a ser un proceso altamente dependiente del cumplimiento de regulaciones ambientales (Rodríguez, 2015). Algo semejante ocurre con los procesos al sulfito, haciendo uso de dióxido de azufre y bisulfitos, la lignina se desprende de la celulosa y por medio de los procesos de hidrólisis se separan, buscando el material óptimo sin perder propiedades. Si bien los procesos tardan cerca del doble de tiempo en tratar la madera, presenta residuos menos volátiles y contaminantes por lo que se utilizan principalmente para productos tales como papel de escritura e impresión aprovechando su pre-blanqueo en los procesos anteriormente mencionados (Da Fonseca, 2016). Con lo anterior, se puede inferir que los procesos de producción de papel van guiados por las necesidades del sector y el modelo de negocio que éste pretende cumplir; así mismo se identifica que las diferencias entre los procesos radican principalmente en los costos asociados a la producción, los costos energéticos y los químicos de su responsabilidad y cumplimiento del tratamiento de los residuos contaminantes.

Como se ha mencionado antes, existen diversos métodos para la generación de pasta de papel, con ello la reutilización presenta en la actualidad un gran avance siendo posible reciclar la celulosa hasta un séptimo uso, sin olvidar que puede ser utilizado para otras industrias como la construcción como aislantes o complementos, así entonces, la fabricación consta del triturado y la licuefacción de las fibras obtenidas buscando un lodo que permita ser tratado con cloro, cal u peróxido de hidrógeno para mantener las propiedades y generar un blanqueo. Si bien esto disminuye la resistencia del material cumple con los estándares de calidad y se le da un valor agregado al enfatizar en la importancia que presenta el reciclado para la economía actual (Teschke, 2009).

Los procesos de transformación de papel incluyen: preparación de la pasta, prensado (conformación de la hoja), secado, estucado, sanforizado, acabado, enrollado y cortado, embalaje y control. Sin embargo, es necesario recalcar el gasto energético de la industria, un análisis realizado por (Tarbola, 2011) identifica un consumo superior a los 90.000 kW-h/mes siendo superior a otras industrias, lo que lo hace un gran dependiente de la energía.

No obstante, este consumo se reduce al hacer partícipe de desperdicios para incineración aprovechando su potencia calorífica para la autogeneración eléctrica reduciendo los costos de producción; y aunque esto contribuye a el aumento de la polución, se han desarrollado filtros que reducen el impacto en el ambiente (Poletto & Da Silva, 2009). Así mismo, se debe tomar en cuenta el consumo de agua, identificando que para la producción de una hoja de papel se pueden llegar a requerir hasta diez litros de agua para que el producto llegue a su forma óptima para la venta, generando así una grave afectación de fuentes hídricas, debido a su vez a las regulaciones de eliminación de desprecios y reingreso del el líquido a su origen (Arreguín et al., 2007).

En síntesis, los procesos de transformación para la producción de papel requieren la adecuación necesaria y el estudio previo evitando así afectaciones al ecosistema, a su vez, es una industria altamente demandante por lo que se hace necesaria la presencia de regulaciones que permitan la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías en pro de mejorar las condiciones actuales, es necesario recalcar el consumo actual sobre los productos papeleros por lo que el cambio es relevante frente a los recursos actuales. Así mismo, se puede relacionar los procesos de transformación como un ejemplo más de la industrialización, hallando en la producción de papel un ejemplo sobre innovación y cambios en el tiempo que han permitido el desarrollo de mejores prácticas en la industria.

### **Transición de Procesos**

Comprendiendo la necesidad de transformación de la industria se hace indispensable construir el concepto sobre la transición de procesos, identificando que el mundo globalizado arrincona a los procesos arcaicos en búsqueda de mejoras, optimización de los recursos, incremento de beneficios, innovación, desarrollo y cambios en las tendencias como los principales factores que inciden en el concepto (Fagerberg et al., 2018). De forma similar, la transición representa el cambio sobre las acciones actuales hacia una alternativa guiada por la demanda o la mejora incremental del sistema. Tomando a (Estrada, 2013) en su estudio sobre el cambio energético, alude al proceso de transición como una situación que introduce la consciencia colectiva sobre la necesidad de mejora en los problemas actuales, de igual manera, se genera mediante planes que permiten la adaptación y la acogida de la industria logrando con ello el equilibrio en el entorno.

Los procesos de cambio industriales van ligados a la capacidad de gestión por parte de las empresas (Gámez & Garzón, 2013). Según (Ramiro, 2016) la estrategia organizacional es el principal eje para la realización de las mejoras en las empresas; no obstante, los procesos que generan transformaciones se ven frenados por diversos factores que el desarrollo, como la falta de compromiso y la resistencia al cambio.

La transición de procesos va ligado directamente a los cambios de fabricación dados por la modernización en la transformación, lo que para (Rainer, 1993) es un ciclo, identificando patrones en las diversas revoluciones industriales y cambios importantes dentro de las empresas, evitando ser desplazados y rezagados en la economía.

Así entonces, la adaptabilidad toma un papel diferenciador al articular la estrategia empresarial a los cambios del mercado. Según (Díaz et al., 2018) las organizaciones deben ir de la mano de nuevos planes de mejora agregando valor interno tal como la capacitación del talento humano y la optimización de tiempos, buscando ser vanguardia en su propio ámbito. Con lo anterior se logra la diferenciación sobre la competencia y se ratifica la necesidad sobre transitar a un cambio que potencialice las oportunidades de las empresas. Igualmente, para (Zapata & Martínez, 2011) las compañías se enfrentan principalmente a tres variables de cambio ya sea por recursos, cambios sociales o tendencias, lo que determina la necesidad de actualizar los procesos implicando cierto grado de incapacidad dada la velocidad de los cambios.

No obstante, para (García et al., 2011) se precisa al personal interno como una de las principales adversidades para las empresas, aludiendo a que los objetivos de las organizaciones con respecto al trabajo deben estar alineados en búsqueda de un equilibrio. Con esta armonía coexiste la idea de transición de procesos permitiendo a las empresas alcanzar su potencial y ser competitivas. Así mismo, (Carro et al., 2017) relaciona la cultura organizacional y el esfuerzo de las empresas en este entorno como el medio de interacción entre los cambios internos y las necesidades externas del mercado, comprendiendo un potencial diferenciador de éxito para las organizaciones. Igualmente, (Hidalgo, 2015) comprende los procesos de transición como un desarrollo de acciones sistémicas que deben ser adaptadas por los responsables y entendidas por todos dentro de la organización, logrando que no se genere un conflicto de interés permitiendo de este modo la adecuación de estrategias diferenciadoras; como ejemplo el autor hace énfasis en las empresas en su factor ético para el desarrollo interno y la mejora en las

oportunidades. La Figura 2 caracteriza la transición entre los procesos sostenibles con los relacionados a la ecología industrial, así mismo detalla el marco en el que deben interactuar las organizaciones para comprender los procesos de cambio o transición.

**Figura 2.** Relación entre transición y ecología industrial, como ejemplo de cambio



**Nota:** tomado del trabajo realizado por (Hidalgo, 2015)

Paralelamente, el diseño metodológico dentro de los procesos de transición se cataloga como una herramienta que logra la adaptación de nuevas tecnologías y la modernización. Según (For *et al.*, 2017) la articulación de la gerencia dentro de las empresas mediante el diseño facilita el desarrollo de estrategias integrales permitiendo un resultado óptimo sobre lo propuesto. A su vez, para (M. E. López *et al.*, 2013) las falencias dentro de las organizaciones halladas por la gerencia en el diseño estratégico toma un papel crucial, funcionando como indicador para lograr un cambio eficiente y armónico dando como resultado la generación de cultura corporativa que sea inclusiva con los diferentes eslabones de la empresa y desarrolle las capacidades sin afectar la aptitud de los involucrados.

De modo identífico, la transición de procesos puede ser tomado en el marco de cambio organizacional, relacionando las perturbaciones entre un modelo estático a uno de alteraciones que se relaciona con los factores externos e internos en búsqueda de satisfacer demandas ya sean del mercado u propias (García *et al.*, 2009). Igualmente, una transición se caracteriza como un proceso evolutivo y de supervivencia que se enfrenta a las existentes variables que perturban el estado deseado, por lo que dentro de las organizaciones deben adoptar planes guiados a su cultura y capacidades minimizando la perturbación logrando el éxito de las metas propuestas (Gámez & Esteban, 2016).

Finalizando, la transición de procesos para la investigación se toma en el marco de cambio constante, definiendo el concepto como una compleja transformación que requiere un enfoque multidisciplinario integrando el estudio sobre los recursos humanos y materiales para la implementación de planes, buscando la minimización de conflictos entre intereses y generando un desarrollo horizontal que permita aumentar el valor interno y competitividad. A su vez, se precisa la unión de los objetivos individuales y corporativos en pro de que los cambios no afecten a las partes involucradas dentro de las organizaciones.

### **Carbonato de Calcio**

El  $\text{CaCO}_3$  también llamado carbonato cálcico o solo carbonato de calcio, es un mineral de gran concentración en las piedras caliza, organismos vegetales marinos, conchas de moluscos y cascaras de huevos, con diversos fines en la agricultura, construcción y diversas industrias, siendo un componente importante para la transformación de múltiples productos (Hernández et al., 2014). El carbonato de calcio comprende un proceso natural de degradación generando con ello un ciclo, con lo anterior es necesario identificar que el material no forma parte de los recursos renovables; sin embargo, su alta concentración en la corteza terrestre y su poca contaminación en los procesos de extracción hacen de este un material de mucha utilidad para reducir los impactos ambientales (Nichols, 1999). Así mismo, según el estudio realizado por (Hernández et al., 2014) identifica al material como un polvo blanco, inodoro e incoloro, soluble en ácidos encontrado en minas de explotación de sedimentos junto a otros minerales no metálicos. Se puede señalar, en el trabajo realizado por (Tobón, 2004) la relación del carbonato de calcio como un relleno en la industria, formando parte esencial para la transformación de productos y la mejora en las propiedades dado el bajo costo y disponibilidad del recursos. A su vez, prolifera la necesidad constante por utilizar nuevos materiales que permitan dar solución a los problemas existentes en la industria. Cabe destacar, la facilidad para separar el material de los sedimentos permite el aprovechamiento y la reducción significativa de recursos para su extracción con respecto a otros minerales, generando una ventaja competitiva y desarrollando la dependencia industrial.

En este orden de ideas, el carbonato carbónico dentro de la industria y como relleno se caracteriza por brindar acabados blanquecinos permitiendo reducir los costos no solo en la construcción, sino también en una gran cantidad de industrias como lo es en la

producción de papel, en esta última adicionándose al proceso de blanqueamiento y recubrimiento, llevando el material a su forma óptima para la venta. Similarmente, la industria farmacéutica ha hecho uso del recurso adicionando a varios medicamentos su uso al poseer la particularidad de ser inerte, lo que permite la introducción al organismo sin causar complicación (Vaca et al., 2012).

Paralelamente a la obtención natural de  $\text{CaCO}_3$  se evidencia la creciente inversión en alternativas en la búsqueda de optimizar la cadena de suministros al detallar que los yacimientos tienden a estar lejanos a los sitios de producción, para (Paz et al., 2005) la obtención de carbonato de calcio de los residuos arrastrados por las corrientes como lo son corales y conchas presentan una alta proporción de este material, hallando un mercado por explotar permitiendo a la industria reducir aún más sus costos de comercialización y brindando apoyo para las áreas costeras en reducir su dependencia de otras regiones con respecto a la obtención del recurso. Similarmente, en la industria avícola se estudia la oportunidad para la recolección de carbonato cálcico, tomando en cuenta que los cascarones después de su ruptura contienen entre cinco a seis gramos del material de usarlo a gran escala permite la integración del material como fuente de ingreso extra en la industria avícola apoyado del ideal sobre economía circular y su importancia para mejorar los ambientes económicos (Vera & Hidalgo, 2019).

En síntesis, el carbonato de calcio dentro de la investigación halla una gran demanda y variados usos industriales, con grandes oportunidades frente a la producción de papel para la mejora de las propiedades y la reducción de contaminación que se presenta en la industria tradicional. Cabe destacar, las propiedades tales como aislantes, porosidad y su distribución dentro de desperdicios, como lo es la cascara de huevo, representa coyuntura frente un proceso de economía circular generando valor en los residuos industriales fomentando el desarrollo y culturización de la sociedad.

#### **Análisis de la propuesta de transformación desde la sustentabilidad**

Como parte de la propuesta de transformación sustentable de la industria papelera tradicional, se presenta en la Figura 3 las principales diferencias existentes entre los nuevos modelos de producción sustentables frente a los tradicionales, haciendo énfasis en la necesidad de humanizar el impacto que se genera dado el sobre consumo y la inconciencia de los sistemas actuales.

**Figura 3.** Principales diferencias entre el sistema productivo actual y sustentable

Convencional	Sustentable
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Ganancia privada individual	<input type="checkbox"/> Ganancia social colectiva
<input type="checkbox"/> Valor de cambio	<input type="checkbox"/> Valor de uso
<input type="checkbox"/> Uso <b>único</b> del agroecosistema	<input type="checkbox"/> Uso <b>múltiple</b> del agroecosistema
<input type="checkbox"/> Producción máxima	<input type="checkbox"/> Consumo necesario
<input type="checkbox"/> Enfoque antropo-mercado-céntrico	<input type="checkbox"/> Enfoque Eco - Bio céntrico
<input type="checkbox"/> La naturaleza es mercantilizada	<input type="checkbox"/> La naturaleza es respetada
<input type="checkbox"/> Desnaturaliza la sociedad	<input type="checkbox"/> Naturaliza la sociedad
<input type="checkbox"/> Atomística: separa las cosas	<input type="checkbox"/> Holística: todo está entre lazado

**Nota:** adaptado del trabajo realizado por (R. Martínez & Martínez, 2016)

Si bien los procesos de producción de papel a través del tiempo se han mantenido igual, estos solo han sido regulados en las últimas décadas, y es solo recientemente que se empiezan a visualizar en el mercado alternativas que permiten proteger al ambiente y reducir los diversos problemas que se producen por la producción de papel. Con esto en mente, la fabricación de papel piedra requiere de un análisis sobre el entorno que permita de manera clara identificar en el diseño sustentable previo la importancia, desventajas, ventajas, riesgos y oportunidades que presentan nuevos métodos de producción.

#### **Análisis ambiental**

El caso de papel piedra dentro de la industria papelera puede funcionar para para la mejora en el medio como alternativa para el consumo de recursos naturales como lo son el agua, energía, químicos y madera. Si bien los procesos tradicionales cuentan con metodologías de reciclaje y reutilización, éstas son dependientes del adecuamiento para el consumo; así entonces se determina la contaminación de fuentes hídricas por el uso de grandes cantidades de agua en el blanqueamiento y preparación de la pasta necesaria para la elaboración.

Caso contrario a la alternativa de usar carbonato de calcio como principal materia prima, habiendo casos empresariales que hacen uso de desperdicios industriales, se determina

como un valor agregado el uso de desperdicios en pro de dar solución de los residuos de otras industrias generando nuevos productos.

Con respecto al ciclo de vida del papel piedra, se puede hallar que al hacer uso de minerales y en menor medida plásticos (recuperables y/o en algunos casos remplazados por fibras naturales) tienen a ser degradados bajo procesos naturales como lo son la sedimentación o la degradación por luz solar, a su vez es importante determinar que el carbonato de calcio al presentar diversas fuentes de origen permite la integración de múltiples medios en la fabricación de papel piedra. Esto a su vez permite la recuperación y tratamiento generando un ciclo de vida mayor a los productos tradicionales.

### **Análisis social**

Tomando el caso de producción de papel piedra, se pueden denotar diversas variables, las cuales permiten el desarrollo social, enfatizando la protección de la vida y la preocupación por los recursos. El análisis sobre la industria puede ser representativo dentro de los ideales organizacionales al promover acciones enfocadas a generar no solo valor monetario, sino también oportunidades de empleo, innovación, educación y calidad de vida; lo anterior, se puede dar mediante compromisos en programas de reforestación y capacitación a nuevos emprendedores para seguir en la vía de los eco productos. Así entonces, la producción de papel piedra al poseer un elemento relacionado a la industrialización, propende por la igualdad buscando en mayor parte profesionales que estén en función de realizar la mejora interna en lugar de discriminar el género por el tipo de trabajo necesario.

### **Análisis económico**

La producción de papel piedra según el estudio realizado por (Bernui et al., 2020) para la creación de una planta de transformación de carbonato de calcio en papel piedra describe una inversión superior a los 3 millones de dólares (considerando una producción reducida en comparación a la industria tradicional), los costos van relacionados en gran parte por la infraestructura necesaria para la producción y el coste en materiales para la autonomía en los primeros años. Del mismo modo, un análisis realizado por (Amas & Crispin, 2020) divide los costos para la producción de papel mineral en dos, separando el proceso de preparación por medio de trituradoras y la transformación de la materia prima a su estado de utilización; con lo anterior, los costos para la implementación y creación dependerían de la capacidad a instalar que requiere la industria para impactar

en la región. No obstante, considerando la satisfacción regional se puede deducir con un monto aproximado en infraestructura cercano a los 500 mil dólares, divididos en los equipos mencionados en la producción de papel piedra y los insumos necesarios para los primeros meses de fabricación.

Del mismo modo, la investigación toma en consideración el uso de indicadores de rentabilidad, identificando con ello una tasa interna de retorno (TIR) superior al 70 %, representando una inversión viable al generar beneficios económicos atractivos para inversionistas, esto considerando el crecimiento del consumo papelerero y nuevos clientes como entidades o consumidores impulsados por las mejores propiedades y oportunidades que brinda el papel piedra.

Finalmente, el análisis sustentable puede evidenciar las ventajas, desventajas, retos y oportunidades de la producción de papel piedra, así mismo, recalca la necesidad de una transición equitativa que permita la mejora en la calidad de vida y el bienestar social. Desde los diferentes niveles de la sustentabilidad el papel a partir de carbonato de calcio de manera considerativa es superior en los aspectos ambientales y sociales dado el valor agregado que presenta frente a producción limpia y la menor contaminación que en la naturaleza y entorno. No obstante, el factor económico presenta ciertas fortalezas y debilidades, especialmente desde la inversión inicial requerida, por tanto, los incentivos estatales resultan fundamentales en este proceso de transición sustentable.

## **CONCLUSIONES**

La transformación de carbonato de calcio a papel piedra es una alternativa sustentable que contribuye a la mejora en el sector papelerero conforme al uso indiscriminado de recursos naturales, buscando contribuir en el entorno cumpliendo con las necesidades humanas y aumentando el valor de la industria frente al desarrollo humano. Lo anterior, se basa en los ideales de la sustentabilidad de formar lazos entre los diferentes sectores que permitan fortalecer modelos como la economía circular considerando los recursos finitos existentes en el mundo. No obstante, el crecimiento del consumo de papel en el mundo afecta significativamente los ciclos biológicos, degradando de forma progresiva las áreas boscosas y acidificando el agua. Con ello la propuesta de papel piedra rompe los paradigmas de producción al generar un producto de calidad que impacta en menor magnitud con el medioambiente.

Mediante la compilación de información la presente investigación generó un marco para permitir la identificación de elementos de la industria sustentable y la producción de papel más limpio culminando con los objetivos estipulados y sirviendo de bases teóricas para la correlación al cambio de paradigma. Igualmente, cabe destacar la inversión e impacto para la producción de papel mineral, considerando ventajas competitivas frente a factores como el retorno de inversión, reducción del impacto del entorno, generación de valor agregado y a su vez comparando los resultados de estos mediante estudios técnicos que permitan relacionar la capacidad intelectual con la cual cuenta la región, el capital disponible a invertir y la identificación del mercado meta previamente definido reduciendo riesgos para la transición de procesos de producción.

De manera general, la industria actual denota la necesidad de cambios que le permitan reducir los costos y expandir sus fuentes de ingreso. Haciendo uso de eco-productos y herramientas económicas como la economía circular se halla una solución plausible a la contaminación generada por la falta de aprovechamiento de residuos; el caso del papel es uno de entre muchos avances que desde los emprendimientos sustentables busca solventar mejorando el bienestar social y protegiendo las siguientes generaciones del consumo de los recursos desmedido.

Finalmente, la investigación concluye con la generación de un diseño de cambio enfocado en romper el paradigma de producción actual, haciendo uso del ideal sustentable como fuente de oportunidad y valor que se puede aprovechar desde la transición de procesos y nuevos emprendimientos fundamentados en casos de éxito y nuevas tendencias del mercado, tomando conciencia sobre las consecuencias de la fabricación tradicional de papel en el ecosistema. De este modo, continuar con los cambios en la industria que mejoren la calidad de vida genera una ventaja competitiva incentivando al cambio sistémico de consumo dando solución a la degradación del entorno.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Amas, C., & Crispin, E. (2020). Papel fotodegradable a base de conchas de abanico residuales y 3 tipos de resinas. In *Universidad Cesar Vallejo*. [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez R S-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_R_S-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Arreguín, F., López, M., Marengo, H., & Tejeda, C. (2007). Agua virtual en México. *Ingeniería Hidráulica En México*, XXII(4), 121–132. [http://cenca.imta.mx/pdf/agua\\_virtual.pdf](http://cenca.imta.mx/pdf/agua_virtual.pdf)
- Bellon Monsalve, D., & Garzón Baquero, J. E. (2021). EL EMPRENDIMIENTO SOCIAL COMO ELEMENTO CLAVE EN LA TRANSFORMACIÓN HACIA UN NUEVO SISTEMA ENERGÉTICO BASADO EN ECONOMÍAS DE HIDRÓGENO. *Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería*. <https://doi.org/10.26507/ponencia.1554>
- Bernui, A., Bohorques, A., Cceres, R., Carpio, A., & Muñiz, H. (2020). *GREEN PAPER: PAPEL HECHO A BASE DE PIEDRA*. 1–204.
- Cadena, E. (2008). Estudio del refinado de pastas de papel utilizando métodos biotecnológicos (enzimas). *Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Textil y Papelera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial y Aeronáutica de Tarrasa. Universidad Politécnica de Cataluña. Tarrasa, España*.
- Carranza, S., & Consuelo, M. A. (2007). *Redalyc. Las TIC, Sustentabilidad y Educación Ambiental*.
- Carro, J., Sarmiento, S., & Rosano, G. (2017). La cultura organizacional y su influencia en la sustentabilidad empresarial. La importancia de la cultura en la sustentabilidad empresarial. *Estudios Gerenciales*, 33(145), 352–365. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2017.11.006>
- Cela-Conde, C. J., & Ayala, F. (2018). Tools made us human. The role of technology in the biological and social evolution of the homo genus. *Sociología y Tecnociencia*, 8(2), 1–25. <https://doi.org/10.24197/st.2.2018.1-25>
- Colom et al. (2001). Retos medioambientales de la industria papelera. *Ingeniería Química*, 33(380), 215–226.
- Da Fonseca, A. M. (2016). *Caraterização e valorização do licor negro da indústria da pasta de papel ao sulfito*. 1–98.
- De los Reyes, F. (2018). De la imprenta manual a la mecánica: primeros intentos de

- cambio en España. *Cuadernos de Ilustración y Romanticismo*, 4(24), 13–39.  
[https://doi.org/10.25267/cuad\\_ilus\\_romant.2018.i24.03](https://doi.org/10.25267/cuad_ilus_romant.2018.i24.03)
- Díaz, N, Cruz, A. L., & Ruiz, H. S. (2018). Instrumento de diagnóstico y autoevaluación para medir las condiciones organizacionales hacia la nueva revolución industrial 4.0. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 6(35), 1–14.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-97532018000500002&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-97532018000500002&lang=es)  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-97532018000500002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-97532018000500002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Doldán, X., & Chas, M. (2001). La contaminación de la industria de pasta-papel en Galicia: un análisis de flujos de materiales y energía. *Estudios de Economía Aplicada*, 18(2), 143–158
- Estrada, C. A. (2013). Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia. *Revista Mexicana de Física*, 59(2), 75–84.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57030971010>
- Fagerberg, J., Srholec, M., & Verspagen, B. (2018). The role of innovation in development. *Innovation, Economic Development and Policy: Selected Essays, December 2013*, 64–92. <https://doi.org/10.5202/rei.v1i2.2>
- Figuerola, D. (2016). *La población excesiva como generadora del límite de los recursos finitos*. 60–70.
- For, M., Transition, T. H. E., Model, T. O. A., Strategic, O. F., Based, M., & Processes, O. N. (2017). *Methodology for the Transition To a Model of Strategic*. 319–340.
- Gámez Gutiérrez, Jorge Alberto, "Empresas de familia : casos y cosas" (2019). *Libros en acceso abierto*. 9. <https://ciencia.lasalle.edu.co/libros/9>
- Gamez, J., & Garzón, J. (2013). El proceso de la profesionalización en las empresas de familia. Caso baterías MAC de Colombia. *Sociedad y Utopía. Revista de Ciencias sociales*, 17-34. <https://www.fpablovi.org/sociedad-y-utopia/41/E01.pdf>
- Gámez Gutiérrez, J. A., & Garzón Baquero, J. E. (2016). Teaching Entrepreneurship: Towards a Proposal of an Educational Program in Third Level (Tertiary) Education. In W. Nuninger, & J. Châtelet (Ed.), *Handbook of Research on Quality Assurance and Value Management in Higher Education* (pp. 377-395). IGI Global.  
<https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0024-7.ch015>
- García Romero, H. (2013). Deforestación en Colombia : Retos y perspectivas. *El Desafío*

*Del Desarrollo Sustentable En América Latina*, 123–142.

- García, A., Álamo, F., & Hernández, F. B. (2011). Antecedentes de la resistencia al cambio: Factores individuales y contextuales. *Cuadernos de Economía y Dirección de La Empresa*, 14(4), 231–246. <https://doi.org/10.1016/j.cede.2011.02.007>
- García, M., Gómez, P., & Londoño, O. (2009). Relación entre motivación y resistencia al cambio en personas que trabajan en una empresa del sector público, en Bogotá (Colombia). *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal*, 5, 141–159. <https://doi.org/1794-999>
- Garzón Baquero, J. E. (2014). Las empresas de familia no llegan a tercera generación caso BEG. [https://ciencia.lasalle.edu.co/administracion\\_de\\_empresas/331](https://ciencia.lasalle.edu.co/administracion_de_empresas/331)
- Garzón, J. E., & Bellón, D. (2021). A Proposal for the Transformation of Fossil Fuel Energy Economies to Hydrogen Economies Through Social Entrepreneurship. In J. Gamez-Gutierrez, & J. Saiz-Alvarez (Ed.), *Entrepreneurial Innovation for Securing Long-Term Growth in a Short-Term Economy* (pp. 48-70). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-3568-4.ch004>
- González, P. (2019). *Buenas prácticas ambientales en la solución de la problemática socio ... - Pilar González Molina*
- Greenpeace México. (2010). *El papel y su impacto ambiental*. 1–7. [http://archivo.estepais.com/inicio/historicos/94/14 Medio ambiente El papel greenpeace.pdf](http://archivo.estepais.com/inicio/historicos/94/14_Medio_ambiente_El_papel_greenpeace.pdf)
- Hernández, J., Salinas, E., Blanco, A., Cerecedo, E., & Rodríguez, V. (2014). Carbonato de calcio en México. In *OmniaScience*. <https://books.google.com.mx/books?id=zuAlBgAAQBAJ>
- Hidalgo, A. (2015). *LA TRANSICIÓN SOSTENIBLE COMO SOPORTE DE LOS ECOSISTEMAS INDUSTRIALES*. 15–22.
- Jackson, T., Foundation, N. E., Daly, H., & Victor, P. (2011). *T Jackson Prosperidad sin Crecimiento - Reseña 3pp Marcellesi*.
- Julieth, J., Leal, C., David, L., Espinosa, D., & Plazas Ávila, N. (2020). *Análisis comercial de la industria del papel y sus manufacturas en Colombia*.
- Lopez, A. (2017). *SUSTENTABLE Una discusión conceptual Andrés López. September 2014*.
- Marcelo, E., Aplicaciones, E. Y., Despolimerización, M. D. E., & La, P. (2013). Lignin, Structure and Applications Depolymerization Methods for Obtaining Aromatic

- Derivatives of Industrial Interest. In *Avances en Ciencias e Ingeniería* (Vol. 4, Issue 4).
- Martínez, R., & Martínez, D. (2016). Perspectivas de la sustentabilidad: teoría y campos de análisis. *Pensamiento Actual*, 16(26), 123. <https://doi.org/10.15517/pa.v16i26.25188>
- Mateus Guerrero, Y. S. (2019). La deforestación en Colombia - Propuestas para la mitigación de sus efectos. *Planeación Ambiental y Manejo de Recursos Naturales*, 1–19.
- MINEM. (2018). Industria papelera: Guía de orientación del uso eficiente de la energía y diagnóstico energético. *Dirección General de Eficiencia Energética*, 108.
- Morales, L. (2017). La paz y la protección ambiental en Colombia: propuestas para un desarrollo rural sostenible. *El Diálogo, Liderazgo Para Las Américas*, 35.
- Navarro, R. M. S., Navarro, F. M. S., & Tambourgi, E. B. (2007). Estudio de diferentes procesos de obtención de la pasta celulósica para fabricación de papel. *Revista Ciências e Tecnologia*, 1(Año 1), 5. [http://www.unicap.br/revistas/revista\\_e/artigo4.pdf](http://www.unicap.br/revistas/revista_e/artigo4.pdf)
- Nichols, G. (1999). *Sedimentology and Stratigraphy* (2nd ed.). [http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/CT-SeEs/LA-N\\_Sys.pdf](http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/CT-SeEs/LA-N_Sys.pdf)
- Paz, H., Lozano, E., Ortiz, S., Valverde, J., & Cortés, H. (2005). Obtención de carbonato de calcio de conchas de piangua. *Acta Agronómica*, 54(3), 39–44.
- Poletto, J. A., & Da Silva, C. L. (2009). Influencia de la separación de residuos sólidos urbanos para reciclaje en el proceso de incineración con generación de energía. *Información Tecnológica*, 20(2), 105–112. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.4062it.08>
- Predassi, S. (2020). *Restoration, regeneration and sustainable development Gestión de la innovación Management of Innovation*.
- Rainer, D. (1993). *Modernización empresarial RETO PARA LAS RELACIONES INDUSTRIALES EN AMERICA LATINA*. 81–92.
- Ramiro, P. (2016). Resistencias, regulaciones y alternativas: de las estrategias empresariales a las propuestas de transición. *Lan Harremanak. Revista de Relaciones Laborales*, 33(33), 176–192. <https://doi.org/10.1387/lan-harremanak.16104>
- Rodríguez, J. (2015). *Un nuevo método de tratamiento para las aguas residuales de fábricas de pasta de sulfato* [universidad complutense]. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/53862/1/5322342012.pdf>

- Santamarta, J. (2000). Un futuro sin cloro. *World Watch*, 51–55.  
<http://www.nodo50.org/worldwatch/ww/pdf/cloro.pdf>
- Soledad, B. (2009). *La contaminación ambiental y sus consecuencias Toxicológicas - Beatriz Elena Soledad Rodríguez*
- Tarbola, A. (2011). Caracterización energética en las plantas de pulpa de Smurfit Kappa Cartón de Colombia, aplicando el sistema de gestión integral de energía [Universidad Autónoma de Occidente]. In *Universidad Autónoma de Occidente*.  
<http://hdl.handle.net/10614/3139>
- Teschke, K. (2009). Industria del papel y de la pasta de papel. *Enciclopedia de Salud y Seguridad En El Trabajo*, 72,2-72,19.
- Tobón, J. (2004). *Rellenos industriales minerales* [Universidad Nacional De Colombia].  
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/49844/98499215.20049.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vaca, M. T. G. R. T., Gómez, I. V., Ríos, L. D. M., & Ruber, Luis Enrique Farfán Flórez Lady Patricia Rodríguez, D. G. (2012). *La caliza en Colombia: Geología, recursos, calidad y potencial*.  
<https://www2.sgc.gov.co/Publicaciones/Cientificas/NoSeriadadas/Documents/Caliza-en-Colombia-geologia.PDF>
- Vera, H., & Hidalgo, A. (2019). Efecto de diferentes niveles de suministro de carbonato de calcio sobre el peso y grosor de la cascara del huevo. *Revista Colombiana de Ciencia Animal RECIA*, 11(2).
- Zapata, G. J., & Martínez, A. M. (2011). Change in an organization: A theoretical study from the perspective of external control. *Estudios Gerenciales*, 27(119), 79–98.  
[https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(11\)70158-9](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(11)70158-9)