



**Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness**
*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

INVESTIGACIÓN EN DERIVADOS CLIMÁTICOS

María Eugenia Serrano Acevedo, Jaime Ángel Rico Arias

**Universidad Autónoma de Bucaramanga
Bucaramanga, Colombia**

Jesús Cuauhtémoc Téllez Gaytán

**Universidad Autónoma del Carmen
Ciudad del Carmen, México**

Resumen

El grupo de investigación en Ingeniería Financiera GIF del programa de Ingeniería Financiera de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, se encuentra realizando una investigación en Derivados climáticos como instrumento de cobertura para el sector agrícola en Colombia.

Uno de los objetivos de esta investigación es crear una guía metodológica que permita formar nuestros estudiantes de Ingeniería Financiera en los conceptos básicos y aplicaciones de este tipo de instrumentos financieros para que en su ejercicio profesional puedan innovar en este tipo de productos en el mercado financiero Colombiano.

Los mercados de derivados climáticos están entre los más novedosos y dinámicos, para la transferencia de riesgo financiero e incluyen la participación de varios agentes. Creados como cobertura, los derivados del clima han tenido un constante crecimiento desde el año 1997 hasta hoy. El mercado que cuenta con un desarrollo más evidente es el de los Estados Unidos, pero en Europa, Asia y América Latina están entrando en el mercado. En Colombia aún no se han desarrollado estos productos aunque ya se tienen futuros sobre TES, la TRM, el índice COLCAP, el IBR, la inflación y sobre acciones (Preferencial Bancolombia, Ecopetrol y PRE).

El clima es un factor económico importante, que afecta la capacidad de generar valor en diferentes sectores productivos, entre los que se destaca la agricultura. Últimas innovaciones en el mercado de derivados destacan la posibilidad de disminuir el riesgo mediante derivados sobre factores climáticos. Estos instrumentos son muy atractivos, porque no están afectados por cuestiones de asimetría de información y riesgo moral entre otros aspectos

En países emergentes como Malawi, los derivados climáticos crean nuevas oportunidades para sobrellevar

los riesgos de catástrofes o desastres sobre todo para sectores altamente afectados por el clima, como es el caso de la agricultura.

Debido a la escasa bibliografía sobre el tema de derivados del clima en América Latina y en especial en Colombia y dado el avance de estos instrumentos a nivel mundial se hace necesario la elaboración de este trabajo por la gran oportunidad para desarrollar estos productos como instrumentos de cobertura ante cambios adversos en factores climáticos presentados en Colombia.

Palabras clave: derivados climáticos; cobertura y riesgo

Abstract

The research group in GIF Financial Engineering Financial Engineering program at the Autonomous University of Bucaramanga is conducting research on climate derivatives as hedging instruments for the agricultural sector in Colombia.

One goal of this research is to create a methodological guide in order to form our Financial Engineering students to the basic concepts and applications of such financial instruments in their practice to innovate in this type of products in the Colombian financial market.

Weather derivatives markets are among the most innovative and dynamic, for the transfer of financial risk and include the participation of several actors. Created as cover, weather derivatives have had a steady growth since 1997 until today. The market has a more obvious is the U.S., but in Europe, Asia and Latin America are entering the market. In Colombia have not yet developed these products even if you have futures TES, TRM, COLCAP index, the RBI, inflation and shares (Preferential Bancolombia, Ecopetrol and PRE).

The weather is an important economic factor, which affects the ability to create value in different industries, including agriculture stands. Latest innovations in the derivatives market include the possibility of reducing risk through derivatives on climatic factors. These instruments are very attractive, because they are affected by issues of asymmetric information and moral hazard among other things

In developing countries such as Malawi, weather derivatives create new opportunities to cope with disasters and disaster risks especially for sectors heavily affected by climate, such as agriculture.

Due to the limited literature on the subject of weather derivatives in Latin America and particularly in Colombia and given the progress of these global instruments is necessary the development of this work for the opportunity to develop these products as hedging instruments adverse changes in climatic factors presented in Colombia.

Keywords: weather derivatives; hedging and risk

1. Introducción

El trabajo de investigación en Derivados climáticos se divide en varias etapas en las que se involucran

estudiantes de pregrado del programa de Ingeniería Financiera de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia (UNAB) y estudiantes de los programas de Contaduría y Negocios Internacionales de la Universidad Autónoma del Carmen, México (UNACAR)

En la primera etapa se estudian los derivados climáticos en su historia, estructura y formas de negociación. En la segunda etapa se revisan los modelos matemáticos de valoración de los derivados y las implicaciones de las variables meteorológicas que influyen en los índices que se negocian en este tipo de contratos. En la tercera etapa se revisan las aplicaciones que se han realizado en el mundo con este tipo de instrumentos y en la cuarta y última etapa se realizan propuestas para estructurar derivados climáticos en el mercado colombiano, con la participación de estudiantes que seleccionan algunos productos agrícolas, estudian su producción y el tipo de variables climáticas que más afectan sus cultivos para determinar el índice a así poder estructurar un posible contrato.

Con el desarrollo de cada una de estas etapas se procede a elaborar una guía metodológica en la que quede el registro de cada uno de estos aspectos y con ellos se pueda desarrollar un proceso de enseñanza aprendizaje que permita a los estudiantes conocer y trabajar este tipo de productos en el aula de clase para que en su ejercicio profesional puedan innovar y proponer instrumentos y estrategias para el mercado colombiano.

A pesar de que este tipo de mercado aún no se ha implementado en Colombia es importante que los estudiantes se atrevan a proponer y crear estrategias con productos financieros para la cobertura del riesgo climático en el país y así adquieran en este proceso las competencias investigativas necesarias para innovar en su desempeño como profesionales de la Ingeniería Financiera.

2. Resultados del desarrollo de la experiencia para la innovación en Derivados Climáticos en Colombia.

Las propuestas de trabajos de investigación desarrollados a partir de esta experiencia investigativa de pertinencia internacional fueron:

2.1. “Derivados del clima como instrumentos de cobertura en el sector agrícola en Colombia”. María Eugenia Serrano Acevedo, Jaime Ángel Rico Arias, Jesús Cuauhtémoc Téllez Gaytán.

Se propuso como objetivo general elaborar una guía metodológica que sirva como instrumento de aprendizaje de los derivados del clima enfocados al mercado agrícola Colombiano y como objetivos específicos:

- Identificar derivados climáticos que pueden ser usados como instrumentos potenciales de manejo de riesgo para la producción agrícola en Colombia.
- Determinar el marco conceptual requerido para introducir este tipo de instrumento financiero en Colombia.
- Especificar modelos de determinación del precio de los contratos de derivados climáticos en el mercado agrícola colombiano.

2.2. “Modelación del clima bajo un proceso estocástico de reversión a la media estacional”. Realizado por Jesús Cuauhtémoc Téllez Gaytán, María Eugenia Serrano Acevedo y Jaime Ángel Rico Arias.

En este trabajo se modela la temperatura promedio diaria del estado de Campeche, a través de un proceso estocástico de reversión a la media estacional; el cual es una extensión al proceso Ornstein-Uhlenbeck,

comúnmente utilizado para modelar las tasas de interés. El componente determinístico del proceso describe el comportamiento de la temperatura que revierte a una media dinámica tipo senoidal, en tanto que el componente estocástico es descrito por el movimiento browniano, en donde se considera que los cambios en la temperatura se comportan bajo una distribución gaussiana. El documento sigue las metodologías de Bhowan (2003) quien modela la temperatura de Pretoria para la valoración de una permuta financiera sobre clima, y de Benth y Salythe-Benth (2005) quienes modelan la temperatura diaria de Noruega. La investigación tiene su importancia para la valoración de derivados climáticos, la cual requiere de un modelo que describa la evolución de la temperatura, toda vez que éstos han registrado un creciente volumen de operación para la cobertura del riesgo volumétrico. Seguidamente, se busca contribuir a la intención de la Ley del Desarrollo Rural Sustentable de México, en materia de coberturas de riesgos de mercado y de eventos climáticos en las actividades productivas del sector rural.

2.3. “Estructuración de un producto derivado del clima para la cobertura de riesgos del cultivo de cacao en Santander”, realizado por Silvia Juliana Fonseca Forero y Slendy Zulay Sierra Sierra (2012).

En este trabajo se estructura una opción climática para la cobertura de riesgo en la producción del cacao en Santander, con activo subyacente un índice basado en la temperatura como variable climática de mayor incidencia sobre el cultivo. Se explora el mercado de derivados climáticos en Estados Unidos, logrando conocer la estructura de este mercado financiero. Seguidamente, se explora acerca del cultivo del cacao, sus características y las condiciones climáticas necesarias para su producción. Se aplica un modelo econométrico que permitió determinar el activo subyacente sobre el cual se diseña la cobertura para mitigar el riesgo que puede tener un cultivador de cacao ante las inclemencias del clima.

Las conclusiones obtenidas en este trabajo fueron:

El mercado de derivados climáticos está entre lo más nuevo y dinámico del sector financiero, para la transferencia de riesgo. Sin embargo, cuenta con un desarrollo más evidente en Estados Unidos y sólo con estudios de implementaciones futuras en los países Latinoamericanos.

Actualmente el manejo de los riesgos climáticos es de gran importancia en la producción del sector agrícola colombiano y del mundo en general, puesto que contribuye al desarrollo de nuevas prácticas que permiten generar una cultura de manejo y gestión de riesgos para protegerse de futuras adversidades y consecuencias negativas resultantes del cambio climático.

Como resultado de análisis desarrollado en la aplicación de la función de producción Cobb-Douglas, se pudo comprender la influencia que tiene la temperatura en la producción del cacao y se logró la estructuración de una opción financiera, con base a una de las variables del clima más usadas en derivados climáticos.

Al no existir una liquidez en el mercado estandarizado para los contratos de derivados climáticos, surge la necesidad de encontrar el modelo apropiado para la valoración de los instrumentos, en este trabajo de investigación se propone el Método del Árbol Binomial, que permite hacer un seguimiento de la cotización del índice propuesto.

3. Proyectos en curso

3.1. “Estructuración de una canasta de opciones para la cobertura de riesgo climático en Colombia”. Jaime Ángel Rico Arias, María Eugenia Serrano Acevedo y Jesús Cuauhtémoc Téllez Gaytán.

Se plantea como objetivo general, estructurar una canasta de opciones para la cobertura de riesgo climático en Colombia, y como objetivos específicos:

- Explorar diferentes usos de las canastas de opciones para identificar su funcionamiento, metodología y utilidad de este tipo de instrumentos.
- Comparar diferentes metodologías de valoración para identificar el modelo que mejor se ajuste a las condiciones climáticas de Colombia.
- Construir la base de datos de las variables a usar en la estructuración de la canasta de opciones.
- Diseñar un modelo en Excel que permita la valoración de la canasta de opciones.

3.2. “Propuesta de diseño de un derivado del clima para la cobertura de riesgo climático del café”. Silvia Juliana Gutiérrez, Mayra Alejandra Ramírez Ordoñez.

Se plantea como objetivo general la propuesta de un derivado del clima, para la cobertura del riesgo de cultivo de Café en Santander, y como objetivos específicos:

- Explorar la bibliografía sobre los derivados climáticos aplicados a el sector agrícola
- Identificar y analizar la normativa que rige al caficultor en Colombia.
- Analizar el riesgo climático del cultivo del Café en Santander.
- Diseñar un derivado del clima para la cobertura del riesgo climático del café en Santander.
- Crear una herramienta en Excel para la valoración del derivado climático.

3.3. “Diseño de un producto derivado climático para la piña”. Camila Uribe, Leonardo López y Sergio Carreño.

Se plantea como objetivo general estructurar un derivado, que permita atenuar los efectos negativos del clima, por medio de la metodología usada en derivados climáticos, favoreciendo la cobertura de riesgos en la producción de la piña en Santander. Como objetivos específicos:

- Explorar el uso de productos derivados que tengan relación directa con el clima. Analizar las variables de riesgo del cultivo de la piña de acuerdo a su probabilidad e impacto sobre la producción.
- Aplicar modelos econométricos que sensibilicen las series respecto al grado de afectación sobre el cultivo.
- Diseñar una estrategia de cobertura que incluya la valoración del derivado.

4. Semillero de investigación asociado al proyecto

El semillero Risk-Net del grupo GIF se vincula al proyecto con el siguiente trabajo de investigación:

“Exploración de modelos para la determinación del precio de los contratos de derivados climáticos”. Elaborado por Mary Isabel Acosta Novelty y Mayra Alejandra Sarmiento Quijano.

Con este trabajo se realizó la exploración de los modelos de determinación del precio de productos derivados climáticos aplicados a nivel mundial, se hizo la descripción y análisis de las variables propias de los modelos analíticos propuestos para el cálculo del precio de los derivados climáticos enfocados al sector agrícola y la valoración de un derivado climático en este sector, tomando como variable climática la temperatura de cinco ciudades colombianas (Bogotá, Bucaramanga, Ibagué, Medellín y Villavicencio) que cuentan con las mayores unidades productoras, según las estadísticas del DANE y publicada el 24 de febrero del 2012. Por último se diseñó una herramienta en Excel para valorar el derivado climático.

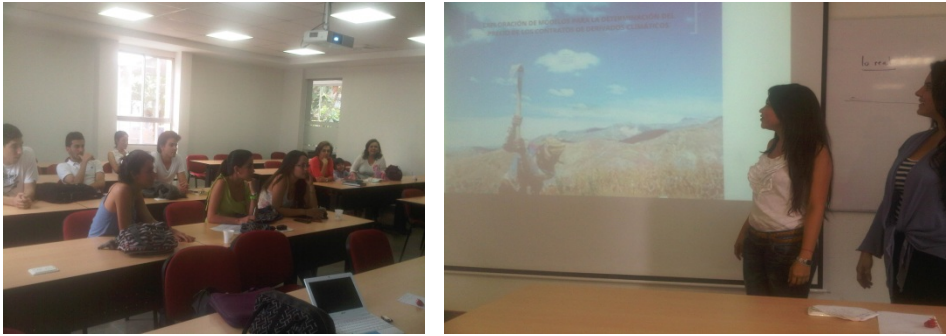


Figura 1. Presentación del trabajo de las estudiantes del semillero Abril 2013.

5. Conclusiones

Durante el desarrollo de este trabajo se ha formado en los estudiantes las competencias investigativas necesarias para la innovación. Se promueve en los estudiantes la capacidad de crear y proponer nuevas alternativas en la solución de problemas propios de la Ingeniería Financiera relacionados con el clima para la cobertura de riesgos del sector agrícola en Colombia.

La guía metodológica sobre derivados climáticos es un documento de consulta para la comunidad académica donde se presentan los conceptos básicos y algunas aplicaciones de este tipo de instrumentos financieros para que las futuras generaciones de profesionales se motiven presentar propuestas innovadoras en este tipo de productos en el mercado financiero Colombiano, fomentándose la investigación y la interdisciplinariedad al interactuar con sectores como el agro, la energía y el turismo que son los más afectados por variables climáticas.

Con esta investigación se han podido desarrollar trabajos conjuntos con la Universidad Piloto de Colombia, la Universidad de Medellín y la Universidad Autónoma del Carmen de México fortaleciéndose así las redes académicas y el trabajo en equipo, facilitando la movilidad docente, el fortalecimiento del grupo GIF y el semillero Risk-Net del programa de Ingeniería Financiera.

Desde el campo de la Ingeniería Financiera se han generado alternativas claras con los derivados climáticos, estas alternativas son replicables al caso colombiano, que constantemente se ve afectado por impactos causados por los cambios climáticos que han sido estudiados por el grupo de investigadores del programa de ingeniería agrícola de la Universidad Nacional de Colombia.

Estos trabajos de investigación marcan la pauta de un estudio, aunque complejo, necesario para que existan alternativas de cobertura de riesgos en Colombia.

6. Bibliografía

Artículos de revistas

- Calum G. (2001). Weather Derivatives for Specific Event Risks in Agriculture. *Review of Agricultural Economics*.
- Cruz, Juan Sergio y Llinás, Andrés. (2010). “Modelo Analítico de derivados de clima para eventos específicos de riesgo en la Agricultura en Colombia”, CESA 2010.
- Mussio, V. (s.f.). DERIVADOS CLIMÁTICOS APLICADOS A LA AGRICULTURA. Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
- Henríquez Vega, P. (2012). Derivados Climáticos: Valorización de Opciones sobre Precipitaciones. *UNIVERSIDAD DE CHILE*.
- Carter, S. (2008). Pricing Basket Temperature Derivatives. *University of Oxford*.

Libros

- Jewson, S; Brix A. (2005). Wheather Derivative Valuation. Cambridge The United Kingdom., pp.369.

Memoria de Congreso

- Jesús Téllez Gaytán, Jaime Ángel Rico Arias, María Eugenia Serrano. (Mayo 2012). Modeling weather under seasonal mean reverting stochastic processes. International Journal of Art and Sciences International Conference for Academic Disciplines, Harvard Cambridge.

Sobre los autores

- **María Eugenia Serrano Acevedo**, Licenciada en Matemáticas, Especialista en Docencia Universitaria, Magister en Enseñanza de las Matemáticas y Magister en Ciencias Económicas. Profesor titular e investigador de tiempo completo de la UNAB. Directora del Grupo de investigación en Ingeniería Financiera GIF de la UNAB. mserran5@unab.edu.co
- **Jaime Ángel Rico Arias**, Licenciado en Física Matemáticas, Especialista en Docencia Universitaria, Magister en Física y candidato a Magister en Ciencias Económicas. Profesor Asociado e investigador de tiempo completo de la UNAB. jrico1@unab.edu.co.
- **Jesús Cuauhtémoc Téllez Gaytán**, Doctor en Ciencias Financieras. Profesor investigador de tiempo completo de la UNACAR, coordinador del programa de Maestría en Administración de Negocios para Ejecutivos (EMBA). Es responsable del Grupo Disciplinar en Estudios Económicos y Empresariales. jtellez@pampano.unacar.mx; jctellezg@gmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)