

**MODELO DE SIMULACIÓN DINÁMICA PARA EL INCREMENTO DE LA  
COMPETITIVIDAD DEL CLÚSTER LÁCTEO DEL ATLÁNTICO**

**Ing. Kevin Armando Parra Negrete**



**Trabajo de grado presentado como requisito  
para optar por el título de Magíster en Ingeniería,  
Área de énfasis en Ingeniería Industrial.**

**Tutor: Msc. Nataly Puello Pereira**

**Cotutor: Phd(C) Sindy Johana Martínez Marín**

**Universidad De La Costa CUC**

**Maestría en Ingeniería – Énfasis en Ing. Industrial**

**Barranquilla, Colombia**

**2021**

**Dedicatoria**

Este proyecto está dedicado a Dios por haberme dado, la disciplina y constancia para sacar adelante la investigación, a mis padres por su apoyo y motivación en todo el proceso; a mis tutoras por la paciencia, por la dedicación y por su apoyo en los momentos en que más lo necesité, por ultimo y no menos importante a mis amigos y cada una de las personas que de una u otra forma, me dio una palabra de aliento y de apoyo para cumplir con este.

Gracias, porque sin el apoyo y ayuda de cada uno, no hubiese logrado esta meta.

Kevin Parra Negrete

### **Agradecimientos**

Agradezco primeramente a Dios por darme la sabiduría para poder sacar adelante este proyecto de investigación, cumpliendo cada uno de los objetivos trazados desde un inicio. Por darme la paz y serenidad en los momentos que lo necesité debido a la pandemia y circunstancias adversas.

De la misma manera, agradezco a mis padres por ser ese motor, ejemplo e impulso para llenarlos de orgullos, por haberme enseñado la disciplina, la responsabilidad, a retarme día a día, a ir en búsqueda de mis objetivos y de no conformarme. Por eso este trabajo es de ellos también.

Agradezco a todos los profesores y tutores que tuve en mi maestría y pregrado, por enseñarme cada una de las herramientas y software que necesité para sacar adelante este proyecto. Puntualmente, agradezco a las ingenieras Sindy Martínez y Nataly Puello porque fueron un pilar sumamente importante y crucial en la realización de este proyecto, no solo a nivel académico sino a nivel personal, son personas muy profesionales y dedicadas, que sin duda alguna recomiendo y pido a Dios poder seguir contando con ellas. Es por esto, que el proyecto de investigación es también de ellas.

Así mismo, agradezco a la Universidad de la Cota CUC, al Clúster lácteo del Atlántico y a cada uno de sus integrantes, por haberme facilitado los recursos, materiales, información y tiempo para la realización de este trabajo. Razón por la cual me esmeré para que este trabajo sea de su utilidad y orgullo.

### Resumen

La competitividad en la actualidad juega un papel importante porque, proporciona un aumento en la productividad y crea ventajas competitivas que permiten mantener y alcanzar una mejor posición que se tenga frente a la competencia. Ahora bien, las iniciativas dadas en el clúster aportan significativamente al desarrollo competitivo de los sectores y de las empresas que pertenecen a este, dándoles beneficios a partir de las relaciones e interacciones que se generen entre ellas y al propio clúster. De acuerdo con la literatura revisada, se pudo determinar que el clúster lácteo del Atlántico cuenta con acciones definidas que propenden a impulsar la estrategia determinada a partir de la metodología de rutas competitivas. No obstante, aún no se han evaluado las acciones más apropiadas que potencialicen el crecimiento del clúster en relación con la competitividad. Es por esto que, esta investigación tiene como objetivo evaluar y seleccionar las mejores estrategias que permitan incrementar la competitividad del clúster lácteo del departamento del Atlántico, a través de un modelo de simulación con dinámica de sistemas; debido a que, un clúster cumple con las características de un sistema dinámico porque es cambiante en el tiempo, y también es un sistema complejo por la cantidad de variables y actores que se relacionan de manera no lineal, formándose realimentaciones entre las variables, no linealidades, retardos, entre otras condiciones de complejidad dinámica. Para esto, se hace necesario seguir paso a paso el proceso de modelado propuesto por Sterman.

*Palabras clave:* competitividad, clúster, dinámica de sistemas

### Abstract

Competitiveness currently plays an important role because it provides an increase in productivity and creates competitive advantages that allow you to maintain and achieve a better position than you have against your competition. Now, the initiatives given in the cluster contribute significantly to the competitive development of the sectors and the companies that belong to it, giving them benefits from the relationships and interactions that are generated between them and the cluster itself. According to the literature reviewed, it was determined that the Atlantic dairy cluster has defined actions that tend to promote the strategy determined from the competitive routes methodology. However, the most appropriate actions to enhance the growth of the cluster in relation to competitiveness have not yet been evaluated. This is why this research aims to evaluate and select the best strategies that allow increasing the competitiveness of the dairy cluster in the department of Atlántico, through a simulation model with system dynamics; Because a cluster complies with the characteristics of a dynamic system because it is changing over time, and it is also a complex system due to the number of variables and actors that are related in a non-linear way, forming feedback between the variables, non-linearities, delays, among other conditions of dynamic complexity. For this, it is necessary to follow the modeling process proposed by Sterman step by step.

**Contenido**

Lista de tablas y figuras .....8

Introducción .....11

Planteamiento del problema .....13

Justificación .....16

Objetivos .....18

    General .....18

    Específicos .....18

Marco teórico .....19

    Competitividad .....19

    Clúster .....22

    Dinámica de sistemas.....23

Estado del arte .....29

Diseño metodológico .....33

Hipótesis dinámica .....35

    Caracterización del sistema caso de estudio: clúster lácteo del Atlántico .....41

Validación del modelo .....45

    Pruebas de estructuras .....45

    Pruebas de comportamiento. ....47

    Análisis de sensibilidad.....48

Resultados y análisis de escenarios. ....	50
Conclusiones .....	64
Bibliografía .....	66

**Lista de tablas y figuras**

**Tablas**

Tabla 1 .....	26
Tabla 2 .....	32
Tabla 3 .....	33
Tabla 4 .....	43
Tabla 5 .....	51
Tabla 6 .....	54
Tabla 7 .....	60

**Figuras**

Figura 1 la figura 1 ilustra el modelo causal Autoría propia .....35

Figura 2 la figura muestra el refuerzo que hay en R1, R2 y R3. Autoría propia .....37

Figura 3 la figura ilustra el refuerzo que hay en R4 y R5. Autoría propia .....38

Figura 4 la figura muestra el refuerzo que hay en R6, R7 y R8 y el bucle 1. Autoría propia.....40

Figura 5 la figura muestra el nivel de competitividad vs los factores a 20 años. Autoría propia.....45

Figura 6 la figura muestra el comportamiento del nivel de competitividad con valores de entrada e inicio en 0. Autoría propia.....46

Figura 7 la figura muestra el comportamiento del nivel de competitividad con valores de entrada en 0. Autoría propia .....46

Figura 8 la figura ilustra el incremento del nivel de competitividad del clúster muebles del Atlántico Vs el incremento del nivel de competitividad clúster lácteo del. Autoría propia ....47

Figura 9 la figura muestra el gráfico de productos y procesos innovadores con tres diferentes valores, que permite analizar la sensibilidad del modelo. Autoría propia .....49

Figura 10 la figura muestra el gráfico de recursos humanos con tres diferentes valores de capacitaciones, lo que permite analizar la sensibilidad del modelo. Autoría propia .....50

Figura 11.La figura ilustra la simulación del comportamiento actual del nivel de competitividad del clúster lácteo del Atlántico a 20 años. Autoría propia.....56

Figura 12. La figura muestra el comportamiento del escenario base vs escenario 1. Autoría propia.....57

Figura 13 La figura muestra el comportamiento del escenario base vs escenario 2. Autoría propia.....57

Figura 14 La figura muestra el comportamiento del escenario base vs escenario 3. Autoría propia.....58

Figura 15 La figura muestra el comportamiento del escenario base vs escenario 4. Autoría propia.....58

Figura 16. La figura muestra el comportamiento del escenario base vs escenario 5. Autoría propia .....59

Figura 17. La figura muestra el comportamiento del escenario base vs escenario 6. Autoría propia .....59

Figura 18. La figura muestra el comportamiento del escenario base vs todos los escenarios . Autoría propia .....60

Figura 19 La figura muestra el comportamiento del escenario base vs escenario pandemia. Autoría propia .....63

### **Introducción**

La competitividad hoy en día está tomando un rol protagónico en las empresas, debido a que permite identificar la capacidad que tienen las diferentes organizaciones para lograr y mantener ventajas que les permitan consolidar y mejorar su posición en el entorno socioeconómico en el que se desenvuelven (Mathews, 2009, s.p.).

Por su parte, el Clúster es definido por Condo & Monge (2002) como un grupo de empresas cercanas geográficamente que pertenecen a un mismo sector, las cuales se encuentran interrelacionadas entre sí y con otras instituciones que les proveen de bienes o servicios que les son complementarios (p.42). Por lo cual, las iniciativas que se desarrollen en el clúster contribuirán al desarrollo competitivo del sector y a las empresas que pertenecen a este, obteniendo beneficios a partir de las interacciones y relaciones dadas entre ellas, y al propio clúster (Luengo-Valderrey, Intxausti-Irazabal, & Periañez-Cañadillas, 2012, p. 286-295). Es por esto, que actualmente el departamento del Atlántico está promoviendo fuertemente iniciativas Clúster (Red Clúster Colombia, 2018b, s.p.).

Sin embargo, actualmente el clúster lácteo del departamento del Atlántico no cuenta con acciones definidas que dinamicen el crecimiento y aumente la competitividad de cada uno de los actores que lo conforman. Por lo tanto, este trabajo de investigación evaluó el comportamiento actual de la competitividad del Clúster anteriormente mencionado, por medio de un modelo de simulación con Dinámica de Sistemas. Esta herramienta de decisión permite a los diferentes actores del sistema clúster, evaluar acciones que permitan su operación en pro de la productividad, competencia y cooperación. De esta forma, se maximiza el beneficio mutuo entre las empresas y se aprovecha sus dinámicas de trabajo colaborativo, sin sacrificar su flexibilidad (Porter, 1998, p. 77-90).

El modelamiento y simulación de acciones de competitividad en el Clúster en estudio, permite conocer el comportamiento del sistema en términos de su complejidad, dinámica y causalidad entre variables (Castellacci, 2017, p. 1-16). Además, permite a los actores del clúster tomar decisiones en función del diseño, articulación y generación de acciones que aporten ventaja competitiva y sumen a la competitividad sectorial, de acuerdo con el comportamiento del sistema en el análisis de escenarios y condiciones extremas (García, 2012, p.4-5).

### Planteamiento del problema

La competitividad es un proceso de generación y difusión de competencias, el cual depende no sólo de factores micro-económicos sino también de las capacidades que ofrece un territorio competitivo, en cuanto a entorno físico, tecnológico, social, ambiental e institucional, promoviendo el desarrollo de actividades económicas que generen beneficios para la sociedad (González & Mendieta, 2009, p. 111-128).

Luengo-Valderrey et al., (2012) demuestran la influencia que tiene la formación de clúster empresariales sobre la competitividad sectorial y su efecto positivo en el incremento de la productividad, estimulación de crecimiento empresarial y creación de nuevas empresas, aumento de la comercialización y fomento (fortalecimiento) de las capacidades de innovación (p. 286-295). Además, las relaciones entre actores del clúster y la realimentación entre sus variables clave, aportan al desarrollo competitivo de estas iniciativas (Iturrioz Landart, Aranguren Querejeta, Aragón Amonarriz, & Larrea Aranguren, 2005, s.p.).

En Colombia, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo enuncia en relación con la competitividad, que las regiones son las que deben asumir el desafío de desarrollar una estrategia de competitividad propia y no un país (Ministerio de Comercio Industria y Turismo de Colombia., [MINCIT], 2003, s.p.). De esta manera y con el objetivo de lograr el mejoramiento de la competitividad regional, se están realizando iniciativas clúster empleadas para organizar los actores relevantes a nivel local, de tal forma que contribuyan a la definición e implementación de hojas de ruta para las apuestas productivas, a través de un enfoque de clúster (Red Clúster Colombia, 2018a, p. 112).

Como ejemplo a lo anterior, las Rutas Competitivas que han desarrollado iNNpulsa en asociación a Cámaras de Comercio locales, han permitido la construcción de hojas de ruta y

proyectos de investigación para dinamizar diferentes apuestas productivas regionales. Algunas de estas iniciativas desarrolladas puntualmente en el departamento del Atlántico son: Caribe Tic, clúster lácteo del Atlántico (AtlantiLAC) y clúster de muebles AmoblaR-C, entre otros (Red Clúster Colombia, 2018b, s.p.).

El interés de evaluar el comportamiento de la competitividad del clúster AtlantiLAC se justifica en que la economía del Departamento del Atlántico se soporta en un 70% en el sector primario, esto quiere decir que las actividades más relevantes para su economía son del sector agrícola, ganadero y pesca artesanal. Teniendo el sector ganadero - lácteo un papel importante en la economía del Departamento. (Red Clúster Colombia, 2018a, p. 112) También es importante resaltar que este clúster es uno de los más consolidados y con proyección a nivel regional; por tanto, cuenta con un relevante volumen de información susceptible de ser procesada (Red Clúster Colombia, 2018b, s.p.)

Actualmente, existe una iniciativa en el clúster lácteo dónde se definen algunas acciones como, fortalecimiento de la cadena productiva, innovación y sofisticación de productos, entre otras, plasmadas en el documento de líneas de acción, de la tercera fase de implementación de la metodología de rutas competitivas. Sin embargo, estas acciones no se han evaluado cuantitativamente en términos de la competitividad del clúster. En consecuencia, se carece de herramientas cuantitativas que apoyen este proceso de decisiones y permitan evaluar las acciones propuestas en función del análisis del comportamiento en el tiempo (AtlantiLAC, 2016, s.p.)

En síntesis, se requiere evaluar y desarrollar acciones que potencialicen el crecimiento del clúster, definiendo cuáles son las más apropiadas para el desarrollo o crecimiento del clúster en torno a la competitividad. Además, es necesario evaluar el comportamiento del sistema en estudio en condiciones extremas por medio de análisis de escenarios, analizar efectos colaterales

y beneficios potenciales de las acciones seleccionadas y determinar arquetipos de comportamiento comunes entre clúster.

En el contexto actual la dinámica de sistemas como metodología de simulación ha demostrado alta aplicabilidad en la evaluación de políticas y estrategias en sistemas dinámicos y complejos (García, 2012, p.4-5). Un clúster cumple con las características de un sistema dinámico porque es cambiante en el tiempo, y también es un sistema complejo por la cantidad de variables y actores que se relacionan de manera no lineal, formándose realimentaciones entre las variables, no linealidades, retardos, entre otras condiciones de complejidad dinámica.

A partir de todo lo anteriormente expuesto, para el desarrollo del trabajo aquí propuesto, se plantea el siguiente interrogante:

¿Cómo evaluar las acciones que aporten al incremento de la competitividad del clúster lácteo del departamento del Atlántico?

### Justificación

Colombia en su política Nacional de competitividad y productividad establece apoyar el desarrollo de clústeres y otras formas de aglomeraciones empresariales, como mecanismo fundamental para competir en mercados globalizados (Consejo Nacional de Política Económica y Social, [CONPES], 2008, s.p.). Debido a esto, el departamento del Atlántico se encuentra en un proceso de desarrollo gracias a las iniciativas que se vienen trabajando a nivel público - privado a través de diferentes iniciativas como, Caribe Tic, clúster de salud, clúster lácteo del Atlántico, clúster de muebles AmoblaR-C, clúster de insumos agroindustriales, ruta competitiva logística del Atlántico y clúster de turismo (Red Clúster Colombia, 2018b, s.p.).

Para efectos de esta investigación, se escoge trabajar en el clúster lácteo del Atlántico, porque se cuenta con información de los datos propios del clúster, punto importante en el proceso de calibración del modelo de simulación propuesto. Además, este es un Clúster consolidado y en la actualidad se encuentra buscando la articulación de todos sus actores de la cadena productiva hacia el desarrollo y el conocimiento, dentro de los parámetros de la productividad, competitividad, sostenibilidad y equidad, alineado a las acciones que se están desarrollando en el mencionado clúster (Asociación de ganaderos de la costa norte [ASOGANORTE], 2016, p.3).

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de esta investigación se centra en evaluar acciones que aporten al incremento de la competitividad del clúster lácteo del departamento del Atlántico, a través de un modelo de simulación con dinámica de sistemas. El evaluar e Identificar el modelo con el mejor escenario de integración de acciones, les permitirá a las empresas pertenecientes al clúster, evaluar y redefinir en caso de ser necesario, las acciones de su negocio a mediano y largo

plazo, en aras de mejorar la competitividad, ser sostenibles en el tiempo y fortalecer las capacidades locales.

Desde el punto de vista económico, evaluar la competitividad del clúster permitirá observar en los escenarios generados cual tendría mayor crecimiento económico, traducido en aumento del empleo, mayores ingresos, rentabilidad, entre otras.

Desde el punto de vista metodológico, la metodología empleada para la evaluación de la competitividad del clúster lácteo del departamento del Atlántico sirve de antecedente para la evaluación de la competitividad en otros clústeres, siendo una herramienta de decisión cuantitativa que guíe el proceso de análisis de acciones y su efecto en el comportamiento en el sistema de estudio.

**Objetivos****General**

Evaluar acciones que aporten al incremento de la competitividad del clúster lácteo del departamento del Atlántico, a través de un modelo de simulación con dinámica de sistemas.

**Específicos**

Analizar modelos de competitividad en clúster, para la definición de variables claves en el proceso de modelamiento.

Construir un modelo de simulación con dinámica de sistemas que permita evaluación de acciones estratégicas.

Identificar el mejor escenario de integración de acciones que incremente el nivel de competitividad.

### **Marco teórico**

Esta propuesta de investigación se fundamenta en las líneas de Competitividad, Clúster y Dinámica de sistema como ejes temáticos a desarrollar a continuación:

#### **Competitividad**

Desde el punto de vista etimológico: competitividad es la sustantivación del adjetivo competitivo, el cual, a su vez, se deriva del sustantivo competencia. Por tanto, este se conoce como la rivalidad que se genera entre dos o más productores que pretenden dar salida a artículos de la misma clase, o entre consumidores que pretenden obtener los mismos productos (Díaz, 2010, p. 91–104).

La competitividad es un concepto multidimensional, dependiendo al contexto y nivel toma un significado distinto. Este puede comprenderse en tres niveles diferentes pero interrelacionados: a nivel de país, industria y empresa (Ambastha & Momaya, 2004, p. 45–61). De la misma manera González & Mendieta, (2009) indican que la competitividad puede analizarse a nivel de países, regiones, donde incluyen al clúster y a nivel empresarial (p. 111-128).

Porter, (1990) indica que la competitividad a nivel país depende de la capacidad de sus industrias para innovar y mejorar. Las empresas se vuelven competitivas frente a los mejores competidores del mundo debido a la presión y el desafío. Se benefician de la forma de tener rivales nacionales fuertes, proveedores agresivos en el hogar y clientes locales exigentes(s.p.).

Por su parte, Castellanos Domínguez & Ramirez Martinez, (2013), se sustentan en los fundamentos planteados por diferentes instituciones internacionales, como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el Foro Económico Mundial (FEM) y el

Banco Interamericano de Desarrollo (BID), para afirmar que el concepto competitividad refleja la medida en que una nación, en un sistema de libre comercio y condiciones equitativas de mercado, puede producir bienes y servicios que superen la prueba de los mercados internacionales, al tiempo que mantiene e incrementa el ingreso real de su pueblo a largo plazo. Además, cuenta con la capacidad de obtener y mantener sostenidamente altos índices de crecimiento de su PIB per cápita; y calidad del ambiente económico e institucional para el desarrollo sustentable de las actividades productivas (s.p.).

Adicionalmente, la nación cuenta con la capacidad de alcanzar en forma sostenida altos índices de crecimiento de su PIB per cápita y mejorar la calidad del ambiente económico e institucional para el desarrollo sustentable de las actividades productivas. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) complementa lo anterior, indicando que la competitividad es la capacidad que tiene un país para exponerse al mercado externo y mantener o elevar el nivel de vida de su población (Fajnzylber, 1988, p. 7–24).

A nivel regional, la competitividad puede ser definida como la administración de recursos y capacidades para aumentar de manera sustentable la productividad de las empresas y el bienestar de la población de la región (Benzaquen, Del Carpio, Zegarra, & Valdivia, 2011, p. 67–84).

Por su parte, Ramírez Vallejo, (2004) indica que el nivel de la competitividad regional permite determinar el grado de prosperidad que una región puede sostener en el tiempo, debido a que la única forma que una región puede mejorar sus estándares de vida es teniendo empresas competitivas que paguen salarios altos y crecientes (s.p).

Competitividad Regional, Liderazgo e Información, indicó que la competitividad regional es la capacidad de las regiones de promover y atraer inversiones de manera sostenible, producir bienes y servicios con alto valor agregado, realizar acciones unificadas para el desarrollo del capital humano, cultural y social, cuidando el capital natural y medio ambiental; de manera que el mayor crecimiento asociado sea sostenible en el tiempo y genere mayores niveles de vida a su población, en un marco de competencia internacional (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2007, s.p.).

Por su parte, González & Mendieta, (2009) definen la competitividad empresarial como la capacidad que tienen las empresas de establecer un conjunto único de recursos, lo suficientemente difícil de imitar por sus competidores, obteniendo una serie de capacidades o competencias distintivas a través de los sistemas de organización y gestión que desarrollen (p.111-128).

De la misma manera, Mathews, (2009) señala que la competitividad a nivel empresarial es la capacidad que tienen todas las empresas de lograr y mantener ventajas que le permitan asegurar y mejorar su posición en el entorno socioeconómico en el que se esté desarrollando. Resalta, que dichas ventajas son definidas por los recursos y habilidades que tienen las empresas para alcanzar mejores rendimientos que el de la competencia (s.p.).

Complementando este nivel, Luengo-Valderrey et al., (2012) argumentan que la competitividad en empresas pertenecientes a un mismo sector se ve influenciada por la formación de clúster, favoreciendo a las empresas en los siguientes aspectos: 1) incremento de la productividad y eficacia de las empresas; 2) incremento en su capacidad de innovar y, con ello, su capacidad de aumentar la productividad y también, 3) estimulan la creación de nuevas

empresas y la comercialización. Estos aspectos contribuyen a promover la innovación y expandir el clúster, como estrategia de trabajo colaborativo (p. 286-295).

### **Clúster**

El concepto de clúster es definido por Porter, (1998) como concentraciones geográficas de empresas e instituciones interconectadas en un campo particular. Porter enfatiza en que los clústeres abarcan una variedad de industrias vinculadas y otras entidades importantes para la competencia, como proveedores de insumos y proveedores de infraestructura especializada, instituciones gubernamentales y de otro tipo, como por ejemplo: universidades, organismos de normalización, grupos de reflexión, proveedores de formación profesional y asociaciones comerciales que proporcionan diferentes servicios (formación especializada, educación, información, investigación y apoyo técnico) (p. 77-90).

Para Condo & Monge, (2002) un clúster es una agrupación de empresas cercanas geográficamente que realizan un mismo tipo de proceso productivo, o de varias industrias relacionadas entre sí y de empresas e instituciones que les proveen de bienes o servicios o les son complementarias (p.42).

Así mismo, Rosenfeld (como se citó en Otero, Lódola, & Menéndez, 2004, s.p.) define el Clúster como un conjunto de actividades equivalente que se encuentran geográficamente cercanas, con comunicación y dialogo, compartiendo infraestructura, mercado de trabajo y servicios, y que su actividad los enfrenta a oportunidad y amenazas similares.

En términos de cooperación, Garnica & Contreras (2007) destacan al clúster como un conjunto de empresas afines e interrelacionadas por su actividad económica, que comparten un espacio geográfico delimitado con claro potencial de eficiencia colectiva por su articulación

empresarial. En sus acciones diarias se relacionan constantemente con la finalidad de competir, y cooperar para agregar valor y de esta manera, generar ventaja competitiva al conglomerado de empresas (p. 303-322).

Es importante resaltar las ventajas que proporcionan los clústeres a la competitividad, Mitxeo Grajirena, Idigoras Gamboa, & Vicente Molina, (2004) indican que la principal ventaja de los clústeres se debe a la contribución significativa que hacen a la mejora de la ventaja competitiva de las empresas que lo integran, repercutiendo a su vez, a la mejora de la competitividad de la región en la que se encuentra (p. 55-67). Asimismo, Los clústeres mejoran la competitividad industrial a través de la especialización de productos, mejorando la eficiencia colectiva por medio de cadenas de valor de negocios y costos de transacción reducidos. Igualmente, cada una de las empresas que integran al clúster fomentan un alto grado de creación de redes e interconexiones que promueven efectos, como los derrames de conocimiento y tecnología, estimulando de esta manera la productividad y la innovación (Sosnovskikh, 2017, p. 174–199).

Adicionalmente, Rodríguez, Jiménez, Herrera, & Espinosa, (2016), estudian la competitividad de una región por medio del desarrollo de un clúster industrial; en su trabajo desarrollan un diagrama causal bajo el enfoque de dinámica de sistemas, mostrando las relaciones formales y efectos de realimentación entre variables, y cómo éstas intervienen en la competitividad. El concepto de dinámica de sistemas se profundiza a continuación para facilitar la visión integral de la propuesta planteada (p. 5).

### **Dinámica de sistemas**

La dinámica de sistemas fue creada en el Instituto de Tecnología de Massachusetts MIT, en la década de 1950 por Jay Forrester, fue diseñado para contribuir a conocer la estructura y

dinámica de los sistemas complejos; en esta se diseñan políticas de alto apalancamiento para una mejora sostenida y catalizar una implementación exitosa y cambiante. La dinámica de sistemas al estar fundamentada en la teoría del control de ingeniería y la teoría moderna de sistemas dinámicos no lineales, regularmente implica que se desarrollen modelos formales y simuladores de vuelo de gestión para capturar sistemas dinámicos complejos, propiciando un entorno para el aprendizaje y el diseño de políticas (Sterman, 2002, s.p.).

La Dinámica de Sistemas es una metodología que ofrece resultados más rápidos y fiables que otras formas tradicionales de percibir la realidad, y permite abordar el análisis de la aparente complejidad que se encuentra en los temas económicos, ambientales, sociales o simplemente mecánicos (García, 2012, p.4-5).

En 2012, García sustenta que los modelos de simulación desarrollados con dinámica de sistemas permiten abordar con rapidez un tipo de problemas en que otras herramientas no dan buenos resultados, aquellos planteamientos de gran complejidad cuantitativa en los que no se desea contratar la elaboración de un software específico (en general caro y poco flexible) y en aquellos otros cuestionamientos que han tenido en cuenta un conjunto de variables cualitativas para poder analizar el tema que interesa” (pp. 4-5).

Para Aracil & Gordillo (1997) la dinámica de sistemas se constituye en una de las herramientas sistémicas desarrolladas con mayor solidez, que cubre un amplio campo de aplicaciones, con un alto grado de aceptación e implantación (p.20). Además, por medio de la dinámica de sistemas, se pueden recrear diversos escenarios, permitiendo una percepción sistémica del mundo real y visualizarlo de manera dinámica. La utilización de dinámica de sistemas en sistemas complejos favorece la identificación de relaciones no lineales entre sus atributos (Ibarra Vega & Redondo, 2015, p. 152-164).

Por su parte, en 2008, Izquierdo, Galán, Santos, & Del Olmo plantean que la filosofía de la dinámica de sistemas gira en torno al concepto de retroalimentación, o causalidad circular entre variables observables. Estas variables observables pueden describir algún atributo de los componentes básicos del sistema, o referirse a alguna magnitud global del sistema. Bien es cierto que existe una tendencia generalizada en la dinámica de sistemas a utilizar variables observables del sistema en su conjunto (p.85-112).

Rubio Martín, (2016) en su trabajo de investigación menciona que la dinámica de sistemas en la actualidad ha sido aplicada en distintas disciplinas como una herramienta para el análisis de las relaciones existentes entre los distintos componentes de un sistema, para simular escenarios futuros con el fin de mejorar la gestión de los sistemas; convirtiéndose en una metodología consolidada que ha podido ser aplicada a un sin número de campos científicos como ingeniería, gestión de recursos, economía, educación, sociología entre otros (s.p.).

Ahora bien, Sterman (como se citó en Castellacci, 2018, p. 272-287) establece que un modelo de dinámica de sistemas es impulsado por varios mecanismos de retroalimentación interconectados juntos. Cada mecanismo de retroalimentación - o ciclo causal - describe la interacción entre dos (o más) variables en el sistema. Una retroalimentación puede conducir a un ciclo de refuerzo, en el que la dinámica de dos variables se apoya mutuamente, o en un ciclo de equilibrio, en el que una variable atenúa el crecimiento del otro y lo lleva de regreso a su camino de equilibrio. El conjunto completo de bucles causales determina la dinámica del sistema a lo largo del tiempo. Una forma típica de representar y visualizar bucles causales en modelos SD es el llamado diagrama de bucle causal, que consiste en un conjunto de nodos y bordes. Los nodos son las variables que componen el sistema, y los bordes son flechas que representan las relaciones causales entre estas variables.

En cuanto a los pasos del proceso de modelado, Sterman, (2000) indica que debe seguir lo siguiente (s.p.),

Tabla 1

*Pasos del proceso de modelado*

Pasos	Actividades
Articulación del problema (selección de límites)	<p>Selección de temas: ¿Cuál es el problema? ¿Por qué es un problema?</p> <p>Variables clave: ¿Cuáles son las variables y conceptos clave que debemos considerar?</p> <p>Horizonte de tiempo: ¿Qué tan lejos en el futuro debemos considerar? ¿Qué tan lejos en el pasado se encuentran las raíces del problema?</p> <p>Definición dinámica de problemas (modos de referencia): ¿Cuál es el comportamiento histórico de los conceptos y variables clave? ¿Cuál podría ser su comportamiento en el futuro?</p>
Formulación de la hipótesis dinámica.	<p>Generación de hipótesis inicial: ¿Cuáles son las teorías actuales de la conducta problemática?</p> <p>Enfoque endógeno: formule una hipótesis dinámica que explique la dinámica como consecuencias endógenas de la estructura de retroalimentación.</p> <p>Mapeo: Desarrolle mapas de estructura causal basados en hipótesis iniciales, variables clave, modos de</p>

	<p>referencia y otros datos disponibles, usando</p> <p>herramientas como</p> <p>Diagramas de límites modelo,</p> <p>Diagramas de subsistemas,</p> <p>Diagramas de bucle causal,</p> <p>Mapas de stock y flujo,</p> <p>Diagramas de estructura de políticas,</p> <p>Otras herramientas de facilitación.</p>
Formulación de un modelo de simulación.	<p>Especificación de la estructura, reglas de decisión.</p> <p>Estimación de parámetros, relaciones de comportamiento y condiciones iniciales.</p> <p>Pruebas de consistencia con el propósito y el límite.</p>
Pruebas	<p>Comparación con los modos de referencia: ¿Reproduce el modelo el comportamiento del problema adecuadamente para su propósito?</p> <p>Robustez en condiciones extremas: ¿Se comporta el modelo de manera realista cuando está estresado por condiciones extremas?</p> <p>Sensibilidad: ¿Cómo se comporta el modelo dado la incertidumbre en los parámetros, las condiciones iniciales, los límites del modelo y la agregación?</p> <p>Entre otros...</p>

Diseño y evaluación de políticas. Especificación del escenario: ¿Qué condiciones ambientales pueden surgir?

Diseño de políticas: ¿Qué nuevas reglas de decisión, estrategias y estructuras podrían intentarse en el mundo real? ¿Cómo se pueden representar en el modelo?

"Y si. . ." Análisis: ¿Cuáles son los efectos de las políticas?

Análisis de sensibilidad: ¿Qué tan sólidas son las recomendaciones de políticas en diferentes escenarios y con ciertas incertidumbres?

Interacciones de las políticas: ¿Interactúan las políticas? ¿Hay sinergias o respuestas compensatorias?

---

*Nota.* La tabla 1 describe los cinco pasos con sus actividades que se deben realizar para el modelado en dinámica de sistemas. Autoría propia

### Estado del arte

Existen diferentes trabajos desarrollados afines a la propuesta aquí planteada tales como: (Rodríguez et al., 2016, p. 5), (Carbonara & Giannoccaro, 2011, p. 415–436), (Gilkinson & Dangerfield, 2013, p. 2032–2043), (Montaño-Arango et al., 2012, p. 493–525), (Puello Pereira, 2016, s.p.) y (Martínez-Marín, S., Puello-Pereira, N., & Ovallos-Gazabon, D, 2020, s.p.). Estos trabajos interrelacionan al menos dos de los tres ejes temáticos descritos en detalle en el marco teórico: Competitividad, Clúster y Dinámica de Sistemas.

La investigación realizada por Rodríguez et al., (2016) se centra en el enfoque en dinámica de sistemas para determinar las relaciones causales que presentan los clústeres industriales. Dentro de su análisis, establecen los factores macroeconómicos, político-legal y social, los cuales son determinantes en la competitividad de una región. Su análisis se centra exclusivamente en explicar las relaciones causales de estos factores y su intervención en la competitividad, sin desarrollar el modelo de simulación que permita evaluar la competitividad del Clúster (p. 5).

Por otra parte, Carbonara & Giannoccaro, (2011) desarrollan un modelo computacional basado en dinámica de sistemas, en el que, a través de un análisis de simulación, evalúan la influencia de la proximidad en los valores de las características estructurales del clúster, y como estos afectan a su capacidad de adaptación; demostrando en sus resultados que demasiada proximidad es perjudicial para la competitividad del clúster. Como limitación del estudio, los autores argumentan que se requiere de mayor investigación en esta línea para calibrar y validar el modelo, en especial, en la evaluación de las medidas cuantitativas de proximidad e indicadores de rendimiento competitivo, así como la correlación entre la proximidad y el impacto en la competitividad (p. 415–436).

A nivel sectorial, Gilkinson & Dangerfield, (2013) plantearon un modelo de simulación dinámica aplicado al sector de la construcción, permitiéndoles a las empresas contratistas reflexionar estratégicamente para ser competitivas en un horizonte de tiempo, puesto que, en este sector el trabajo en la competitividad había sido de forma estática, o en su mayoría establecido a nivel de proyecto. Los resultados obtenidos del modelo sugieren revisar y abarcar regularmente el ensayo de posibles escenarios, para proporcionar una idea de la estrategia futura para la competitividad sostenida en el proceso de construcción. Así mismo, permitió explorar decisiones y prácticas de políticas a nivel de la empresa, con el objetivo de brindar una perspectiva en la dirección estratégica tanto a corto como a largo plazo. Sin embargo, su modelo es genérico y no es aplicado al clúster construcción, sino que proporciona sólo estrategias a un eslabón del clúster, en este caso a las empresas contratistas (p. 2032–2043).

En el enfoque clúster, Montaña-Arango et al. (2012) presentan un modelo sistémico que visualiza y analiza los diferentes niveles y elementos que intervienen en el turismo de naturaleza sustentable como detonante del desarrollo regional. Por medio de un diagnóstico exploratorio, los autores identificaron las vertientes que lo sustentan y los indicadores de potencialidad turística. Además, se detectan los actores que deben intervenir, así como la integración que debe tener el sector turístico; por medio de la conceptualización, entendimiento y análisis del sistema, se generan alternativas para el desarrollo turístico regional con énfasis en los beneficios económicos, sociales, culturales y ambientales. A pesar de que este trabajo permitió tener un panorama de las relaciones que deben tomarse en cuenta en la región, y contribuir a desarrollar el diagnóstico y focalizar las estrategias de acuerdo con los niveles y vertientes turísticos planteados, no utilizan la metodología de dinámica de sistemas para evaluar el comportamiento

del clúster turístico, dado que, consideran a la competitividad como eje principal de desarrollo regional (p. 493–525).

A su vez, Puello Pereira, (2016) en su investigación diseña un modelo cuantitativo capaz de medir la competitividad en clústeres, validado a través de dinámica de sistemas, tomando como caso de aplicación el Clúster de Muebles del Departamento del Atlántico. Obteniendo como resultado, que el clúster de muebles del Atlántico está en un proceso de desarrollo, denotando la evolución que este ha tenido. Además, gracias a la metodología de dinámica de sistemas, logró analizar el comportamiento de la competitividad del clúster de muebles en un horizonte de tiempo, con el objetivo de aumentar los resultados del estudio a través de la toma de decisiones, todo esto a partir del modelo de competitividad desarrollado. No obstante, la dinámica de sistema no fue utilizada como herramienta de evaluación sino solamente como una herramienta de ayuda a la toma de decisiones (s.p.).

En la investigación realizada por Martínez-Marín, S., Puello-Pereira, N., & Ovallos-Gazabon, D. (2020), a través de la literatura demuestran la importancia que tienen los clústeres en la competitividad y la evolución que han tenido debido al mercado. Al tener la necesidad de poder capturar la complejidad y comportamiento dinámico del sistema, destacan la dinámica de sistemas como la metodología de simulación capaz de comprender su estructura. Como resultado de validar la hipótesis dinámica mediante el diagrama causal en el Software Vensim PLE Systems ®, concluyen que los factores de innovación, gestión productiva, gestión financiera, gestión organizacional, gestión comercial y gestión de clústeres aumentan positivamente el nivel de competitividad del clúster (s.p.).

Tabla 2

*Relación investigaciones – ejes temáticos.*

Autores	Temática abordada
(Rodríguez et al., 2016, p. 5)	Dinámica de sistemas y clúster
(Carbonara & Giannoccaro, 2011, p. 415–436)	Dinámica de sistemas, competitividad y clúster
(Gilkinson & Dangerfield), 2013, p. 2032–2043)	Dinámica de sistemas y competitividad
(Montaño-Arango et al., 2012, p. 493–525)	Competitividad y clúster
(Puello Pereira, 2016, s.p.)	Dinámica de sistemas, competitividad y clúster
(Martínez-Marín, Puello-Pereira, & Ovallos-Gazabon, 2020, s.p.)	Dinámica de sistemas, competitividad y clúster

*Nota.* La tabla 2 muestra la relación que hay entre los ejes temáticos abordados y sus autores. Autoría propia.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se puede concluir que existen resultados en los trabajos de investigación, como en el de (Puello Pereira, 2016, s.p.) y (Martínez-Marín et al., 2020, s.p.) que son insumo importante para medir la competitividad de un clúster a través de dinámica de sistemas, siendo el punto de partida para el desarrollo de un modelo más completo capaz de identificar las acciones que permitan incrementar la competitividad de un clúster. De esta manera, se confirma la importancia de esta investigación ya que correlaciona temáticas que hoy en día juegan un papel importante en la evaluación del aporte de factores, acciones y

capacidades, incrementando el nivel de competitividad de un clúster e impactar en el desarrollo de la región y el país, a lo cual el Atlántico y Colombia hoy le están apuntando.

**Diseño metodológico**

El desarrollo de este trabajo de investigación será de naturaleza mixta, con un enfoque cuantitativo y cualitativo, esto debido a que el proyecto tendrá planteamientos abiertos que van enfocándose, conducido en ambientes naturales, con una secuencia establecida, probando las estrategias identificadas, siendo analizadas a la realidad de manera objetiva. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014, s.p.).

El alcance de la investigación será correlacional, puesto que, se pretende identificar y asociar estrategias de decisión, permitiendo a través de la dinámica de sistemas predecir el comportamiento de estas estrategias y poder escoger la que permita incrementar la competitividad de cada uno de los actores del clúster lácteo del departamento del Atlántico. Por lo cual, se hace necesario seguir el proceso de modelamiento con dinámica de sistemas propuesto por (Sterman, 2000, s.p.).

Tabla 3

*Definición de fases y actividades.*

Fases	Actividades
Analizar modelos de competitividad en clúster, para la definición de variables claves en el proceso de modelamiento.	Revisión del estado del arte de los modelos de competitividad en clúster, para definir las variables claves del modelo y así articular el problema. Elaboración de la hipótesis dinámica, por medio de la selección de la metodología a utilizar y la

---

<p>Construcción del modelo de simulación con dinámica de sistemas que permita evaluación de acciones estratégicas.</p>	<p>formación de las relaciones causales entre los principales factores, en términos de la evaluación de la competitividad.</p> <p>Recolección de información primaria y secundaria suministrada por el clúster lácteo, lo que constituye los datos de entrada del modelo. Con este insumo, se podrá construir el modelo y posteriormente la simulación en el horizonte de tiempo estimado. Al obtener los resultados se realiza un análisis de estos y de su comportamiento.</p>
<p>Identificación el mejor escenario de integración de acciones que incremente el nivel de competitividad.</p>	<p>Realización de pruebas de validación y de sensibilidad en la estructura y el comportamiento del modelo, siguiendo la metodología propuesta por (Barlas, 1996, p. 183–210).</p> <p>Iniciando con unas pruebas de estructura directa, a través de una prueba empírica, pruebas teóricas y métodos de implementación; luego, pruebas de comportamiento orientadas a la estructura; y por último prueba de patrón de comportamiento. Definir de las estrategias actuales del clúster las más importantes a través de la herramienta de priorización AHP, aplicándose a los actores del clúster lácteo, (Barrios, De Felice, Negrete, Romero, Arenas &amp; Petrillo, 2016, p. 861-885), éstas se adicionan para luego simularlas dentro del modelo. Se analiza el comportamiento con el objeto de seleccionar las mejores estrategias resultantes para incrementar el nivel de competitividad del clúster.</p>

---

*Nota.* La tabla 3 indica las fases de la investigación junto a las actividades a desarrollar. Autoría propia.

**Hipótesis dinámica**

El modelo causal figura 1 se plantea teniendo como punto de referencia el realizado por (Martínez-Marín et al., 2020, s.p.). Teniendo a la Innovación, Gestión productiva, Gestión Económico-Financiera, Gestión Comercial, Gestión de Clúster, y Gestión Organizacional como los factores principales que inciden directamente en el nivel de competitividad de un clúster. (Niño, J., & Negrete, K, 2016, s.p.) y (Puello Pereira, 2016, s.p.).

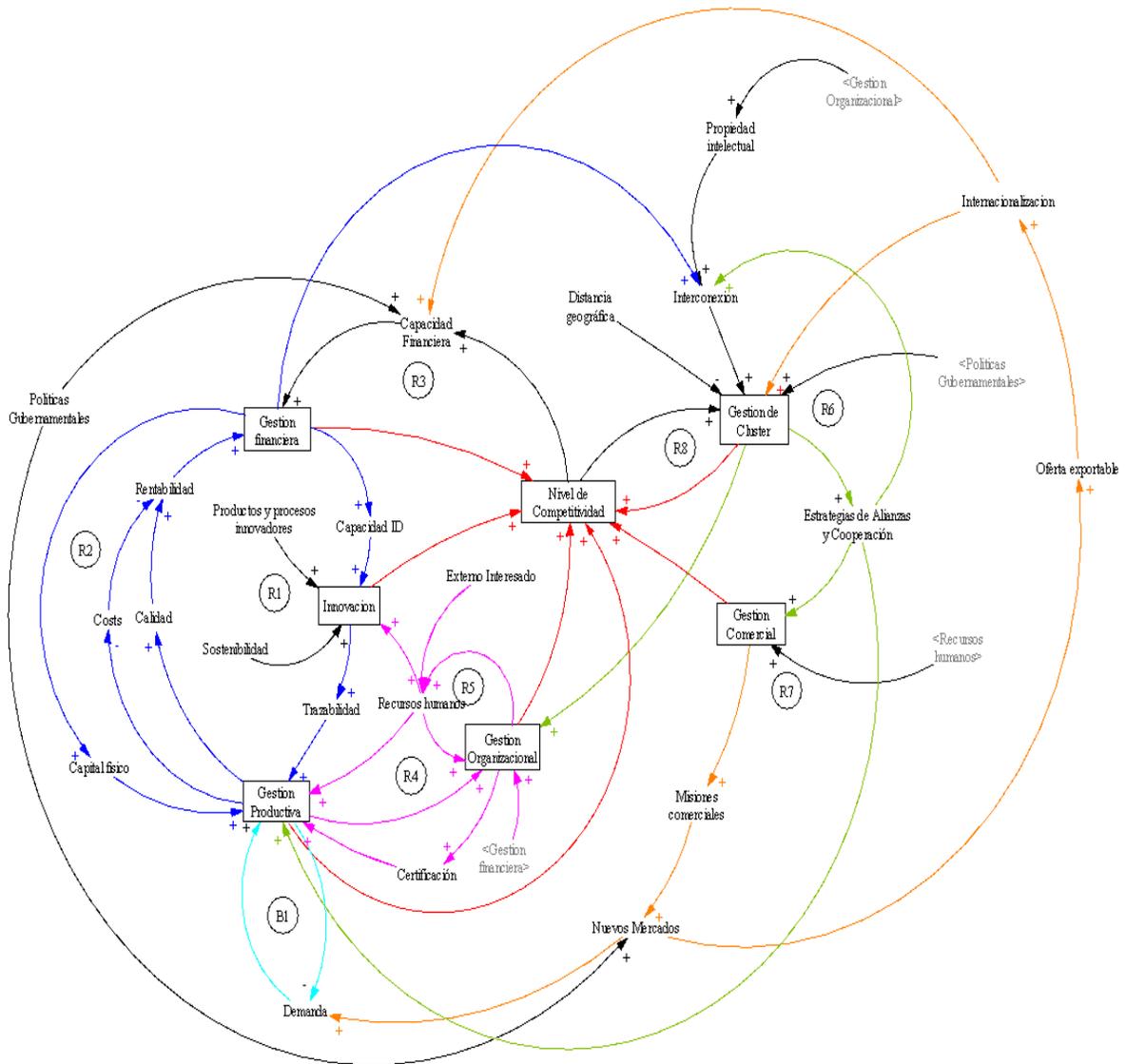


Figura 1 la figura 1 ilustra el modelo causal Autoría propia

En la figura 2, se puede observar en el refuerzo R1 como la innovación es afectada positivamente por la gestión financiera, debido a una mayor capacidad en la inversión de I+D, y por un crecimiento en los productos y procesos innovadores sostenibles. A su vez, afecta de manera positiva a la gestión productiva por medio de la trazabilidad aplicada. (Martínez-Marín et al, 2020, s.p.), (AtlantiLAC, 2020, s.p.), (Confecámaras, 2020, s.p.).

En R2 se evidencia un ciclo donde la gestión financiera incide directamente en el capital físico, permitiendo un incremento en la gestión productiva de las empresas, reflejado en mayor calidad y menores costos de los productos y/o servicios, impactando de manera positiva la gestión financiera al tener una mayor rentabilidad. En consecuencia, será más fácil que las empresas del clúster se interconectan aumentando la gestión de este. (Benzaquen, et al, 2011, p. 67–84), (León, 2017, s.p.), (Martínez-Marín et al., 2020, s.p.).

De esta manera, el refuerzo R1 de innovación junto al ciclo R2 de gestión financiera, aumentan de manera positiva el nivel de competitividad que, a su vez, en la formación del ciclo de retroalimentación R3 afecta positivamente la gestión financiera por medio de la capacidad financiera generada por las políticas gubernamentales de exención de aranceles debido a que, si las empresas tienen más capacidad financiera, su gestión podrá ser mayor. (Benzaquen, et al, 2011, p. 67–84), (Martínez-Marín et al, 2020, s.p.).

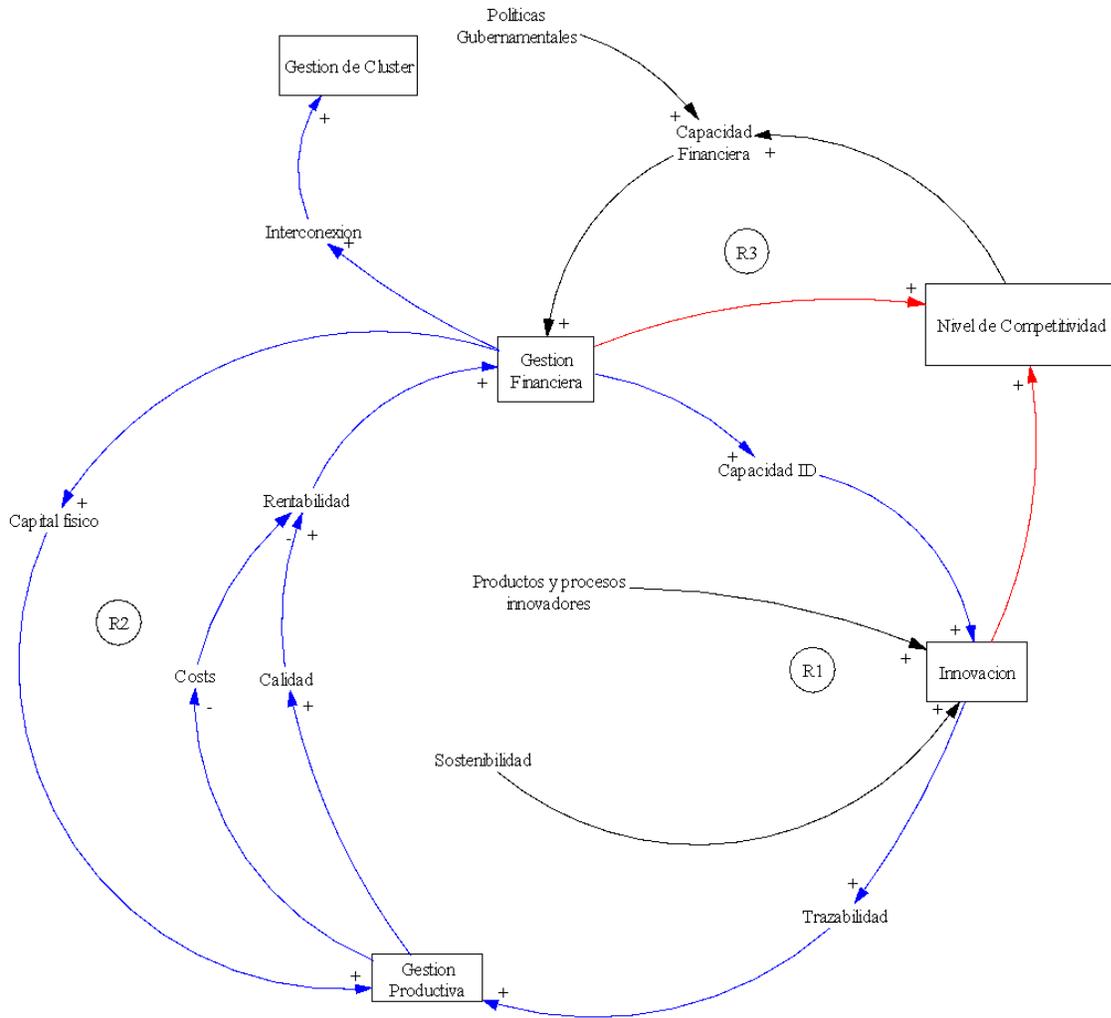


Figura 2 la figura muestra el refuerzo que hay en R1, R2 y R3. Autoría propia

En la figura 3 refuerzo R4 se observa que la gestión organizacional afecta de manera directa la gestión productiva a partir de las certificaciones obtenidas por las empresas. Asimismo, se genera un bucle directo R5 con el recurso humano, debido a la influencia de la parte externa interesada como universidades, centros de investigaciones, instituciones gubernamentales, entre otras, sobre las mejores prácticas del recurso humano, incidiendo así de forma positiva en la gestión productiva y la innovación. A su vez, la gestión del clúster, la gestión financiera y la

gestión productiva tienen una afectación positiva en la gestión organizacional. (Benzaquen, et al, 2011, p. 67–84), (Martínez-Marín et al, 2020, s.p.), (AtlantiLAC, 2020, s.p.).

Por consiguiente, el refuerzo R4 generado en la gestión organizacional aumenta de manera positiva el nivel de competitividad junto a la innovación y gestión productiva. (Martínez-Marín et al, 2020, s.p.).

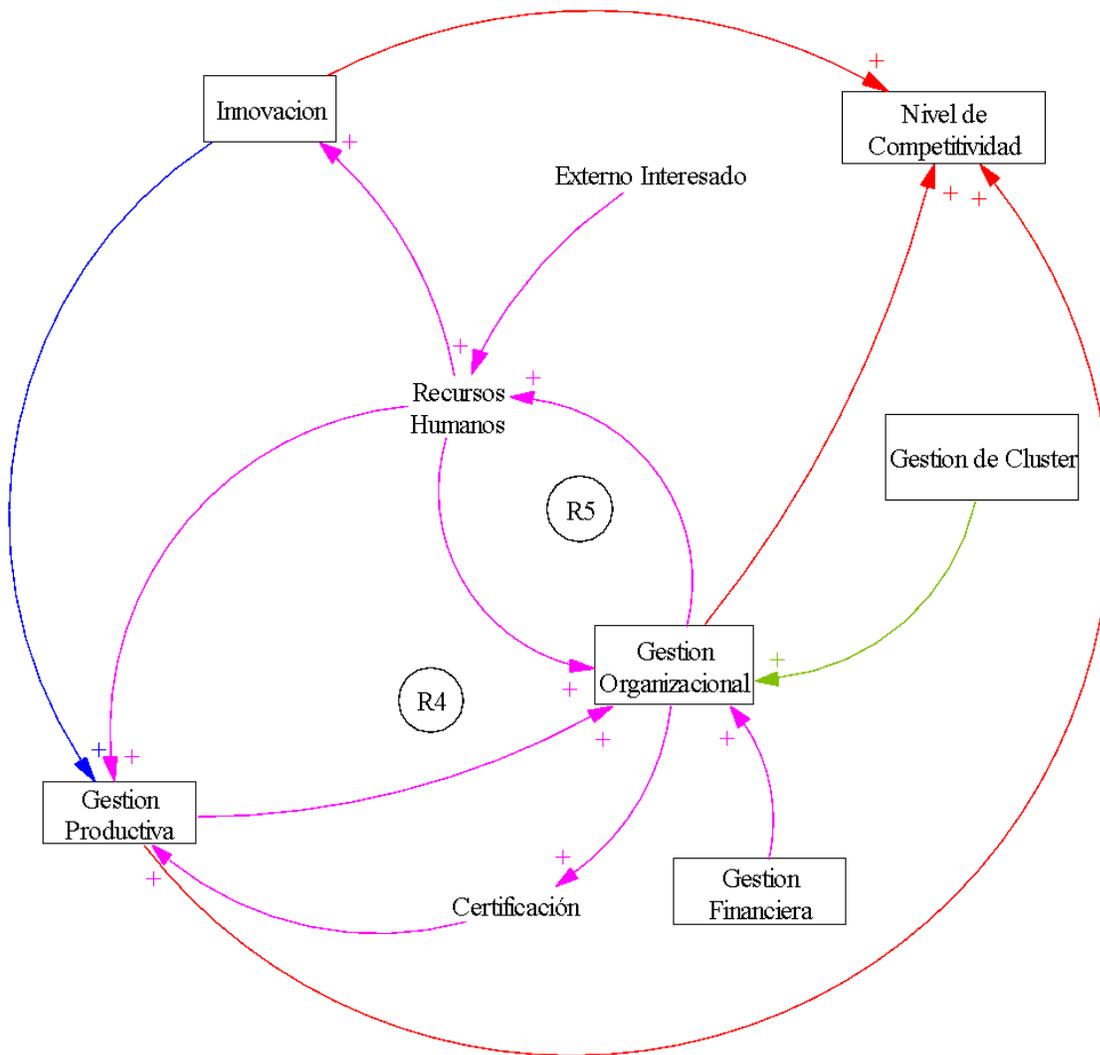


Figura 3 la figura ilustra el refuerzo que hay en R4 y R5. Autoría propia

En la figura 4 el refuerzo R6 muestra un ciclo en el que la gestión del clúster incide directamente sobre la gestión organizacional obteniendo procesos y productos desarrollados con propiedad intelectual, generando mayor interconexión entre las empresas que pertenecen al clúster aumentando así su gestión; asimismo, afecta positivamente las estrategias de alianzas y cooperación entre las empresas, la academia, entidades gubernamentales y cámaras de comercio, las cuales impactan de manera positiva a la interconexión, gestión productiva y gestión comercial. Igualmente, la gestión de clúster es afectada de manera directa por las políticas gubernamentales de beneficios que incentivan su conformación y participación, y por los procesos internacionales que se tenga. A su vez, de forma inversa por la distancia geográfica, es decir, a menor distancia geográfica entre las empresas, mayor la gestión en el clúster. (Carbonara & Giannoccaro, 2011, 415–436), (Rodríguez et al., 2016, p. 5), (León, 2017, s.p.), (Martínez-Marín et al, 2020, s.p.), (Confecámaras, 2020, s.p.).

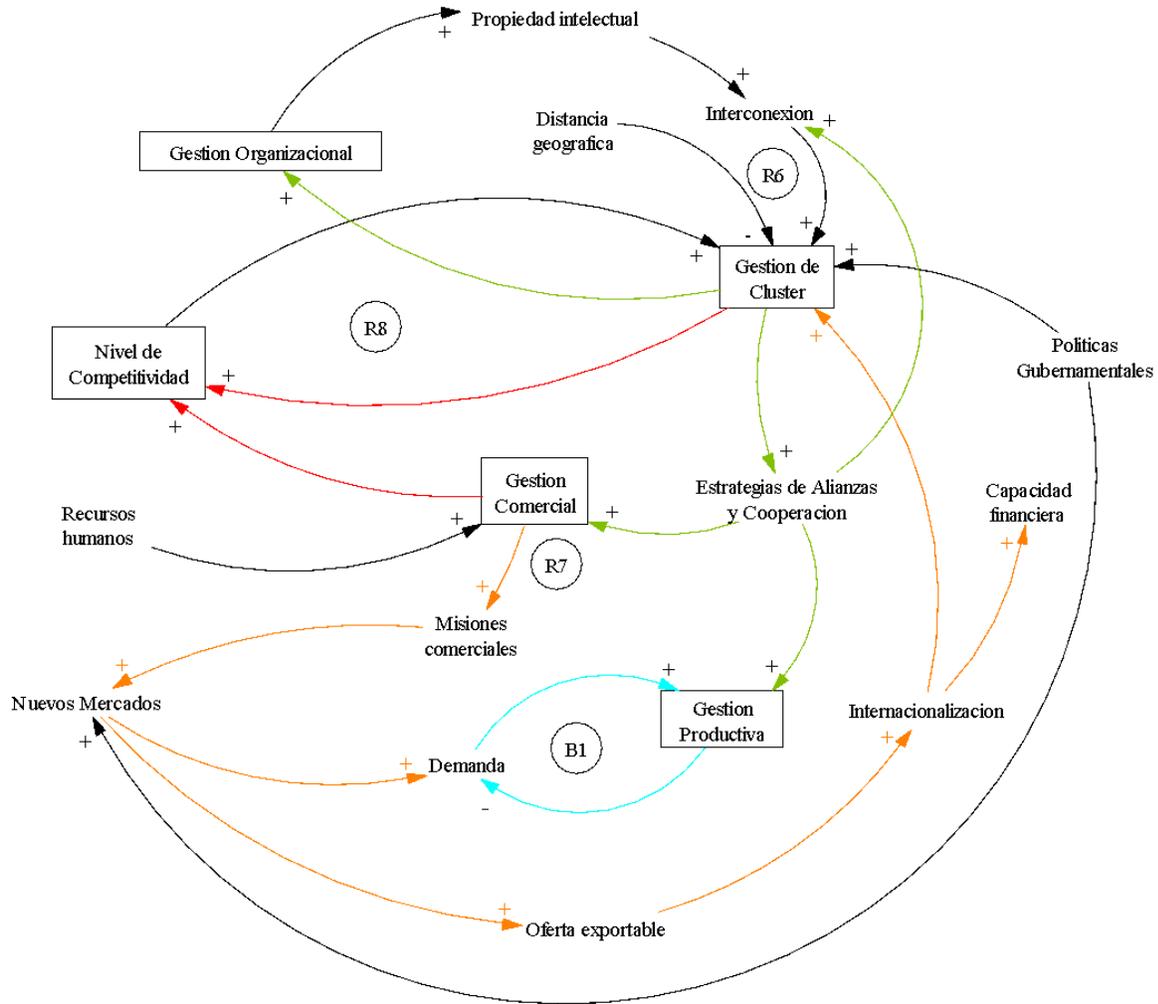


Figura 4 la figura muestra el refuerzo que hay en R6, R7 y R8 y el bucle 1. Autoría propia

El refuerzo R7 denota la incidencia de la gestión comercial sobre las misiones comerciales logrando abrir nuevos mercados a nivel nacional, y con una oferta exportable alcanzar mercados internacionales, aumentando la capacidad financiera. Ahora bien, con nuevos mercados, la alta demanda ocasionada genera un mayor esfuerzo por parte de la gestión productiva, que a su vez disminuirá la demanda, observado en el bucle de balance B1. De igual forma, la gestión comercial es afectada directamente por el recurso humano, puesto que, si el

personal cuenta con habilidades empresariales, un clima organizacional y herramientas adecuadas podrá ser más eficiente en la gestión comercial. (Benzaquen, et al, 2011, p. 67–84), (Puello Pereira, 2016, s.p.), (Martínez-Marín et al, 2020, s.p.), (AtlantiLAC, 2020, s.p.).

En consecuencia, el nivel de competitividad aumenta debido al bucle directo R8 que tiene con el refuerzo R6 generado en la gestión del clúster y al refuerzo R7 formado en la gestión comercial.

### **Caracterización del sistema caso de estudio: clúster lácteo del Atlántico**

La caracterización del sistema se realiza en el clúster lácteo del departamento del departamento del Atlántico, porque este es un clúster consolidado, con la necesidad de incrementar sus ventajas competitivas y que cuenta con la información necesaria para la aplicación del modelo desarrollado.

El clúster lácteo del departamento Atlántico está conformado por empresas productoras agrícolas y ganaderas, transformadoras, comercializadoras, distribuidoras, el SENA, la Universidad de la Costa CUC, la Universidad Libre, la Universidad San Martín, la Comisión Regional de Competitividad e Innovación (CRCI) del Atlántico, la Gobernación del Atlántico, y la Cámara de Comercio de Barranquilla.

La Comisión Regional de Competitividad e Innovación del Atlántico [CRCI], (2018). En su reporte realizado muestra el comportamiento del clúster lácteo del departamento del Atlántico, indicando que cuenta con alrededor de 6.500 predios ganaderos, entre los cuales se estima que el 95% se dedican a la producción de leche. También, que en los últimos años la productividad del ható en el departamento ha crecido de 2,9 litros a 5,9 litros diarios/vaca, con la meta aún de llegar a 8,1 litros. A su vez, cuenta aproximadamente con 5.610 empresas, generando 11.650

empleos directos, donde el sector primario concentra el 86% de este valor. Cabe resaltar que esta cifra es mucho mayor, ya que una gran cantidad de empresas no reportan esta información debido a su nivel de informalidad. \$356 billones en activos que corresponden al 7,8% del PIB del departamento y 27% del total agropecuario (s.p.).

De igual manera, menciona la fortaleza de contar con una capacidad de procesamiento de lácteos de casi 1.000.000 litros/día y un alto porcentaje de proteína y grasa en leche cruda, debilidad en la alta informalidad y distorsión de precio de la leche, necesidades en la innovación en productos y procesos, al incrementar precios y al abrir nuevos mercados a productos innovadores. Específicamente señala unas necesidades desde la política de desarrollo productivo en:

Eje de calidad, proponiendo que se genere un apoyo a los lácteos funcionales y a la marca colectiva para el queso costeño, a través del fortalecimiento en las certificaciones.

Eje de innovación y emprendimiento, fortaleciendo la infraestructura tecnológica.

Eje de innovación y encadenamiento productivo, formalizando las Pymes lácteas.

Eje de capital humano, analizando las brechas de conocimiento que hay en el capital humano.

Por su parte, Confecámaras (2020). Indica que la estrategia del clúster en el largo plazo, debe ser una iniciativa que apunte a la estrategia de lácteos y derivados funcionales, un modelo en el cual las ventajas competitivas se basen en la capacidad de investigar y aplicar conocimiento en los diferentes eslabones de la cadena de manera que el producto final tenga entre sus características la aportación de beneficios para la salud de quienes consumen los bienes, aporte del respeto a criterios relacionados con sostenibilidad (s.p.).

Como desafío principal mencionan que se debe identificar e implementar mecanismos que garanticen la operación y el sostenimiento del clúster en los próximos años. Por lo cual, recomiendan para mejorar lo siguiente:

Tabla 4

*Recomendaciones para la mejora del clúster lácteo del Atlántico.*

	¿QUÉ HACER?	¿CÓMO HACERLO?
Implementar un plan de comunicaciones que ayude a posicionar la gestión del clúster en pro de su funcionamiento en el corto y mediano plazo.	Diseñar y ejecutar un plan de comunicaciones que permita mejorar el posicionamiento del trabajo del clúster entre grupos claves de interesados (stakeholders)	Establecer contactos con potenciales aliados para explorar posibilidades de colaboración. Definir esquemas de colaboración. Iniciar proceso de diseño y ejecución de plan de comunicaciones
Construir un pipeline de proyectos lo suficientemente grande para mejorar la probabilidad de encontrar financiamiento que ayude a sostener la gestión del clúster.	Construir proyectos de manera participativa e inclusiva, a través de metodologías especializadas, con el propósito de iniciar un proceso de búsqueda activa de oportunidades de	Definición de plan de trabajo para la construcción de proyectos. Realización de mesas de trabajo enfocadas en líneas prioritizadas. Construcción de proyectos. Búsqueda de

	financiación que permitan sostener la gestión del clúster.	oportunidades de financiamiento.
Analizar diferentes escenarios para reactivar la gestión del clúster, de manera que opere de una manera armónica y eficiente.	Establecer y gestionar mesas de trabajo que sirvan de estructura para soportar las acciones de fortalecimiento de la gestión del clúster en las líneas identificadas de proyectos.	Vincular mesas de trabajo para la construcción de proyectos a estructura de gestión del clúster. Desarrollar sesiones y realizar monitoreo y seguimiento a resultados obtenidos.

Nota. La tabla 4 indica las recomendaciones, con el que hacer y como con el fin de la mejora del clúster lácteo del departamento del Atlántico. Autoría propia

Por último, comparten los siguientes mensajes claves para el futuro del clúster:

La sostenibilidad es un imperativo en la industria láctea y las empresas pueden convertirla en una clara ventaja competitiva.

La interconexión entre actores de distintos eslabones es uno de los factores claves de éxito del sector.

El éxito de una iniciativa clúster radica en el compromiso de todas las empresas e instituciones que lo conforman.

Se ingresan todos los datos de entrada proporcionada por el clúster y expertos, se simula en un lapso de 20 años y se obtiene el comportamiento de cada uno de los factores y cómo estos influyen en el nivel de competitividad. (Ver figura 5) Resultando la gestión comercial como el factor con mayor nivel al final y el nivel de competitividad con un crecimiento lento que no alcanza el nivel máximo.

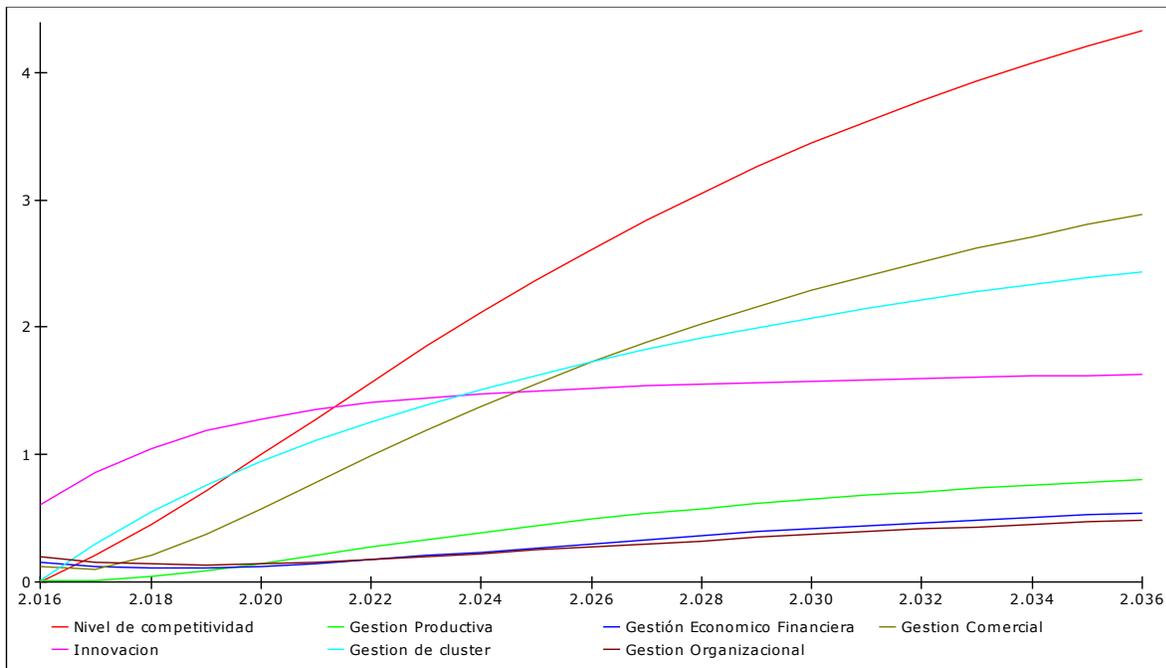


Figura 5 la figura muestra el nivel de competitividad vs los factores a 20 años. Autoría propia

**Validación del modelo**

**Pruebas de estructuras.**

Para la validación del modelo se hace necesario realizar unas pruebas dónde se compruebe que el modelo cuenta con una buena estructura. Para esto, al nivel de competitividad los valores de entrada y los de inicio se ajustan en 0 y se corre el programa, observando en la figura 6, ninguna variación al pasar los años.

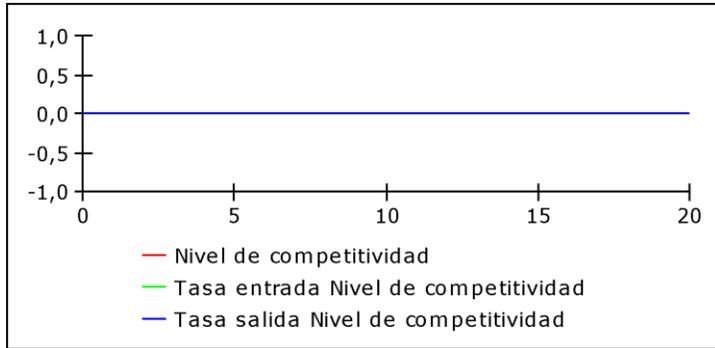


Figura 6 la figura muestra el comportamiento del nivel de competitividad con valores de entrada e inicio en 0.

Autoría propia

Así mismo, nuevamente al nivel de competitividad los valores de entrada se ajustan en 0 se corre el programa, y se observa en la figura 7 que, al no tener ninguna entrada en el sistema, un decrecimiento en el nivel al pasar los años.

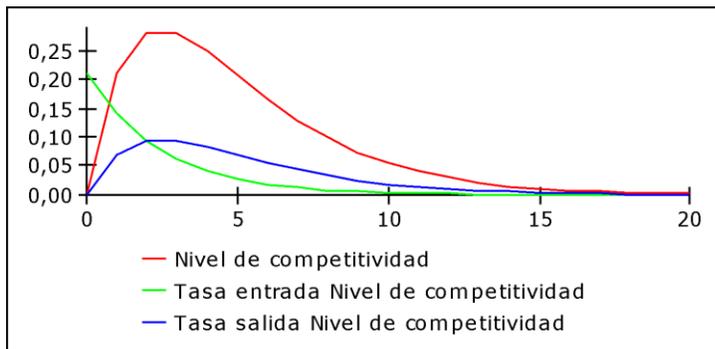


Figura 7 la figura muestra el comportamiento del nivel de competitividad con valores de entrada en 0. Autoría propia

De acuerdo con lo obtenido en ambas figuras se puede inferir que el modelo cuenta con una buena estructura.

**Pruebas de comportamiento.**

Para el análisis de comportamiento se hace necesario validar el comportamiento del modelo en relación con el nivel de competitividad y sus factores a través del tiempo.

De acuerdo con lo anterior, en la investigación realizada por Puello Pereira, (2016) se presenta para el clúster de muebles del departamento del Atlántico un crecimiento hasta estabilizarse, en el nivel de competitividad y sus factores en un horizonte de tiempo de 100 meses, dado al escenario propuesto donde las empresas que pertenecen al clúster realizan actualización en sus procesos y maquinarias, mejoras en su recurso físico y digital, generan alianzas entre ellas y capacitan a su recurso humano. En la Figura 8 se puede observar un comportamiento de crecimiento similar en el nivel de competitividad en dos clústeres diferentes pero que son afectados por los mismos factores, dado esto se puede inferir que lo obtenido en la simulación es coherente (s.p.).

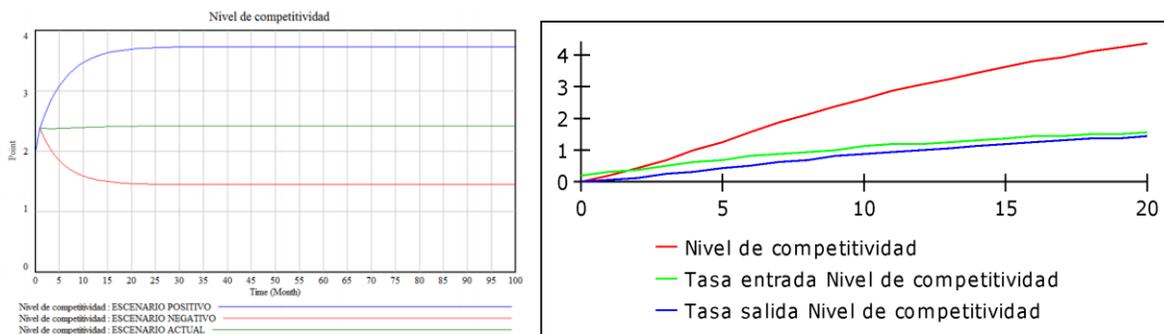


Figura 8 la figura ilustra el incremento del nivel de competitividad del clúster muebles del Atlántico Vs el incremento del nivel de competitividad clúster lácteo del. Autoría propia

Así mismo, se presenta el resultado del comportamiento a 20 años dado por la simulación en dinámica de sistemas a expertos. Los cuales indican que este se ajusta mucho a la realidad que se evidencia en el clúster lácteo del departamento, teniendo en cuenta que este en su momento inicial estableció una ruta de trabajo con unas metas a mediano y largo plazo, que al inicio se tuvo dificultades porque no había un nivel de confianza entre los actores para entender la

importancia de poder colaborar. Entonces, a medida que se han vencido esas barreras con los desarrollos de proyectos con los diferentes equipos de trabajo que se han conformado, ha permitido que se hayan integrado nuevas empresas a este clúster logrando resultados en desarrollos de proyectos y utilización de recursos del estado para el beneficio del mismo clúster. Todo esto, junto a unas metas claras, y el ser organizado, lo ha consolidado y le ha dado mayor proyección al clúster. Según la gráfica del incremento del nivel de competitividad del clúster lácteo del Atlántico se puede decir que este se encuentra hoy en el año 4 o 5 donde se empieza un despegue en el crecimiento. También resaltan que existe un efecto pandemia que si se considera puede afectar el ritmo con el que se viene trabajando, con una disminución en el nivel de competitividad en el año 2020, 2021, 2022, pero que si se sigue trabajando como se ha hecho hasta ahora e incrementando la capacidad de innovación seguramente podrá recuperarse, generando un impacto a nivel local, regional e internacional que es lo que se busca. Por lo tanto, la simulación es acertada de acuerdo con la realidad del clúster.

### **Análisis de sensibilidad**

Se hace necesario dentro del proceso de validación del modelo un análisis de sensibilidad, para evaluar qué tan sensible es este con relación a las variables que afectan en mayor proporción el modelo.

En primera medida, se identifica a productos y procesos innovadores y recursos humanos como esas variables que afectan significativamente el modelo. Por consiguiente, se toma la variable productos y procesos innovadores y se analiza cómo afecta al nivel de competitividad. En la figura 9 se puede observar como el nivel de competitividad tiene un comportamiento creciente cuando el porcentaje de productos y procesos innovadores del clúster frente a los del

sector es 0,2; 0,6 y 1. Como resultado, se concluye que el nivel de competitividad es significativamente sensible frente a esta variable.

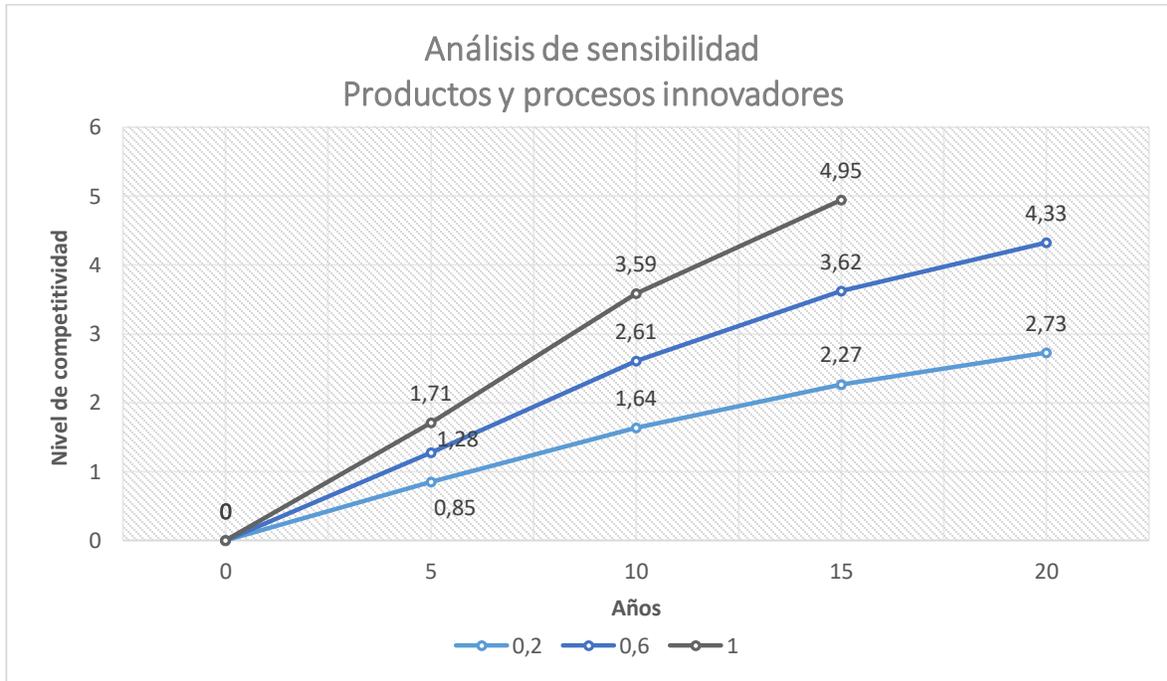


Figura 9 la figura muestra el gráfico de productos y procesos innovadores con tres diferentes valores, que permite analizar la sensibilidad del modelo. Autoría propia

De igual manera, se toma la variable recursos humanos y se analiza cómo esta afecta también al nivel de competitividad. En la Figura 10 se puede observar como el nivel de competitividad tiene un comportamiento creciente cuando las capacitaciones en el clúster aumentan de 1 a 2 y luego a 3. Por tanto, se concluye que el nivel de competitividad también es significativamente sensible frente a esta variable.

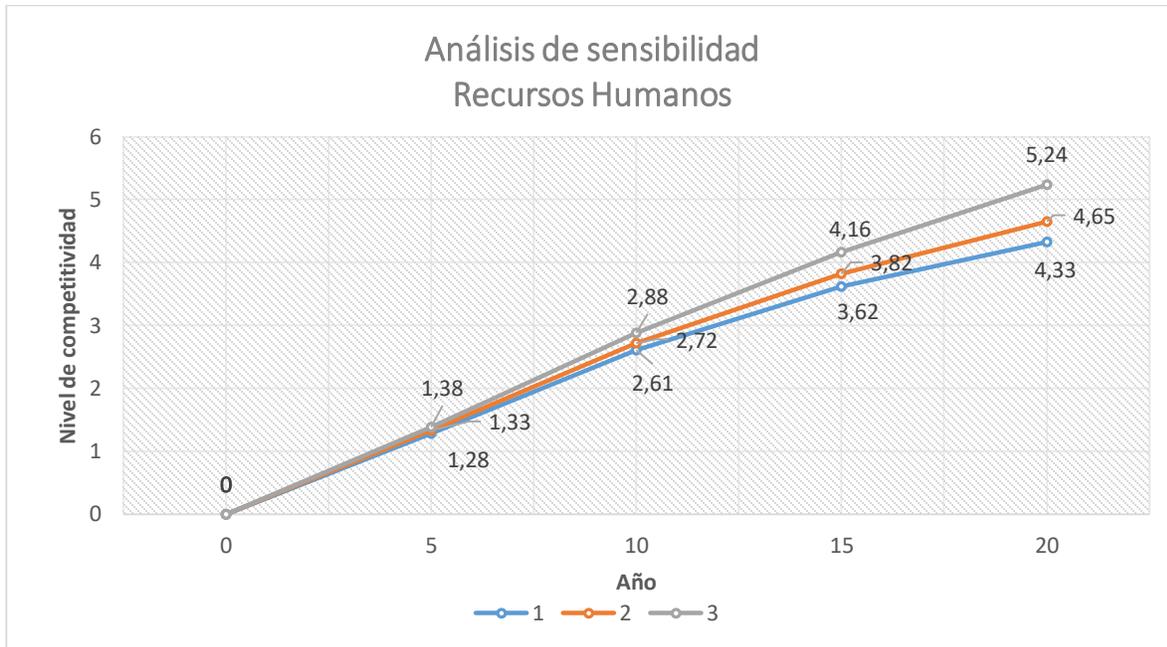


Figura 10 la figura muestra el gráfico de recursos humanos con tres diferentes valores de capacitaciones, lo que permite analizar la sensibilidad del modelo. Autoría propia

**Resultados y análisis de escenarios.**

Luego de haber validado el modelo de simulación para el nivel de competitividad del clúster lácteo del departamento del Atlántico, se procede a la evaluación de escenarios sobre el efecto de los factores y en el nivel de competitividad.

Para esto, primeramente, se hace necesario determinar cuáles son esas estrategias más relevantes de las que ya han sido contempladas por el clúster, En la tabla 5 se indican los factores y acciones con las que cuenta actualmente el clúster lácteo del Atlántico, diseñadas y actualizadas para mejorar el entorno del clúster y sostener la estrategia de las empresas de acuerdo con la opción estratégica elegida para este. (Asociación de ganaderos de la costa norte [ASOGANORTE], 2016, p.3).

Tabla 5

*Factores y líneas de acción del Clúster lácteo del Atlántico.*

Factores	Líneas de acción
1. Fortalecimiento de la cadena productiva	<p>1.1 Acompañamiento del productor por parte al comprador en capacitaciones entorno al manejo de la leche.</p> <p>1.2 Encadenamiento productivo</p> <p>1.3 Certificación y registro de procesos y productos lácteos (BPM, Invima)</p> <p>1.4 Proyectos de fuentes renovables y eficiencia energética aplicados a empresas transformadoras y centros de acopio.</p> <p>1.5 Capacitaciones en competencias empresariales y temáticas de productividad</p> <p>1.6 Implementación de técnicas de trazabilidad aplicada en procesos y productos de la cadena láctea.</p> <p>1.7 Acceso a recursos de financiamiento y cofinanciamiento externo.</p> <p>1.8 Mejoramiento bovino.</p> <p>1.9 Procesos de mejoramiento hacia la calidad de la leche</p> <p>1.10 Articulación empresarial con turismo agroindustrial</p>

- 2. Innovación y sofisticación de productos
  - 2.1 Investigación y desarrollo de productos lácteos diferenciados
  - 2.2 Aplicación de técnicas y metodologías con enfoque en industria 4.0
  - 2.3 Proyectos de innovación en producto, innovación en procesos e innovación comercial
  - 2.4 Denominación de origen del queso costeño
  - 2.5 Mejoramiento e innovación en empaque de productos lácteos.
  - 2.6 Sellos diferenciados en productos.
- 3 sensibilización en el nuevo segmento de negocio
  - 3.1 Actividades de relacionamiento interno e inter-clúster
  - 3.2 Socialización de los objetivos y beneficios de la estrategia del clúster a toda la cadena.
  - 3.3 Uso eficiente de redes sociales como medio para llevar a la cadena al nuevo segmento de negocio.
  - 3.4 Centrar estrategias de los beneficios de consumo de leche en población joven y adulta.
- 4. Desarrollo y fortalecimiento curricular
  - 4.1 Análisis de brechas del capital humano
  - 4.2 Formación técnica y capacitación en la agroindustria, ligado a prácticas en plantas y fincas de producción primaria.

- 4.3 Apertura de cursos con ayuda del SENA y entidades académicas privadas en el desarrollo de productos lácteos con alto valor agregado.
- 4.4 Convenio con entidades de educación superior en para programas de formación especializados en el sector lácteo.
- 5. Comercialización de nuevos mercados
  - 5.1 Diseño de la oferta exportable del clúster
  - 5.2 Misiones comerciales y/o tecnológicas nacionales e internacionales.
  - 5.3 Fortalecimiento de estrategias de marketing digital en empresas comercializadoras.
  - 5.4 Desarrollo de eventos del clúster.
  - 5.5 Apertura y lanzamiento de la marca “Clúster del Atlántico” para la comercialización de los nuevos productos.
  - 5.6 Generación de marca colectiva para productos lácteos reconocidos en la región.

---

*Nota.* La tabla 5 muestra los factores y líneas de acción con las que cuenta actualmente el clúster. Autoría propia.

Para definir las acciones más importantes de las actuales del clúster y poder definir las estrategias que se deben simular en dinámica de sistemas para poder incrementar el nivel de competitividad del clúster lácteo del departamento del Atlántico, los expertos indican que se puede implementar la herramienta Analytic Hierarchy Process (AHP), que es una metodología de apoyo lógica y estructurada, para la toma de decisiones en escenarios donde intervienen

múltiples variables o criterios de selección mediante la descomposición del problema en una estructura jerárquica. Caracterizándose por su flexibilidad y objetividad en el proceso, permitiendo reducir sustancialmente el uso de la intuición en la toma de decisiones (Berumen & Redondo, 2007, p.65-87). Es importante mencionar, que estos autores en su investigación sustentan que esta herramienta permite resumir toda la información y facilita una jerarquización de prioridades de las alternativas que impulsen la competitividad de las empresas, los sectores industriales y las regiones.

Al aplicar la herramienta AHP a los integrantes del clúster lácteo se obtienen las siguientes acciones priorizadas,

Tabla 6

*Factores y líneas de acción priorizadas a través de la herramienta AHP.*

FACTOR	PESO	ACCIÓN	PESO
2. Innovación y sofisticación de productos	23,585%	2.3 Proyectos de innovación en producto, innovación en procesos e innovación comercial	20,942%
5. Comercialización de nuevos mercados	21,841%	5.1 Diseño de la oferta exportable del clúster 5.2 Misiones comerciales y/o tecnológicas nacionales e internacionales.	20,980% 17,966%
4. Desarrollo y fortalecimiento curricular	20,242%	4.2 Formación técnica y capacitación en la agroindustria, ligado a prácticas en plantas y fincas de producción primaria.	33,128%
1. Fortalecimiento de la cadena productiva	18,922%	1.7 Acceso a recursos de financiamiento y cofinanciamiento externo.	15,855%

		1.6 Implementación de técnicas de trazabilidad aplicada en procesos y productos de la cadena láctea.	13,785%
		1.3 Certificación y registro de procesos y productos lácteos (BPM, Invima)	12,021%
3. Sensibilización en el nuevo segmento de negocio	15,410%	N/A	N/A

---

*Nota.* La tabla 6 ilustra las acciones que son prioritarias con su respectivo peso.

De acuerdo con lo obtenido en el análisis de priorización dado por la herramienta AHP se proponen los siguientes escenarios:

Escenario 1: Aumentar los proyectos de innovación en producto, innovación en procesos e innovación comercial, en las empresas que pertenecen al clúster.

Escenario 2: Diseñar una oferta exportable del clúster.

Escenario 3: Formar y capacitar en la agroindustria, ligado a prácticas en plantas y fincas de producción primaria y otros temas en donde requiera el recurso humano fortalecer su conocimiento.

Escenario 4: Gestionar certificaciones de calidad, inocuidad y aquellas que permitan ingresar a mercados extranjeros.

Se parte de un momento inicial de esta forma,

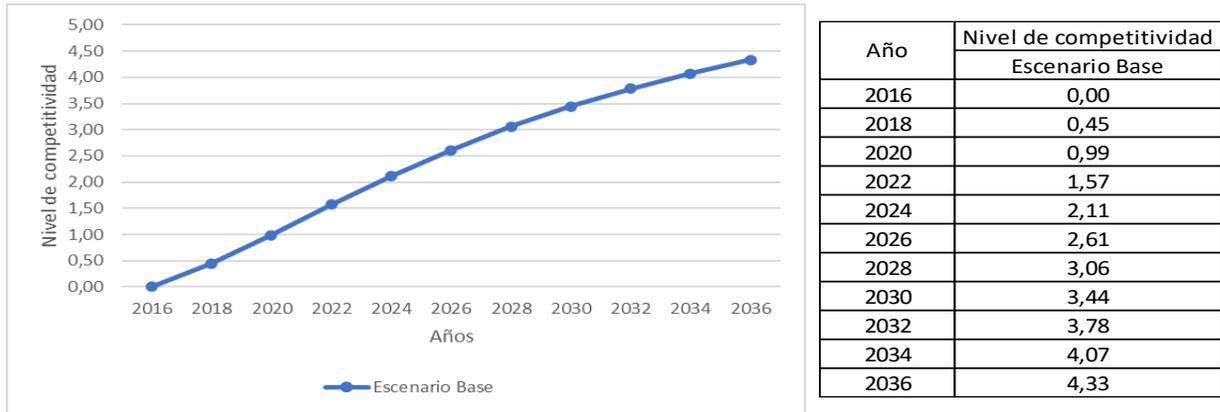


Figura 11. La figura ilustra la simulación del comportamiento actual del nivel de competitividad del clúster lácteo del Atlántico a 20 años. Autoría propia

Teniendo en cuenta la estructura del modelo y los resultados de diferentes experimentos de toma de decisiones, se determinó que este cuenta con ciclos de retroalimentación positivos dominantes, y que tiene una tendencia al crecimiento, es decir, si se aumenta los parámetros se espera que todo se aumente. Por lo tanto, este modelo cuenta con una correlación positiva, esperando una causalidad positiva también.

De acuerdo con lo anterior, se plantea un aumento en los parámetros de los distintos escenarios con datos razonables y confiables que pueden asegurarse teniendo en cuenta la realidad del clúster y su comportamiento histórico,

Escenario 1:

En este primer escenario se da un aumento en los productos y procesos innovadores de 0,60 a 0,70.

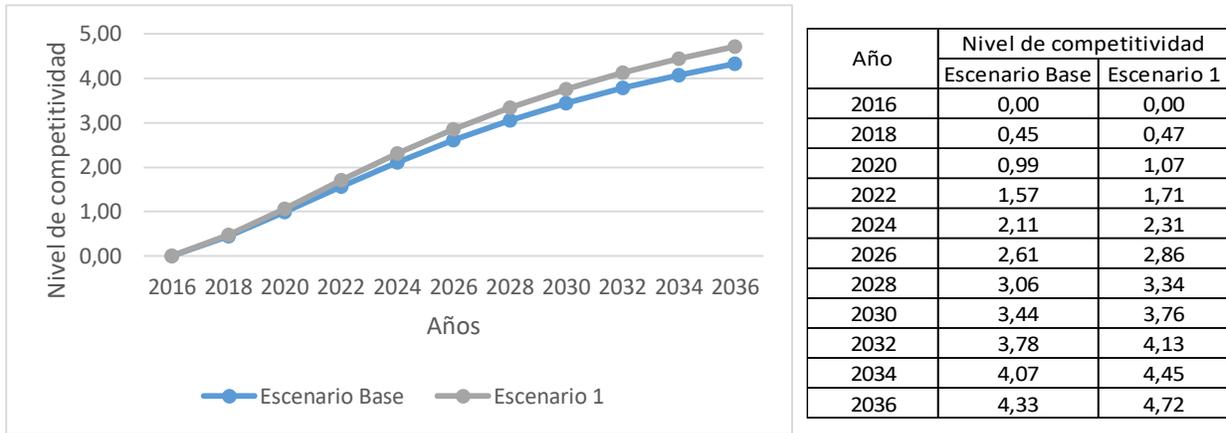


Figura 12. La figura muestra el comportamiento del escenario base vs escenario 1. Autoría propia

Escenario 2:

En este escenario se da un aumento en el porcentaje de mercados extranjeros de las empresas del clúster frente a las del sector de 0,05 a 1,00.

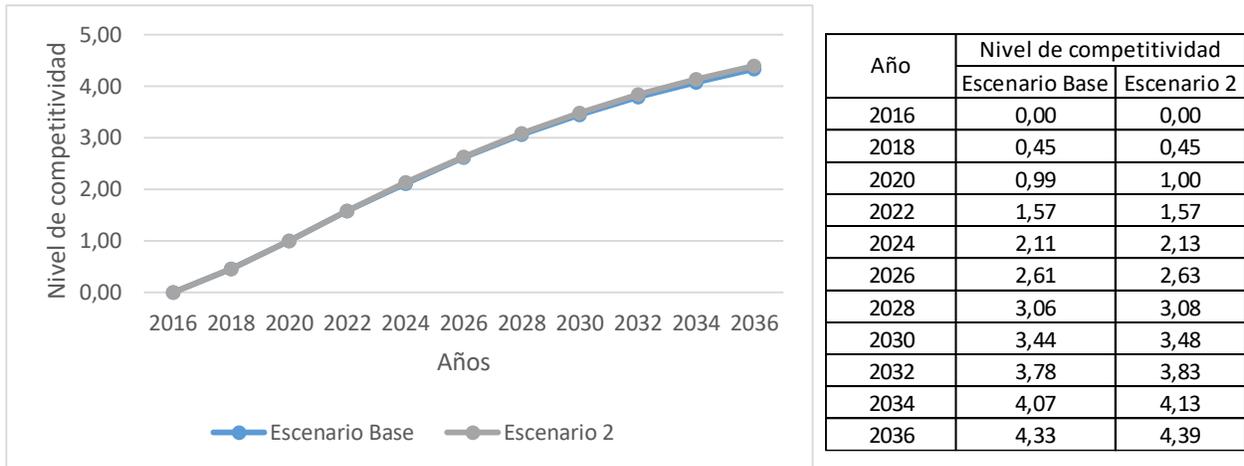


Figura 13 La figura muestra el comportamiento del escenario base vs escenario 2. Autoría propia

Escenario 3:

Por su parte en el escenario 3 hay 2 capacitaciones en vez de 1.

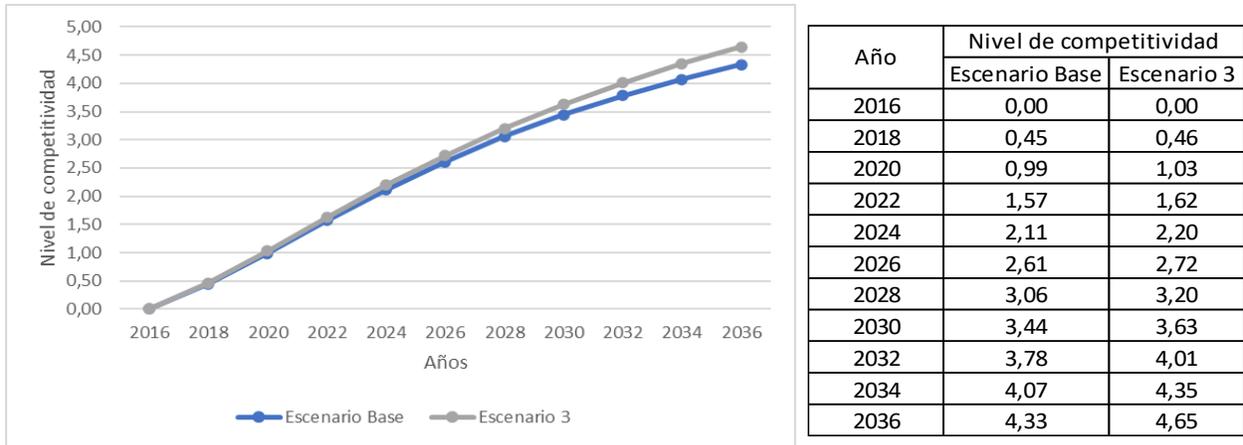


Figura 14 La figura muestra el comportamiento del escenario base vs escenario 3. Autoría propia

Escenario 4:

En este escenario hay un aumento en el porcentaje de empresas del clúster certificadas de 0,42 a 0,55.

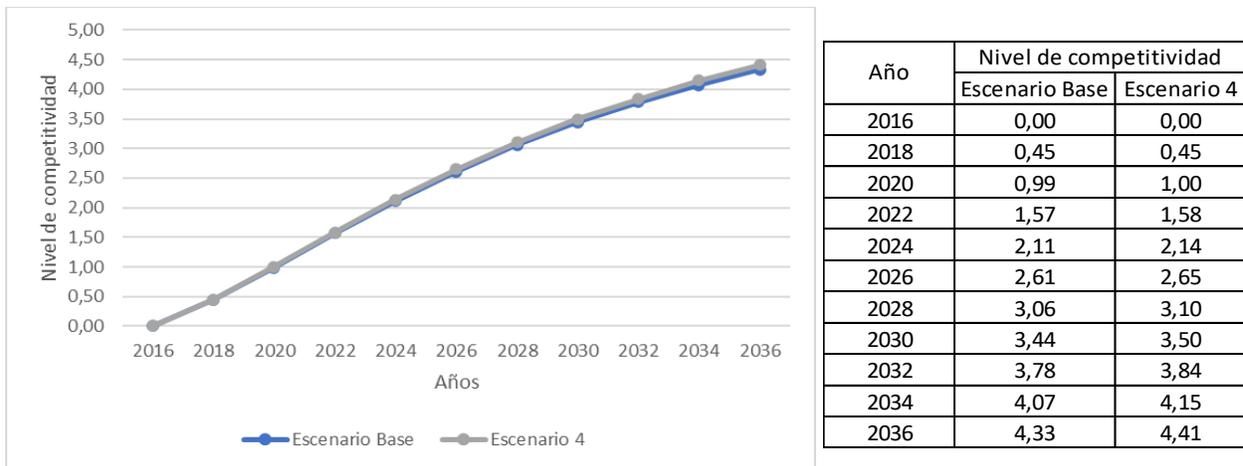
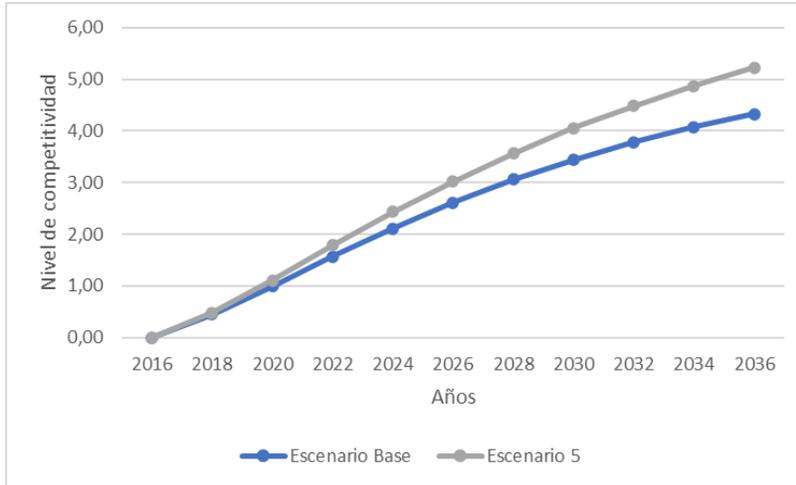


Figura 15 La figura muestra el comportamiento del escenario base vs escenario 4. Autoría propia.

Escenario 5:

Para este escenario se plantea una combinación de los escenarios 1, 2, 3 y 4.

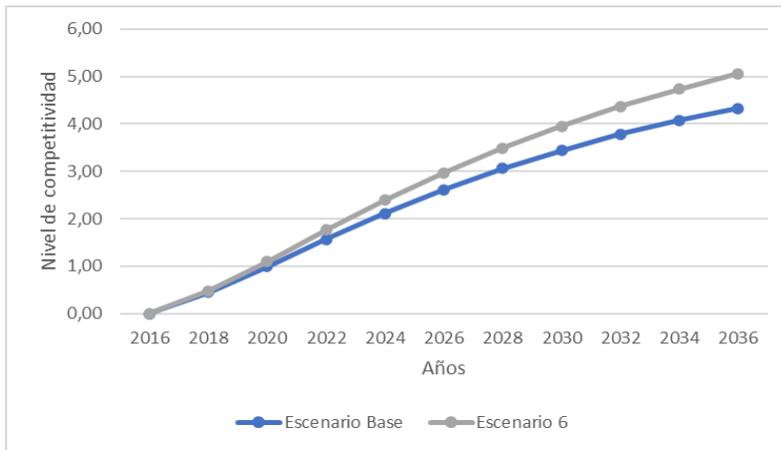


Año	Nivel de competitividad	
	Escenario Base	Escenario 5
2016	0,00	0,00
2018	0,45	0,48
2020	0,99	1,11
2022	1,57	1,78
2024	2,11	2,43
2026	2,61	3,02
2028	3,06	3,56
2030	3,44	4,05
2032	3,78	4,48
2034	4,07	4,87
2036	4,33	5,22

Figura 16. La figura muestra el comportamiento del escenario base vs escenario 5. Autoría propia

Escenario 6:

Se plantea una combinación de los escenarios 1 y 3



Año	Nivel de competitividad	
	Escenario Base	Escenario 6
2016	0,00	0,00
2018	0,45	0,48
2020	0,99	1,10
2022	1,57	1,76
2024	2,11	2,39
2026	2,61	2,97
2028	3,06	3,49
2030	3,44	3,95
2032	3,78	4,37
2034	4,07	4,73
2036	4,33	5,06

Figura 17. La figura muestra el comportamiento del escenario base vs escenario 6. Autoría propia

Se presenta el consolidado de los escenarios (ver figura 18) observando que el escenario 5 es el que alcanza el mayor nivel de competitividad en un menor tiempo que los demás, debido a que, hubo un mayor porcentaje de productos y procesos innovadores en las empresas pertenecientes al clúster, incremento en los mercados extranjeros, más capacitaciones al recurso humano y más procesos dentro de las empresas certificados en calidad.

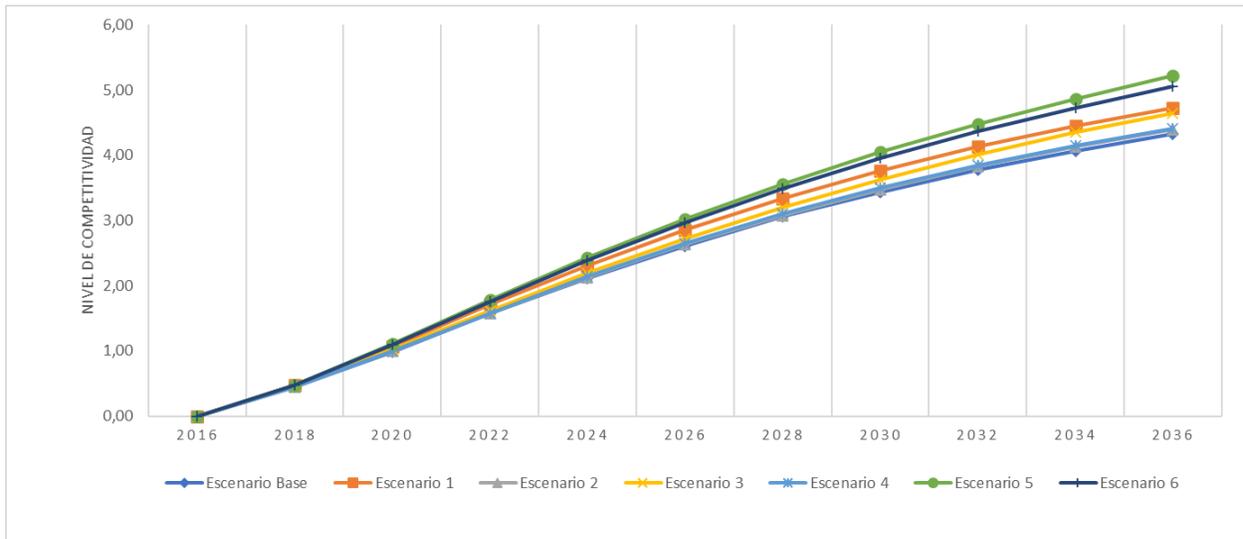


Figura 18. La figura muestra el comportamiento del escenario base vs todos los escenarios. Autoría propia

Para que se pueda dar este aumento en los parámetros del escenario 5, es necesario que el clúster trabaje en lo siguiente,

Tabla 7

*Escenarios y justificación.*

Escenarios	Justificación
1. Aumentar los proyectos de innovación en producto, innovación en procesos e innovación comercial, en las	1.1 Participar en proyectos colaborativos, impulsados por los actores del clúster (universidades, centros de investigación, cámaras de comercios, gremios) que conllevan a resultados con enfoque de innovación.

---

empresas que pertenecen al clúster.	1.2 Al interior de las empresas, se generan o desarrollan proyectos, con una planificación interna de recursos para ello.
	1.3 Participar en proyectos donde se pueda acceder a recursos nacionales (que dispone el gobierno) convocatorias internacionales que promueven el desarrollo de los proyectos en el campo. De innovación en generación de productos.
	1.4 Creación de un centro de investigación (convocatoria de regalías) con apoyo de las universidades.
2. Diseñar una oferta exportable del clúster.	2.1 Realizando alianzas con Procolombia, para definir la oferta exportable que puede llevar a un consorcio específico del clúster.
	2.2 Definir acciones concretas dentro del clúster para maximizar las actividades que permitan comercializar los productos de manera internacional, (plan de acción con las empresas del clúster).
	2.3 Realizar un análisis de las ofertas a nivel mundial, consolidar los productos actuales, buscando nuevos mercados.
3. Formar y capacitar en la agroindustria, ligado a prácticas en plantas y fincas de producción primaria y otros temas en donde requiera el recurso humano fortalecer su conocimiento.	3.1 Reuniones de trabajo con la academia y empresarios, para la identificación de brechas de información.
	3.2 Revisar la oferta actual de programas de formación local.
	3.3 Generar convenios con instituciones académicas para el desarrollo de cursos especializados.
	3.4 Alianzas con instituciones académicas para acceder a formación.
	3.5 Trabajar las empresas transformadoras con las productoras de la mano, trazabilidad entres estos dos eslabones, establecer iniciativas en

la formación de estos dos eslabones y una comunicación efectiva entre ellos.

4. Gestionar certificaciones de calidad, inocuidad y aquellas que permitan ingresar a mercados extranjeros.

4.1 Revisar potenciales mercado de países con menores barreras de entradas de los productos --- las certificaciones que se exigen en los otros países donde son más potenciales las exportaciones.

4.2 Trabajar con entidades certificadoras para ver cómo se pueden obtener las certificaciones.

4.3 Gestionar espacios con entidades pertinentes que permitan a los empresarios orientar en temas importantes concernientes a las certificaciones.

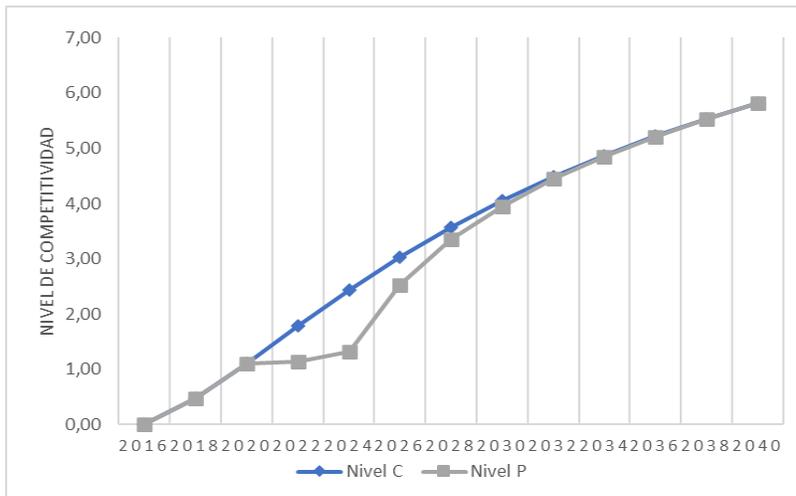
4.4 Concientizar a todos los actores del clúster de la importancia de las certificaciones a nivel internacional y capacitar a los trabajadores, líderes de proyectos y todas personas que aporten a este.

---

*Nota.* La tabla 7 muestra la posible manera en que se pueda llegar a dar los escenarios propuestos. Autoría propia.

Dado los eventos a nivel mundial (pandemia por covid-19) se hizo necesario que la investigación planteara un escenario que tuviera en cuenta la incidencia de este en el nivel de competitividad.

Escenario p



Año	Estrategias mejor escenario	
	Nivel C	Nivel P
2016	0,00	0,00
2018	0,48	0,48
2020	1,11	1,11
2022	1,78	1,14
2024	2,43	1,32
2026	3,02	2,53
2028	3,56	3,35
2030	4,05	3,95
2032	4,48	4,44
2034	4,87	4,85
2036	5,22	5,21
2038	5,53	5,53
2040	5,81	5,81

Figura 19 La figura muestra el comportamiento del escenario base vs escenario pandemia. Autoría propia

Partiendo del hecho que estamos en el escenario 5 y teniendo la incidencia de la pandemia en esta, se puede observar en la figura 19 como hay una afectación significativa en el nivel de competitividad desde el año 2020 al 2024, ya en el 2026 comienza a recuperarse, si y solo si trabajan de manera ordenada y de la misma manera en que lo vienen haciendo, hasta el 2035 alcanzar el máximo nivel y en el 2038 estabilizarse.

### Conclusiones

A través, del análisis de distintas investigaciones donde trabajaron modelos de competitividad en clúster, se logró identificar a la innovación, gestión de clúster, gestión financiera, gestión comercial, gestión organizacional y la gestión productiva, como esas variables claves que inciden directamente dentro del proceso de modelamiento. A partir de lo anterior, se pudo plantear una hipótesis dinámica con ciclos de retroalimentación positivos dominantes, con una tendencia al crecimiento, lo que permitió tener una visión general del comportamiento y las relaciones que se dan en un clúster y así poder realizar aumentos coherentes en los parámetros para obtener un incremento en todas las variables. De esta manera, se obtuvo que este modelo cuenta con una correlación positiva, esperando una causalidad positiva también.

Con las correlaciones evidenciadas en la hipótesis dinámica, y la recolección de datos de entrada suministrada por el clúster lácteo del Atlántico y expertos, se hizo la construcción del modelo de simulación. Se corre el modelo a 20 años obteniendo un nivel de competitividad para el año 2021 de 1,21; de acuerdo con el nivel de clasificación de la competitividad dada por (Niño, J., & Negrete, K, 2016, s.p.) y (Puello Pereira, 2016, s.p.) este es un clúster incipiente, alcanzado a ser un clúster maduro apenas en el 2036 con 4,33. Con esta información se ratificó la necesidad de evaluar e identificar el escenario con las estrategias que proporcionen un incremento en el nivel de competitividad.

Se hizo necesario validar el modelo, con una prueba de estructura directa, pruebas de comportamiento y análisis de sensibilidad, obteniendo un resultado acorde a la realidad y valido para proseguir con la simulación. Se identificó las estrategias principales a través de la aplicación de la herramienta estadística AHP en los actores del clúster, para proponer los distintos escenarios y simularlos en el software, resultando el escenario 5 como aquel que nos permite

tener un mayor incremento en el nivel de la competitividad en menor tiempo (nivel 5 en el año 2035). Para que este se dé es necesario que haya un aumento en los proyectos de innovación en producto, innovación en procesos e innovación comercial, en las empresas que pertenecen al clúster; se diseñe una oferta exportable del clúster; se forme y capacite al personal en todo lo que se requiera para fortalecer su conocimiento; y gestionar certificaciones de calidad, inocuidad y aquellas que permitan ingresar a mercados extranjeros. Adicional a esto, se planteó también un escenario P, teniendo en cuenta la pandemia dada en el año 2020, lo cual permitió observar una afectación significativa en los años 2020 al 2024, recuperándose desde el año 2026 siempre y cuando se trabaje de manera ordenada disciplina y con colaboración.

Finalmente, el trabajo realizado en la hipótesis dinámica sirve de base para poder ser aplicada en otro clúster diferente y de insumo para el desarrollo de un modelo que mida la competitividad de un clúster general. Así mismo, la metodología y herramientas que se utilizaron al combinarlas permiten mayor objetividad en los resultados.

**Bibliografía**

- Ambastha, A., & Momaya, K. (2004). Competitiveness of Firms: Review of theory , frameworks and models, 26(1), 45–61.
- Aracil, J., & Gordillo, F. (1997). Dinámica de sistemas (p. 20). Madrid: Alianza Editorial.
- Asociación de ganaderos de la costa norte [ASOGANORTE]. (2016). Ruta Competitiva para el Clúster Lácteos del Departamento del Atlántico - AtlantiLAC - Asoganorte Febrero 17de 2016, from <http://asoganorte.publicidadvirtual.com.co/wp-content/uploads/2016/03/tercera-etapa-atlantilac.pdf>
- AtlantiLAC. Documento Líneas de Acción (2016).
- AtlantiLAC. Líneas de acción determinadas para el clúster lácteo (2020).
- Barlas, Y. (1996). Formal aspects of model validity and validation in system dynamics, 12(3), 183–210.
- Barrios, M. A. O., De Felice, F., Negrete, K. P., Romero, B. A., Arenas, A. Y., & Petrillo, A. (2016). An AHP-topsis integrated model for selecting the most appropriate tomography equipment. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 15(04), 861-885.
- Benzaquen, J., Del Carpio, L. A., Zegarra, L. A., & Valdivia, C. A. (2011). A competitiveness index for the regions of a country. *Cepal Review*, (102), 67–84.
- Berumen, S. A., & Redondo, F. L. (2007). La utilidad de los métodos de decisión multicriterio (como el AHP) en un entorno de competitividad creciente. *Cuadernos de administración*, 20(34), 65-87.

- Carbonara, N., & Giannoccaro, I. (2011). Interpreting the role of proximity on Industrial District competitiveness using a complexity science-based view and Systems Dynamics simulation. *Journal of Geographical Systems*, 13(4), 415–436.  
<https://doi.org/10.1007/s10109-010-0128-2>
- Castellacci, F. (2017). Co-evolutionary growth : A system dynamics model. *Economic Modelling*, (March), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.11.010>
- Castellacci, F. (2018). Co-evolutionary growth : A system dynamics model. *Economic Modelling*, 70(March 2017), 272–287. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.11.010>
- Castellanos Domínguez, Ó. F., & Ramirez Martinez, D. C. (2013). Competitividad apropiación y mecanismos para su fortalecimiento.
- Comisión Regional de Competitividad e Innovación del Atlántico. Documento Clúster Lácteo del Atlántico AtlantiLAC (2018).
- Condo, A., & Monge, G. (2002). Promoción de clusters en América Latina: la experiencia del CLACDS-INCAE, 42.
- Confecámaras (2020). Convenio de cooperación para el fortalecimiento de las iniciativas clúster del sector lácteo. En Taller de Gobernanza para el clúster lácteo de Atlántico”. Conferencia llevada a cabo de manera virtual vía zoom.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2008). Política Nacional de Competitividad y Productividad CONPES.
- Departamento Nacional de Planeación. (2007). Visiones y agendas de desarrollo económico en los planes de desarrollo de las entidades territoriales.

- Díaz, H. E. (2010). Conceptualización y Antecedentes Teóricos de la Competitividad Internacional y Regional: Un Asunto Territorial. *Suma de Negocios*, 1(2), 91–104.  
<https://doi.org/http://openjournal.konradlorenz.edu.co/index.php/SumaDeNegocios/article/view/654>
- Fajnzylber, F. (1988). Competitividad internacional: evolución y lecciones. *Revista de La CEPAL*, (36), 7–24. Retrieved from  
[http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11714/036007024\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11714/036007024_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Garnica, J. R. V., & Contreras, F. A. G. (2007). Los clusters industriales: precisión conceptual y desarrollo teórico. *Cuadernos de Administración*, 20(33), 303-322.
- García, M. (2012). Dinámica de sistemas: paradigma de pensamiento, 4–5.
- Gilkinson, N., & Dangerfield, B. (2013). Some results from a system dynamics model of construction sector competitiveness. *Mathematical and Computer Modelling*, 57(9–10), 2032–2043. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2011.09.011>
- González, R. C., & Mendieta, M. D. (2009). Reflexiones sobre la conceptualización de la competitividad de destinos turísticos, 111–128.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). México D.F.: Mc Graw Hill.
- Ibarra Vega, D. W., & Redondo, J. M. (2015). SYSTEM DYNAMICS, A TOOL FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION IN ENGINEERING. *Luna Azul*, (41), 152-164.

- Iturrioz Landart, C., Aranguren Querejeta, M. J., Aragón Amonarriz, C., & Larrea Aranguren, M. (2005). ¿La política industrial de cluster/redes mejora realmente la competitividad empresarial? Resultados de la evaluación de dos experiencias en la Comunidad Autónoma de Euskadi, II.
- Izquierdo, L. R., Galán, J. M., Santos, J. I., & Del Olmo, R. (2008). Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas. *EMPIRIA. Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, (16), 85-112.
- León Gaitán, L. G. (2017). Modelo de Dinámica de Sistemas para estimar y evaluar los impactos de las políticas que fomentan la consolidación de clusters industriales en el crecimiento económico de Bogotá.
- Luengo-Valderrey, M., Intxausti-Irazabal, M., & Periañez-Cañadillas, I. (2012). MEJORAR LA COMPETITIVIDAD MEDIANTE LA COLABORACIÓN INTEREMPRESARIAL EN EL SECTOR AUXILIAR DE AUTOMOCIÓN. *Global Conference on Business and Finance Proceedings*, 286–295. <https://doi.org/1941-9589>
- Martínez-Marín, S., Puello-Pereira, N., & Ovallos-Gazabon, D. (2020). Cluster Competitiveness Modeling: An Approach with Systems Dynamics. *Social Sciences*, 9(2), 12.
- Mathews, J. C. (2009). *Competitividad: El significado de la competitividad y oportunidades de internacionalización para las mypes*. Lima.
- Ministerio de Comercio Industria y Turismo de Colombia. (2003). *Ventajas Competitivas*. Retrieved December 12, 2017, from [http://www.mincit.gov.co/publicaciones/10204/ventajas\\_competitivas](http://www.mincit.gov.co/publicaciones/10204/ventajas_competitivas)

- Mitxeo Grajirena, J., Idigoras Gamboa, I., & Vicente Molina, A. (2004). Los clusters como fuente de competitividad: el caso de la Comunidad Autónoma del País Vasco \*, 4(Año), 55–67.
- Montaño-Arango, O., Corona-Armenta, J., Garnica-gonzález, J., Niccolas-morales, H., Martínez-castelán, P., & Ortega-reyes, A. O. (2012). Modelo sistémico para la conformación de un clúster turístico regional de naturaleza sustentable. *Economía Sociedad y Territorio*, XII(39), 493–525. <https://doi.org/10.22136/est00201280>
- Niño, J., & Negrete, K. (2016). **MODELO PARA LA MEDICIÓN DE LA COMPETITIVIDAD EN EL CLÚSTER DE MUEBLES DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.**
- Otero, G., Lódola, A., & Menéndez, L. (2004). El Rol de los Gobiernos Subnacionales en el Fortalecimiento de Clusters Productivos.
- Porter, M. E. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*.
- Porter, M. E. (1998). Clusters and the New Economics of Competition. *Harvard Business Review*, (November-December), 77–90. <https://doi.org/10.1042/BJ20111451>
- Puello Pereira, N. D. R. (2016). Modelo para la medición de la competitividad en clusters basado en dinámica de sistemas. Caso de estudio: Clúster de muebles del departamento del Atlántico.
- Ramírez Vallejo, J. (2004). Competitividad regional en Colombia: Marco Conceptual, hallazgos y recomendaciones del centro de estrategia y competitividad.
- Red Clúster Colombia. (2018a). Clúster lácteo del Atlántico. Retrieved from <https://redclustercolombia.com/clusters-en-colombia/iniciativa/112>

Red Clúster Colombia. (2018b). Listado de iniciativas. Retrieved from

<https://redclustercolombia.com/clusters-en-colombia/lista-de-iniciativas/filtro>

Rodríguez, A., Jiménez, Y., Herrera, L., & Espinosa, P. (2016). Desarrollo de clústeres industriales: un enfoque de dinámica de sistemas, 5.

Rubio Martín, A. (2016). Desarrollo y aplicación de un modelo de dinámica de sistemas para la gestión integral del sistema Júcar.

Sosnovskikh, S. (2017). Industrial clusters in Russia : The development of special economic zones and industrial parks. *Russian Journal of Economics*, 3(2), 174–199.

<https://doi.org/10.1016/j.ruje.2017.06.004>

Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Mc Graw Hill.

Sterman, J. D. (2002). *SYSTEM DYNAMICS: SYSTEMS THINKING AND MODELING FOR A COMPLEX WORLD*, (January 2000).