

Información Importante

La Universidad de La Sabana informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad de La Sabana.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento para todos los usos que tengan finalidad académica, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le de crédito al documento y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, La Universidad de La Sabana informa que los derechos sobre los documentos son propiedad de los autores y tienen sobre su obra, entre otros, los derechos morales a que hacen referencia los mencionados artículos.

BIBLIOTECA OCTAVIO ARIZMENDI POSADA
UNIVERSIDAD DE LA SABANA
Chía - Cundinamarca

**DERIVADOS CLIMÁTICOS COMO HERRAMIENTA PARA GESTIONAR EL
RIESGO EN EL SECTOR AGRÍCOLA COLOMBIANO:
EL CASO DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ AMARILLO**

Miguel Fernando Aguirre Tovar

Estudiante de Economía y Finanzas Internacionales

Universidad de la Sabana

Pablo Moreno Alemay

Asesor de Memoria de Grado

Jefe de Área de Finanzas

Universidad de La Sabana

Julio de 2013

Resumen

El objetivo de este documento es analizar la validez de un derivado climático como herramienta para gestionar el riesgo en el sector agrícola colombiano. El riesgo climático que enfrenta el país afecta la agricultura en diferentes niveles, razón por la cual surge la necesidad de contrarrestar dicho impacto a través de un instrumento financiero que permita hacer una adecuada gestión de riesgo, en aras de garantizar una agricultura estable. Los derivados climáticos son una herramienta cuyo objetivo es brindar cobertura, tanto para agricultores, como para empresas que dependan del agro e incluso para eventuales especuladores. Para este trabajo se estudia el caso del maíz amarillo en Colombia, midiendo la sensibilidad climática de la producción de este producto, a partir de los niveles de precipitación y los niveles de producción registrados semestralmente desde el año 2004 hasta la fecha en el departamento del Tolima, tomando específicamente sus tres principales municipios cultivadores de maíz: Guayabal, Valle de San Juan y San Luis.

Palabras Claves: Agricultura, Derivados de Clima, Riesgo Agrícola y Cobertura del clima.

Abstract

The purpose of this paper is to analyze the advantages of weather derivatives as a Risk Management tool in the Colombian Agricultural sector. The high increase of crops affected by climate change during last five years motivates the implementation of alternative risk hedging tools. Weather Derivatives are financial instruments, which pursue a better risk management and are traded to hedge weather conditioned yield volatility in the agricultural sector. This paper focuses on weather impact for three areas of Tolima (a mid-country Region) which are among the largest producer of corn in Colombia; the study is constructed based on analysis of an econometric model, with Regions' quarterly data from 2004.

Key words: Agriculture, Weather derivatives, Crop Insurance and Weather Hedging

Introducción

El maíz es el cultivo transitorio¹ más importante por área cosechada en Colombia, cultivado en casi todo el país. Según la Encuesta Nacional Agropecuaria (DANE - SISAC²) de 2011, el área cosechada de Maíz en el año 2011 fue de 621,104 hectáreas, con una participación de maíz amarillo de 386,018 hectáreas y una producción total de 1,009 mn de toneladas al año, 555,666 correspondientes exclusivamente a maíz amarillo.

La producción total está distribuida entre la cosecha de maíz blanco 37.8% y maíz amarillo 62.1%. El maíz amarillo es destinado al consumo animal, siendo fuente importante en la fabricación de alimentos y concentrados, mientras que el maíz blanco es usado exclusivamente para el consumo humano.

De acuerdo con la ENA (Encuesta Nacional Agropecuaria, realizada en el año 2011, las principales zonas de producción de maíz amarillo en Colombia, se encuentran concentradas en los departamentos de Tolima con 17% de la producción total del país, Meta 10%, Córdoba 10% y Bolívar 8%.

A pesar de los altos niveles de producción de maíz en el país, esta resulta insuficiente para satisfacer la demanda interna requerida. El país consume alrededor de 5 millones de toneladas al año, con una producción interna de 1.5 millones de toneladas, teniendo como principales proveedores a Argentina y Estados Unidos. Teniendo en cuenta lo mencionado, para tener una producción suficiente para abastecer el país se debe llegar a triplicar la producción actual (Campbell & Diebold, 2005).

Dentro de los principales retos que enfrentan los maiceros en la actualidad, se encuentran dos temas inquietantes relacionados el primero de ellos con la implementación de los diferentes Tratados de Libre Comercio que Colombia ha firmado con diferentes naciones, y la variabilidad climática que se ha venido intensificando en los últimos años.

¹ Según el DANE la superficie agrícola en Colombia, se clasifica en tres clases; cultivos transitorios (ciclo vegetativo corto), cultivos permanentes (ciclo vegetativo largo) y barbechos y descanso.

²Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, Secretaria Técnica Comercio Exterior.

En cuanto a los Tratados de Libre Comercio, y especialmente con los Estados Unidos, el problema fundamental es que no se ha desarrollado en el país una infraestructura competitiva referente a transporte y almacenamiento del maíz, pues se entra a competir con un sector que se caracteriza por el fuerte apoyo en subsidio a los productores. Las contingencias de maíz sin arancel que ingresarán al país tendrán un tope específico que se irá graduando cada año (Sabogal, 2012), lo que da un compás de espera, para fortalecer el sector. Surge por lo tanto la necesidad de aumentar la capacidad instalada a través de una mayor flexibilidad en los créditos y unas garantías por parte del gobierno que den sustento especialmente a los pequeños productores.

El otro problema fundamental que enfrentan los maiceros, tiene que ver con la extrema variabilidad climática que presenta el país. La fluctuación de las lluvias, la temperatura, y demás condiciones climáticas son los factores que más están afectando el volumen de las cosechas y por ende la volatilidad de los precios de los cultivos.

Estudios del sector han evidenciado la relación entre las bajas producciones de cereales y las variaciones climáticas (Vélez, 2009), el fenómeno del niño (lluvias excesivas) puede afectar el ciclo vegetativo afectando el crecimiento de la plántula, riesgo presente en el primer trimestre del año. Por otra parte, el fenómeno de la niña (sequías intensas), afecta tanto la etapa de vegetación, en el crecimiento de las hojas, como en la etapa de floración, donde el maíz es muy sensible al *estrés hídrico*³, afectando seriamente el tamaño del grano.

La variación climática por tanto afecta el sector maicero en sus diferentes niveles, desestabilizando la producción de maíz en las diferentes regiones, generando incertidumbre tanto en los productores, como en las compañías financieras del sector, gremios de cereales y a las diferentes políticas de seguridad alimentaria que tiene el país (Bacchini, 2006).

³El estrés hídrico se define como la limitación al funcionamiento óptimo de las plantas impuesta por una insuficiencia en la disponibilidad de agua, en el caso del maíz el estrés hídrico se hace evidente en la limitación que presenta el grano para crecer, como consecuencia el grano luce quemado, pequeño y arrugado.

Por lo tanto, surge la necesidad de contrarrestar el impacto de la variabilidad climática, a través de una adecuada gestión del riesgo climático para el sector, en aras de garantizar unos niveles de producción sostenibles.

Los derivados climáticos agrícolas son instrumentos financieros, cuyo objetivo es el de permitir hacer una cobertura de riesgo, tanto para los agricultores o empresas que dependen de la producción agrícola, como todas aquellas entidades que financien el sector agrario, y que por su dependencia de las buenas condiciones climáticas, se ven amenazadas ante la inminente variabilidad climática.

La Región

Según el estudio sobre competitividad del Tolima elaborado por el DANE, el Instituto Agustín Codazzi y el Departamento Nacional de Planeación (DNP), este departamento, tiene una extensión territorial de 23,562 km², con un porcentaje de participación del 2.06% del PIB nacional para el 2011. El clima de la región es propicio para el cultivo de cereales, por lo que el departamento tiene la mayor participación en producción de cereales del país, con un 24%. Según evaluaciones de la URPA (Unidad Regional de Planeación Agrícola), unidad adscrita al DNP, dentro de los principales cultivos se encuentran el arroz (72.5%), el sorgo (17.5%) y el maíz (29.3%).

Los municipios de Valle de San Juan, Armero-Guayabal y San Luis, conforman el conocido “triángulo del maíz”, municipios netamente maiceros en donde se concentra la mayor producción de maíz del departamento. La participación productiva de estos tres municipios, representa -según fuentes no oficiales del Ministerio de Agricultura-, aproximadamente el 36% de la producción total de maíz del departamento.

Los tres municipios poseen un área de 105,106 hectáreas, con un rendimiento promedio de 6.5 ton/ha y una producción de 69,000 toneladas, lo que genera un total de 1.7 millones de jornales al año, equivalentes a 9,870 empleos directos. Fundamentalmente dicha

producción está destinada al consumo humano, a la industria de alimentos balanceados y a la trilla.

En cuanto a las condiciones climatológicas de los municipios, (datos obtenidos de la Subdirección de Meteorología de la Dirección de Navegación Aérea de la Fuerza Aérea Colombiana) el Valle de San Juan presenta una temperatura media mensual multianual de entre 26⁰C y 28⁰C, Armero- Guayabal una temperatura entre 17⁰C a 18⁰C, y el municipio de San Luis una temperatura entre 27⁰C y 28⁰C.

Los niveles de precipitación en el Valle de San Juan presentan un promedio anual de 1,441 milímetros, el municipio de Armero-Guayabal un promedio de precipitación total anual de 1,819mm y el municipio de San Luis un promedio de 1,487mm. Abril, mayo, octubre y noviembre son los meses con mayor promedio de precipitación mensual y enero y julio los meses con menor promedio.

De igual forma, el municipio del Valle de San Juan presenta un promedio de número de días con lluvia de 129, el municipio de Armero-Guayabal 203 y el municipio de San Luis con 120 días. Los meses de abril, mayo y octubre presentan el mayor promedio mensual de número de días con lluvia y enero, julio y agosto los meses con menor promedio mensual de días lluviosos.

El Cultivo de Maíz

El maíz es el principal cultivo de ciclo corto, ocupa el 15% del área total agrícola del país. Según estudios realizados por Fenalce para el desarrollo del Plan “País Maíz”⁴, el cultivo del maíz genera el 4% de los empleos agrícolas del país y una participación del 3% del PIB agropecuario. En la actualidad alrededor de 200,000 familias dependen directamente de esta actividad y alrededor 470,000 indirectamente o con algún vínculo económico.

⁴ El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, con el ánimo de fortalecer la seguridad alimentaria del país, creó el Plan “País Maíz”, cuyo principal objetivo es el de incrementar de 137 mil hectáreas en el 2010 a 250 mil hectáreas al finalizar el 2014, un crecimiento comparativo del 82%. Un incremento en la producción de 688 mil toneladas en el 2010 a 1 millón 250 mil toneladas en el 2014, un incremento del 118%.

Según datos de FENALCE en el 2010, el área total cultivada era de 137,729⁵ hectáreas con un rendimiento promedio nacional de 5.0 tn/ha, una producción de 688 toneladas, con un costo promedio nacionales de COP 3.0 mn, por hectárea. Las importaciones ascienden a 3,419,771 toneladas, siendo el primer cultivo transitorio en importaciones a nivel nacional.

Colombia exporta maíz, principalmente a los países del Mercosur y Estados Unidos. El volumen del comercio de maíz no tiene una tendencia característica a lo largo del tiempo, depende de la oferta interna de precios, del precio pagado a los productores en el país comparado con el de las exportaciones, de la oferta en los países vecinos, y de las diferentes regulaciones y aranceles tanto en Colombia como en los países importadores.

El ciclo biológico del maíz tiene una duración aproximada de entre 3 a 4 meses, la calendarización de las siembras y las cosechas [Ver Figura1], se divide en años agrícolas por año calendario.

En cuanto a las condiciones del cultivo, las exigencias del clima según (Maya & Ricaurte, 2007) son; una temperatura de entre 15⁰C a 20⁰C en la etapa de germinación, y entre 25⁰C a 30⁰C en la etapa de crecimiento y floración, con bastante incidencia de la luz solar. El cultivo soporta temperaturas mínimas de hasta 8⁰C y a partir de los 30⁰C el grano empieza a sufrir de *estrés hídrico*, afectando seriamente su tamaño. Las exigencias con respecto a la pluviometría y riegos, hacen referencia a una alta dependencia de agua lluvia en todas las etapas del crecimiento, sin embargo la etapa de siembra necesita de niveles mucho más altos y la incidencia es mayor que en la etapa de florecencia y cosecha, con unos contenidos de entre 40 a 65cm, es decir unos 5mm de agua diarios.

Costos de los factores

Para estudiar los diferentes costos de los factores, se analizó la evidencia estadística que se obtuvo del estudio de consultoría de Fedesarrollo e IQartil, 2012, sumado a la experiencia e información recolectada por agricultores de maíz, de la región, contactados a través de la

⁵ Fuente Fenalce, situación actual para Maíz y Frijol en Colombia, noviembre de 2010.

colaboración de la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (FENALCE), Regional Tolima con sede en el Espinal.

Según el estudio de consultoría adelantado por Fedesarrollo e IQuartil en 2012, el departamento con menores costos y mayores rendimientos por hectárea (específicamente en cuanto a cultivo de maíz) es el Tolima, seguido por el departamento de Córdoba y el Meta. Se encontró que los datos varían drásticamente dependiendo del método de estudio, es decir; se cotejaron datos de producción por finca hectárea y ciclo, y por actividad. La principal diferencia es que el primer estudio presenta una variabilidad en costos mucho más grandes, debido a que los costos para fincas de pequeñas y medianas producciones son mucho mayores que para los grandes productores. Para el estudio por actividad, se presentan unos resultados menos dispersos y con una mayor especificidad en cuanto a factores incidentes.

Dentro de los hechos más relevantes del estudio de costos de producción por finca, hectárea y ciclo, se encontró que los costos de producción por cultivo para el departamento del Tolima, se dividen en costos derivados por, i) Maquinaria (8.1%), ii) Mano de obra (9.0%), iii) Insumos (44.5%), iv) Nomina (8.2%), v) Costos Indirectos (30.3%) [Ver tabla 2].

Los costos más representativos hacen referencia a los insumos, estos insumos especialmente se utilizan en el cultivo para fertilización del terreno y el control de enfermedades (plagas y maleza). Este aspecto es uno de los principales factores subsidiados por el gobierno, no obstante dicho subsidio - según los cultivadores -, está basado en volúmenes de cosecha, por lo que beneficia en mayor proporción a productores grandes que a pequeños. Asimismo los costos de maquinaria y costos indirectos de producción benefician en mayor medida al productor grande, pues tienen unos costos fijos muy elevados, que para el pequeño productor no resultan rentables.

En cuanto al estudio de costos de producción por actividad, los porcentajes de participación de cada una de las actividades varían con respecto al estudio adelantado con

fincas y ciclos, no obstante las diferencias entre actividades se mantienen; i) Mano de Obra(32.8%),ii) Insumos (46.5%), iii) Maquinaria (20.7%).[Ver tablas:3, 4 y 5].

Al analizar las actividades que componen los costos de producción divididas en los factores productivos, se observa de una manera más clara la distribución de la participación que tiene cada una de las actividades dentro de los costos totales de producción del maíz, los cuales se siguen concentrando en los insumos, seguido por la mano de obra y la maquinaria.

Dentro de los insumos, la actividad que más capital demanda es la siembra y la preparación del terreno, pues de esta primera etapa depende la *cogida del sembrado*, etapa decisiva de igual forma en cuanto a que se debe llevar a cabo la fertilización, y el condicionamiento del terreno, el cual será fructuoso, dependiendo de las condiciones iniciales y de los cultivos que se hayan sembrado anteriormente [Ver tabla 3].

En la mano de obra, las etapas de cosecha y cultivo, son las que mayor participación tienen dentro de los costos, pues son las etapas que más demandan mano de obra, especialmente la cosecha, según conversaciones con agricultores de la zona, por cada jornal contratado en la etapa de siembra, se contratan alrededor de tres/cuatro, en la etapa de cosecha [Ver tabla 4].

Mientras que para las actividades que demandan maquinaria, la cosecha es la etapa que más inversión de capital requiere, para dicho proceso se utilizan en gran mayoría maquinaria alquilada, específicamente para los procesos de recolección y zorro [Ver tabla 5].

Con respecto a los testimonios e información recolectada con cultivadores de la zona, señalan que las principales pérdidas que se incurren por la siembra de maíz, se derivan del precio de la gasolina, riego imprevisto, fertilizantes, mano de obra, siembras tardías, y retrasos por alquiler maquinaria.

Dentro de las sugerencias expuesta por los agricultores, se estudió la posible relación existente entre el precio del maíz y el precio del petróleo lo cual se puede ver gráficamente.

[Ver figura 2]. Un elevado costo en la gasolina aumenta los costos de riego (plantas de combustible), transporte, y maquinaria. Los sistemas de riego imprevisibles, están ligados con el precio de la gasolina, pues las plantas son inducidas por dicho combustible, y de la fuente, aunque la mayoría de estos riegos se hacen a partir de presas construidas dentro de los mismos cultivos, en ocasiones éstas no son adecuadas para el sistema de riego por ende los costos se elevan sustancialmente, comprometiendo en gran medida, la rentabilidad del cultivo. Asimismo, las siembras tardías presentan un incremento en costos de producción de hasta un 30%⁶, principalmente porque no se aprovecha en su totalidad la temporada de lluvias y por tanto se debe inducir la humedad, a través de los sistemas de riego.

El fenómeno climático en el Tolima

Desde los últimos cuatro años y en especial en 2009 y 2010, el Tolima ha sido afectado considerablemente por los fenómenos climáticos, por ello, los principales cultivos cerealeros (maíz y arroz) de la región se han visto afectados seriamente a causa de la variabilidad climática, (aumento de temperatura, disminución/aumento de temperaturas o incremento de humedad relativa).

El principal problema con el maíz, hace referencia a que en temporadas de sequía la temperatura excede los niveles óptimos de la planta, disminuyendo la hidratación del grano, obligando a que la planta continúe produciendo como si existiera luz solar, lo que induce al grano o a la planta a un estrés hídrico (vaneamiento), afectando el llenado del grano, lo que se ve traducido en un tamaño reducido, conllevando incluso a que el grano no llegue a generarse. (Ballesteros, 2011).

Esta variabilidad en la región ha mostrado temporadas de sequía con temperaturas de hasta 48°C, lo que afecta considerablemente tanto el cultivo como los suelos. Estas temporadas

⁶Fuente Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Cultivo de Maíz en Colombia. Septiembre de 2011.

de sequía generan una afectación y proliferación mayor de plagas, puesto que esta temperatura ocasiona un daño fisiológico en la planta el cual es aprovechado por patógenos que se multiplican a unas tasas de crecimiento muy rápidas, generando enfermedades de gran magnitud en los cultivos.

Asimismo en 2011, las inundaciones causadas por el fenómeno del niño, afectaron seriamente la producción del departamento, en total se afectaron 1,479 hectáreas⁷, correspondiente a 23,029 predios afectados en su totalidad y a 412,93 afectados tanto parcial como totalmente, perjudicando en un 45% la producción maicera el departamento.

Cultivo en el Tolima

La época de siembra establecida para el cultivo del maíz en el Departamento del Tolima (Fuente Fenalce), se encuentra durante el 15 de Febrero y el 15 de Marzo para la cosecha de primer semestre, mientras que para la cosecha del segundo semestre la época de siembra se encuentra dentro de los días del 15 de Agosto al 15 de Septiembre.

Lo que se busca es que para la etapa de *germinación y llenado de grano* se cuente con altos niveles de precipitación (entre los 60 a los 100 días del ciclo), dado que son las épocas más críticas del cultivo en cuanto a requerimientos hídricos. Por lo que esta etapa se espera que concuerde con la temporada de lluvias de los meses abril y mayo en primer semestre y octubre y noviembre, para las cosechas del segundo semestre [Ver Figura 3].

Mientras que para la temperatura, durante el estado de crecimiento se espera que se encuentre entre los (22-24 °C), pues si la temperatura se encuentra por encima de este valor, es posible que se presente atrofiamiento en las plantas (reduciendo el rendimiento hasta en un 3%). por lo que se evita que exista alguna cosecha para los meses de diciembre y enero, en primer semestre y julio y agosto, en segundo semestre, ya que dichos meses presentan los niveles de temperatura más altos en la región.

⁷ Fuente DANE, Reporte de Áreas Afectadas por Inundaciones 2010-2011. Resumen 1-5. Abril de 2011.

Vocabulario Técnico

En el presente estudio se hará alusión a una serie de instrumentos financieros, cuyos conceptos se aclaran a continuación (Hull ,2009).

i. Derivados:

Un derivado es un instrumento financiero, mediante el cual se pacta un acuerdo de compra o venta de un activo determinado. Dichos instrumentos son activos financieros cuyo precio depende, o se deriva, del valor presente del activo subyacente negociado. En términos generales, un derivado es un contrato de compra o venta de un activo determinado, para una fecha futura específica y a un precio definido,.

ii. Futuros:

Un contrato de futuros es un acuerdo para comprar o vender un activo en una fecha específica a un precio determinado. En éste se pacta un número de bienes o valores (activo subyacente) especificados en cantidad y calidad. Estos contratos son estandarizados, y son negociados en las diferentes bolsas de derivados o mercados organizados.

Revisión de literatura

Aunque el concepto de un instrumento financiero como herramienta para protegerse ante el riesgo relacionado con el clima data de 1943, cuando el Congreso de Estados Unidos decidió acordar una liquidación del sistema federal de seguro de cosechas de trigo (Sanderson, 1943) como medida preventiva para la temporada de sequía, el concepto de derivados climáticos, tomando el clima como un *commodity* negociable, es un concepto relativamente nuevo. Tan solo en 1996 cuando Koch Industries y Enron completaron un *Heating Degree Day Swaps* para el invierno de 1997 se dio lugar a un mercado amplio de alto impacto en el sector financiero y con un gran crecimiento a futuro (Hull, 2012).

En cuanto a la aplicabilidad dentro del sector agrícola, los derivados del clima son una herramienta clave para la cobertura de riesgo en el sector agrícola y que a partir de esta cobertura, se puede llegar a unos niveles de rentabilidad mucho más altos (Turvey, 2001). No obstante dicha rentabilidad no se logra a partir de la estabilidad de los niveles de precios sino a través de la cobertura de los niveles de producción. A este respecto, el principal objetivo de los derivados climáticos es cubrir los riesgos sobre el volumen de producción, más allá que el riesgo de precios, dichas variaciones en los volúmenes se ven influenciada por los cambios meteorológicos, y para hacer una adecuada cobertura de riesgo el precio se puede cubrir más eficientemente a través de futuros sobre el precio de los bienes (Castro, 2009).

Algunos estudios de este tipo de derivados, también se han llevado a cabo en países en vías de desarrollo, tal es el caso de (Skees & Black, 2001), quienes estudiaron el caso de la aplicabilidad de un seguro contra desastres naturales, en Marruecos, dicho instrumento estaba basado en realizar cobertura para los tres principales cultivos de cereal en el país, a partir de un índice que construyeron teniendo en cuenta los niveles de lluvia. Como conclusión hallaron que este tipo de contratos reducen sustancialmente el riesgo base y asimismo brindan una protección en los ingresos de los agricultores

Los estudios más recientes de derivados climáticos tienen dos vertientes principales, están los que se enfocan en el diseño y la valuación de los contratos, y otros que se enfocan en estudiar la efectividad como herramienta para reducir el riesgo.

Dentro de los estudios que se enfocan en el diseño y valuación de contratos,(Cao, Li, & Wei, Precipitation Modeling and Contract Valuation: A frontier in Weather Derivatives, 2004), proponen la implementación de un marco que permita una correcta valuación de los derivados climáticos, y estudian la importancia de la estabilidad de los precios del mercado a partir de estos mecanismos. La metodología se desarrolla a partir del modelo de Lucas (1978), tomando como variables subyacentes los dividendos agregados y la incertidumbre del clima, y concluyendo que el precio del mercado asociado a unos niveles de incertidumbre alto son significativos, y que dicha incertidumbre afecta considerablemente el precio de mercado de las opciones.

En cuanto a los estudios enfocados hacia el análisis de la efectividad de este tipo de instrumentos,(Špička, 2011), realizó un estudio de la aplicabilidad de un derivado climático para el caso de la cebada, en la región agrícola de Moravia en República Checa, que presenta un alto riesgo meteorológico. La metodología empleada se basó en un estudio econométrico con datos de temperatura de los últimos 40 años y con los niveles de producción de cebada en la región. Los resultados esenciales señalan que no se encontró una causalidad directa entre la temperatura y los niveles de producción, básicamente este fenómeno se dio por la heterogeneidad de la zona estudiada, por lo que sugiere que la efectividad de estos derivados como instrumentos de gestión de riesgo resultan más útiles en zonas con condiciones más homogéneas, como el trópico. Por otra parte señala la importancia de este tipo de instrumento como base para un desarrollo financiero del país, en especial para el desarrollo que financia el sector agrícola.

En este mismo aspecto (Vedenov & Sanchez, 2012), estudiaron la eficacia de este tipo de derivados como instrumento de cobertura de riesgo, aplicado a los embalses de Guanajuato en México, enfocado fundamentalmente en el impacto en el sector agrícola, visto a partir de la disponibilidad de agua para la irrigación de los cultivos. Los derivados climáticos en este caso se tomaron como contratos estructurados a modo de una opción basada en un índice de lluvias.

En el caso de Colombia, los estudios de derivados climáticos son muy reducidos.(Cruz & Llinás, 2009)Realizaron un modelo analítico para eventos específicos de riesgo en la agricultura en Colombia, el propósito principal de dicho documento es el de demostrar que los derivados climáticos pueden ser empleados como una forma de cobertura de riesgo en el sector agrícola, a partir de una transferencia del riesgo al mercado. Así mismo (Vargas & Acevedo, 2010), realizaron un estudio enfocado en formular un derivado que generara cobertura a la no amortización de obligaciones financieras, ante posibles pérdidas en la producción debido a los cambios climáticos. Concluyendo que un derivado del clima es un mecanismo eficiente, que permite a las entidades financieras del sector agrícola, cubrirse ante los posibles riesgos de crédito, como consecuencia de la incertidumbre de la producción, al dejar los cultivos a merced del clima.

Metodología

El departamento del Tolima produce cerca del 17% de la producción total de maíz. Este estudio se centrará específicamente en la información reportada de los tres municipios maiceros del departamento, conocidos como el triángulo maicero del Tolima, conformado por el municipio de, Valle de San Juan [Ver Figura4], San Luis [Ver Figura5] y Armero-Guayabal [Ver Figura6].

La participación productiva de estos tres municipios, representa el 36% de la producción total de maíz del departamento.El nivel de producción de los municipios se obtuvo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, datos semestrales para el periodo 2004-2012.

Asimismo la información meteorológica se obtuvo de la Subdirección de Meteorología de la Dirección de Navegación Aérea de la Fuerza Aérea Colombiana, a partir de los promedios multianuales calculados y desarrollados a partir de la normal climatológica (1971-2008), para dichos municipios. Se obtuvo la información climática (nivel de precipitación y promedio de temperaturas media, máxima y mínima), semestral para el periodo 2004-2012.

Modelo Econométrico

El estudio se basa en el modelo econométrico desarrollado por (Cruz & Llinás, 2009) el cual intenta modelar la producción agrícola, y estudia la respuesta marginal de la producción de las cosechas con respecto a eventos específicos del clima. El modelo parte de una función de producción Cobb- Douglas, el cual se modifica con el ánimo de ajustarlo al estudio de la producción agrícola. La función de producción original, tiene como variables endógenas el capital (K) y el trabajo (L), aislando el hecho de incidencia de otras variables como el clima, pues se asumen como constantes.

En ese orden de ideas, los autores incluyen dentro del modelo factores externos como el clima o la temperatura y asumen como constantes, los factores de capital y trabajo, de la función original.

Por lo tanto el modelo que plantean los autores, permite medir los efectos marginales de la precipitación y de la temperatura, sobre los niveles de producción, asimismo la productividad marginal del clima. La función de producción modificada es:

$$Y = AR^{\beta}W^{\alpha(1)}$$

En este caso, Y es la producción de la cosecha, A representa el intercepto con el eje de las ordenadas, R (rain) es la lluvia diaria acumulada, W(weather) es la temperatura promedio registrada para el periodo en estudio, β y α son los coeficientes de los niveles de precipitación y de temperatura, respectivamente. Esta relación es no lineal, por lo que surge la necesidad de realizarle una transformación mediante la función logaritmo.

Se plantea una regresión lineal por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Con el ánimo de linealizar para determinar los parámetros a estudio, se le aplica logaritmo natural a la ecuación⁸.

$$\ln Y = \ln A + \beta \ln R + \alpha \ln W \quad (2)$$

Donde β y α son los coeficientes que representan la elasticidad parcial del producto o rendimiento de la cosecha con respecto a los niveles de precipitación y temperatura, respectivamente⁹.

A partir de la ecuación (1), lo que se busca es obtener las elasticidades, las cuales están dadas por las siguientes derivadas parciales:

Con respecto a los niveles de precipitación:

$$\frac{\partial Y}{\partial R} = \beta \frac{Y}{R} \quad (3)$$

Con respecto a los niveles de temperatura:

⁸ El objetivo de usar un modelo de elasticidad constante (log-log), parte del hecho de que al no usar una linealidad en la regresión, los datos que obtenemos son elasticidades de los factores, lo que nos facilita el estudio de los efectos marginales de la temperatura y niveles de precipitación con respecto al nivel de producción de las cosechas.

⁹ Estas elasticidades miden el cambio porcentual en la producción debido a una variación de algún factor. En el caso del nivel de precipitación, se lee como un cambio en un 1% lluvia diaria acumulada (mm), implica un determinado cambio porcentual en la producción, manteniendo las demás variables como constantes (ceteris paribus).

$$\frac{\partial Y}{\partial W} = \alpha \frac{Y}{W} \quad (4)$$

Con respecto a las dos variables:

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial R \partial W} = \beta \alpha \frac{Y}{R} \quad (5)$$

Para que el derivado tenga algún impacto, se debe satisfacer que la derivada de la producción con respecto a la precipitación, con respecto a la temperatura y la derivada conjunta, sean mayores a cero. De lo contrario implicaría que el clima no incide en la producción agrícola y no tendría sentido el hecho de desarrollar una estrategia de cobertura de riesgo.

Por lo tanto la efectividad del instrumento financiero para cubrir el riesgo, se puede medir a partir de la elasticidad de la producción con respecto a cada variable. Asimismo con el ánimo de corroborar este hecho, se llevó a cabo una regresión general, con los datos tanto de producción, como temperatura y precipitación, para los tres municipios. A partir de los resultados de esta regresión realizan pruebas de heteroscedasticidad, multicolinealidad y forma funcional, para confirmar los supuestos clásicos de MCO.

Supuestos

La propuesta a desarrollar en este estudio, parte del hecho de que no existen datos del comportamiento de los cultivos durante las diferentes etapas, es importante resaltar que las exigencias climáticas en cada una de las etapas del cultivo varían significativamente, por lo que se regresan los datos de precipitación de cada una de las etapas contra los niveles de producción, con el ánimo de obtener una aproximación de las diferentes incidencias

climáticas, dentro de la producción. Se asume como supuesto que la siembra para cada uno de los municipios se inició entre el 15 de febrero y el 15 de marzo

No obstante se realiza una regresión general. Con los datos de producción de los tres municipios contra los reportes promedios multianuales calculados y desarrollados a partir de la normal climatológica (1971-2008), con el ánimo de contrastar los datos obtenidos del supuesto por etapas, y el resultado obtenido al analizar la incidencia de temperatura durante toda la vida del cultivo.

Resultados

A partir de la regresión por mínimos cuadrados ordinarios MCO, se probó que si existe una verdadera relación entre el nivel de precipitación y la temperatura, con respecto de los niveles de producción de maíz amarillo, para los municipios de San Luis, Valle de San Juan y Armero-Guayabal.

Es importante señalar que la estructura del modelo modifica la lectura de los resultados de la regresión, puesto que no es lineal. Por lo tanto, el resultado se debe interpretar como el porcentaje de variabilidad de la producción del maíz, explicado por los niveles de precipitación y temperatura.

Se reportan los datos correspondientes a la regresión de los factores climáticos en la etapa de germinación y llenado (alrededor de 60 días a partir del sembrado) asumiendo que se inició dicho ciclo dentro de la primera quincena de febrero y la primera de marzo. Se reporta este resultado, puesto que acorde a la teoría y la evidencia estadística de este estudio, fue la etapa en la que los factores climáticos mostraron una incidencia más alta.

Para el caso del Municipio de Armero-Guayabal [Ver Tabla 6], se encontró que la elasticidad Precipitación – Producción, durante la etapa de germinación y llenado, es de 0.66, lo que implica que es inelástica, por tanto los niveles de precipitación tienen una incidencia directa en los niveles de producción. Este resultado se lee cómo una variación en

una unidad de lluvia (precipitación acumulada), implica un cambio en 0.66 unidades en la producción (tn). En cuanto a la elasticidad Temperatura- Producción de 0.56 supone una relación igualmente inelástica, por lo que también tiene una incidencia positiva en la producción, una variación en una unidad de temperatura, implica un cambio en 0.56 unidades en la producción (tn).

El municipio de San Luis [Ver Tabla 7], presenta una elasticidad durante la etapa de germinación y llenado, de precipitación – producción de 0.81, este dato refleja que los niveles de precipitación tienen impacto más bajo en la producción (a comparación de los datos de los otros dos departamentos). La elasticidad Temperatura- Producción arroja un resultado contrafactual, en cuanto establece que existe una relación negativa entre los niveles presentados de temperatura en la etapa de germinación y los niveles de producción, -0.68. Posiblemente los niveles de temperatura estuvieron por encima de los indicados, puede deberse a que se haya presentado un fenómeno de cultivo tardío, ciclos diferentes de siembra. Motivo por el cual se pudo haber visto afectado negativamente la producción, no obstante al revisar estos datos, no existe evidencia para sustentar este hecho.

Respecto al municipio de Valle de San Juan [Ver Tabla 8], el coeficiente que representa la elasticidad precipitación – producción durante la etapa de germinación y llenado, es de 1.91, el mayor dentro de los datos analizados, mientras que para el caso de la elasticidad Temperatura- Producción, el coeficiente es de 0.59.

En cuanto a la regresión general [Ver Tabla 9], se realizó una regresión con la producción por semestre, contra los reportes promedios multianuales calculados y desarrollados a partir de la normal climatológica (1971-2008), con el ánimo de contrastar los datos tomados en el supuesto, y mostrar los resultados de la incidencia climática en toda la vida del cultivo.

Los resultados obtenidos, confirmaron la relación entre el clima en la etapa de germinación y llenado y los niveles de producción, como se puede observar en la tabla, las dos variables resultan positivas. Las pruebas que se realizaron, tienen como fin corroborar asimismo, los supuestos clásicos de MCO, del modelo empleado, heteroscedasticidad, multicolinealidad y

forma funcional, de este modo se demuestra que los estimadores son estimadores MELI (Mejor Estimador Linealmente Insesgado), y por ende el modelo resulta ser un modelo robusto y consistente.

Para el análisis de multicolinealidad se usaron 2test no estadísticos; Factor de inflación de varianza y el diagnostico de colinealidad (el cual provee diferentes medidas de colinealidad), los dos tienen como hipótesis nula, la ausencia de multicolinealidad, para las dos pruebas, números por encima de 10 indican posible fallas de estabilidad. En ambos casos, la regresión presento niveles muy favorables; i) VIF test: 1.07 [Ver Tabla 10]; ii) Collin test: 5.95 [Ver Tabla 11]. Por lo que se despejan las dudas de que en la región niveles de temperatura y precipitación no presentan un comportamiento simétrico ni correlacionado.

Para el análisis de heteroscedasticidad de los residuos, se usó la prueba clásica de Breusch-Pagan [Ver Tabla 12], el cual usa los residuos, los eleva al cuadrado y regresa estos residuos al cuadrado contra las variables independientes, la hipótesis nula de esta regresión es que no existe heteroscedasticidad de los errores. Por lo que busco aceptar la hipótesis nula. En este caso con una significancia de 0.05% se aceptó la hipótesis nula ($\chi^2 = 0.04\%$).

Asimismo se llevó a cabo el análisis de forma funcional, a partir del test de Ramsey o test de error de especificación de la regresión (RESET), [Ver Tabla 13], el cual toma polinomio de valores ajustados para la variable dependiente, corre la regresión con el nuevo modelo y compara el modelo alternativo contra el modelo original usando un estadístico F, la hipótesis nula de esta prueba es que la forma funcional es correcta. Para este caso la prueba dio que el modelo está correctamente especificado.

Por lo tanto los resultados obtenidos dan prueba de que los eventos climáticos tienen incidencia en la variabilidad de la producción agrícola. Y que existe evidencia tanto estadística como teórica que comprueban esta incidencia, las cuales argumentan y justifican la creación del derivado.

Consideraciones Finales:

Este estudio demuestra la incidencia que existe entre el volumen de las cosechas del maíz amarillo en el departamento del Tolima y los eventos relacionados con el clima, específicamente temperatura y precipitación. Teniendo en cuenta el inminente riesgo al que están expuestas las cosechas por el calentamiento global y el cambio climático, resulta conveniente la implementación de este instrumento financiero, con el ánimo de brindar una cobertura de riesgo para las cosechas.

La inclusión de un instrumento financiero, que permita realizar una cobertura de riesgo ante este tipo de calamidades, resulta bastante oportuna para todas las instancias que comprende el sector agrícola del país (tanto para los agricultores, como las entidades que financian el sector).

En primera lugar, la implementación de este derivado, sería bastante conveniente para los agricultores, específicamente para los productores de maíz amarillo a partir de los datos utilizados en este trabajo, en la medida en que es una herramienta para mitigar la incertidumbre, evitando que los mercados queden expugnables ante la variabilidad climática. Por otra parte, al hacer una cobertura de riesgo mediante este instrumento, se vería reflejado en una estabilización de sus ingresos lo que permitiría, unas mayores garantías crediticias y una mayor flexibilidad de sus créditos.

Por lo tanto se sugiere para futuras investigaciones, estructurar el derivado climático conveniente para la producción de maíz amarillo del departamento del Tolima. Asimismo es importante llevar a cabo un estudio que pretenda evaluar el impacto de este derivado dentro del mercado de capitales, es decir evaluar los posibles oferentes y ofertantes, con el ánimo de medir la profundidad y liquidez de este instrumento.

Bibliografía

Sabogal, J. H. (2012 йил 17-Abril). Repercusion del Tratado de Libre Comercio para los productores de maiz. *Federacion Nacional de Cultivadores de Cereales*. (FENALCE, Interviewer)

Vélez, L. D. (2009). Seminario de Agricultura y Cambio Climatico. *Agricultura y Cambio Climatico en Colombia*. Medellin: Universidad Nacional de Colombia.

Bacchini, R. D. (2006). Derivados CLimaticos. *Universidad de Buenos Aires* .

Banks, E. (March de 2004). Weather Risk Management. *The Journal of Risk and Insurance* , 181-182.

Campbell, S., & Diebold, F. (2005). Weather Forecasting for Weather Derivatives. *Journal of the American Statistical Association*, 100 (469), 6-16.

Cao, M., Li, A., & Wei, J. (2004). Precipitation Modeling and Contract Valuation: A frontier in Weather Derivatives. *The Journal of Alternative Investments* , 93-99.

Cao, M. (2003). Pricing the Weather. En J. Wei, *Exotic Options, The cutting-edge Collection* (págs. 67-70). University of Toronto.

Cruz, J. S., & Llinás, A. (2009). *Modelo Analítico de Derivados de Clima para Eventos Especificos de Riesgo en la Agricultura en Colombia*. Bogotá: Colegio de Estudios Superiores de Administracion (CESA).

Dischel, B. (September de 2000). Seeding a Rain Market. *Environmental Finance* , 2-4.

Girardin, L. O. (1998). Aspectos ekonomios del cambio climatico: Responsabilidades y distribucion de los costos de mitigacion. *Desarrollo Economico*, 38 (151), 797-826.

Mahul, O. (2001). Optimal Insurance Against Climatic Experience. *American JOurnal of Agricultural Economics*, 83 (3), 593-604.

Mussio, V. (2009). *Derivados Climáticos Aplicados a la Agricultura*. Argentina: Universidad Nacional de Rosario.

Richards, T., Manfredo, M., & Sanders, D. Pricing Weather Derivatives. *American Journal of Agricultural Economics*, 86 (4), 1005-1017.

SZILAGYI, A. D. (1980). Causal inferences between leader reward behaviour and subordinate performance, absenteeism, and work satisfaction. *Journal of Occupational Psychology* , 195–204.

Turvey, C. (2001). Weather Derivatives for Specific Event Risks in Agriculture. *Review of Agricultural Economics*, 23 (2), 333-351.

Castro, M. (2009). Managing Weather Risk with Rainfall Option. *ecolink* .

Sanderson, F. (1943). A Specific-Risk Scheme for Wheat Crop Insurance. *Journal of Farm Economics* , 759-776.

Hull, J. C. (2012). *Options, Futures and other Derivatives* (Eight Edition ed.). Prentice Hall.

Špička, J. (2011). Weather derivative design in agriculture – a case study of barley. *Agris on-line Papers in Economics and Informatics*, III, 53-59.

Vedenov, D., & Sanchez, L. (2012). Effectiveness of Weather Derivatives as Cross-Hedging Instrument against Climate Change: The Cases of Reservoir Water Allocation Management in Guanajuato, Mexico. *Agricultural & Applied Economics Association's 2012 AAEA & NAREA Joint Annual Meeting*. Seattle, Washington.

Cao, M., & Wei, J. (2004). Weather Derivatives Valuation and Market Price of Weather risk. *The Journals of Futures Markets*, 24 (11), 1065-1089.

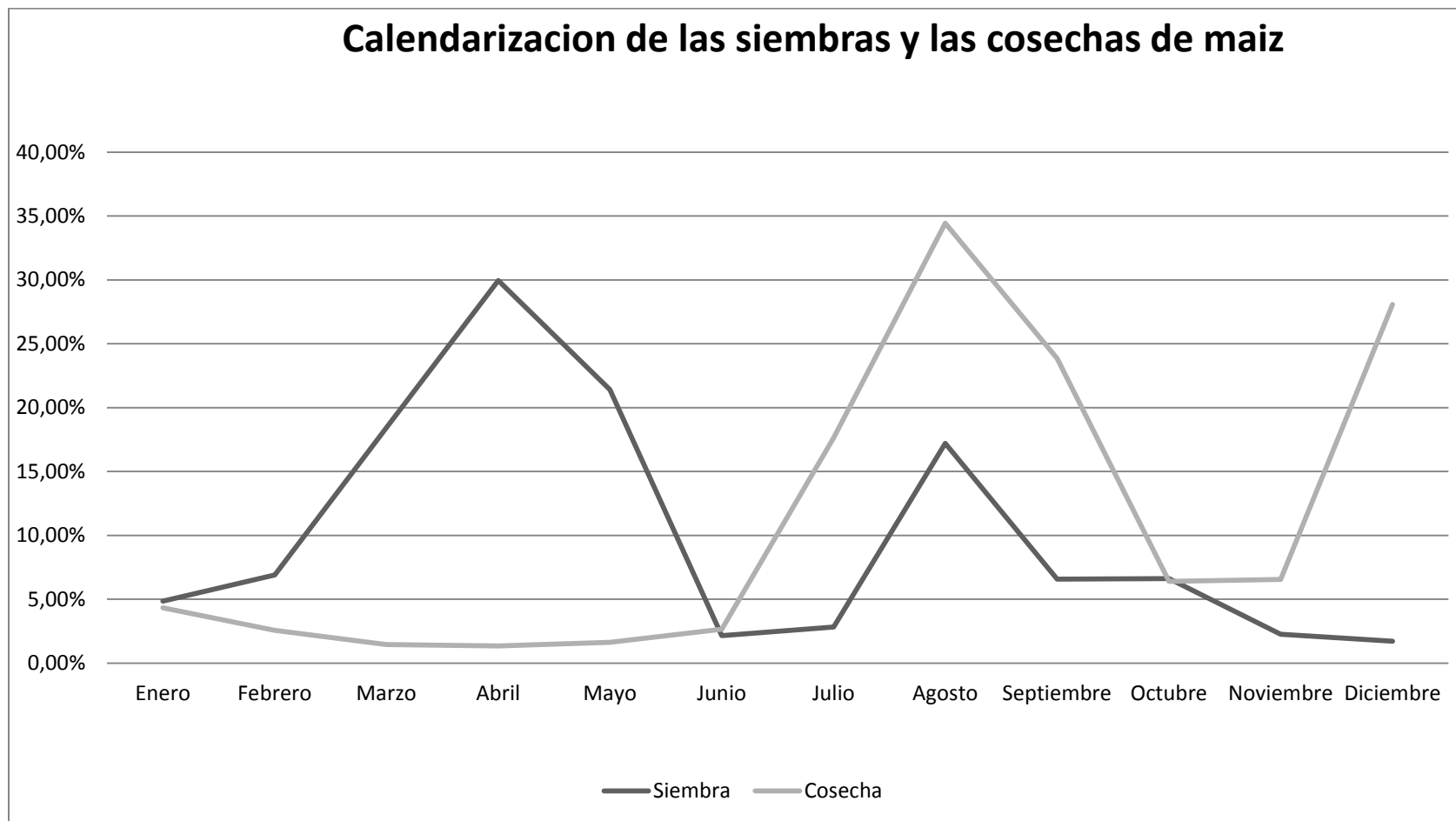
Skees, J. R., & Black, J. R. (2001). Developing Rainfall-based index Insurance in Morocco. *SSRN e library* .

Vargas, D., & Acevedo, A. (2010). Creacion de un derivado como herramienta de cobertura al riesgo climatico para el sector agricola: El caso colombiano. *AMV: Convocatoria Arquitectos de mercado* .

Maya, D., & Ricaurte, C. (2007). Modelo para la Cadena de abastecimiento de Maiz en Colombia. *Pontificia Universidad Javeriana* .

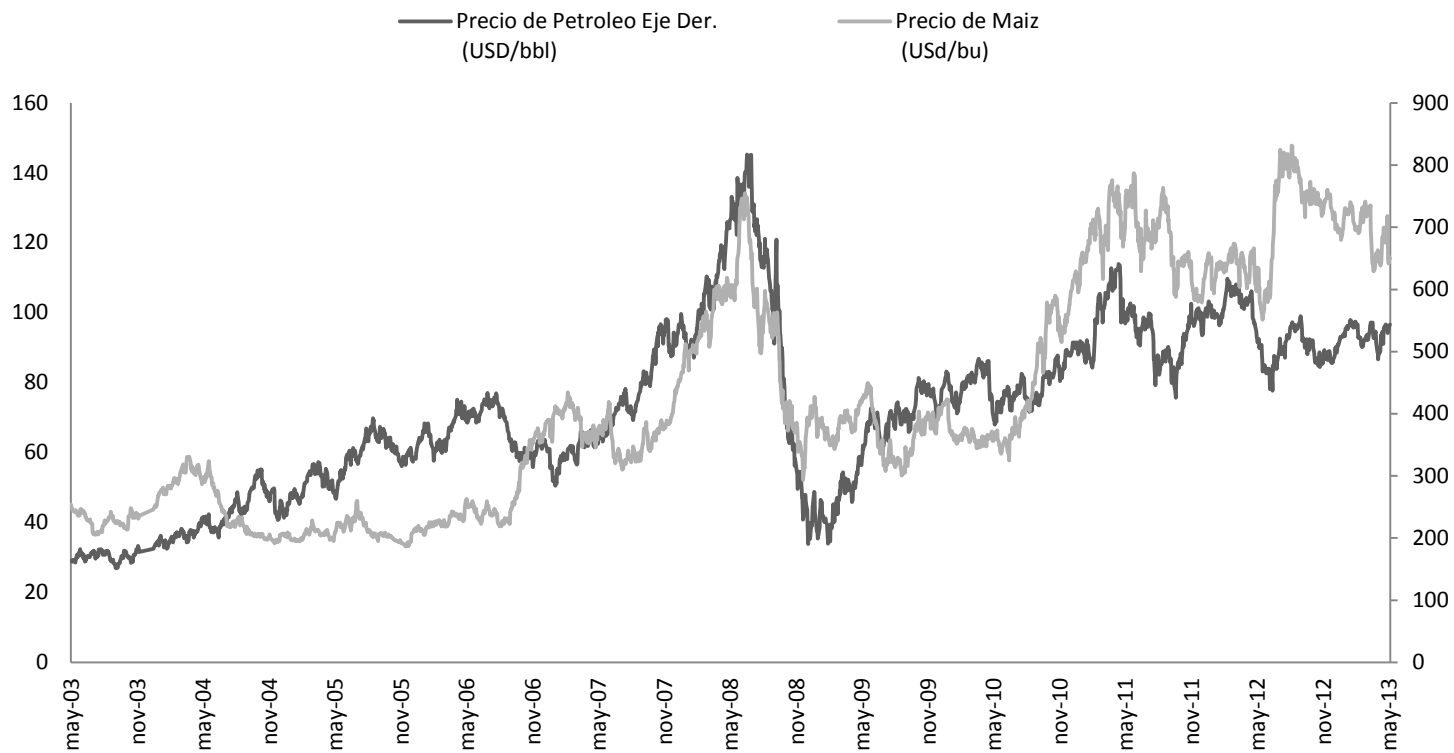
Fenalce, situación actual para Maíz y Frijol en Colombia, noviembre de 2010.

Figura 1: Distribución Porcentual de siembras y cosechas



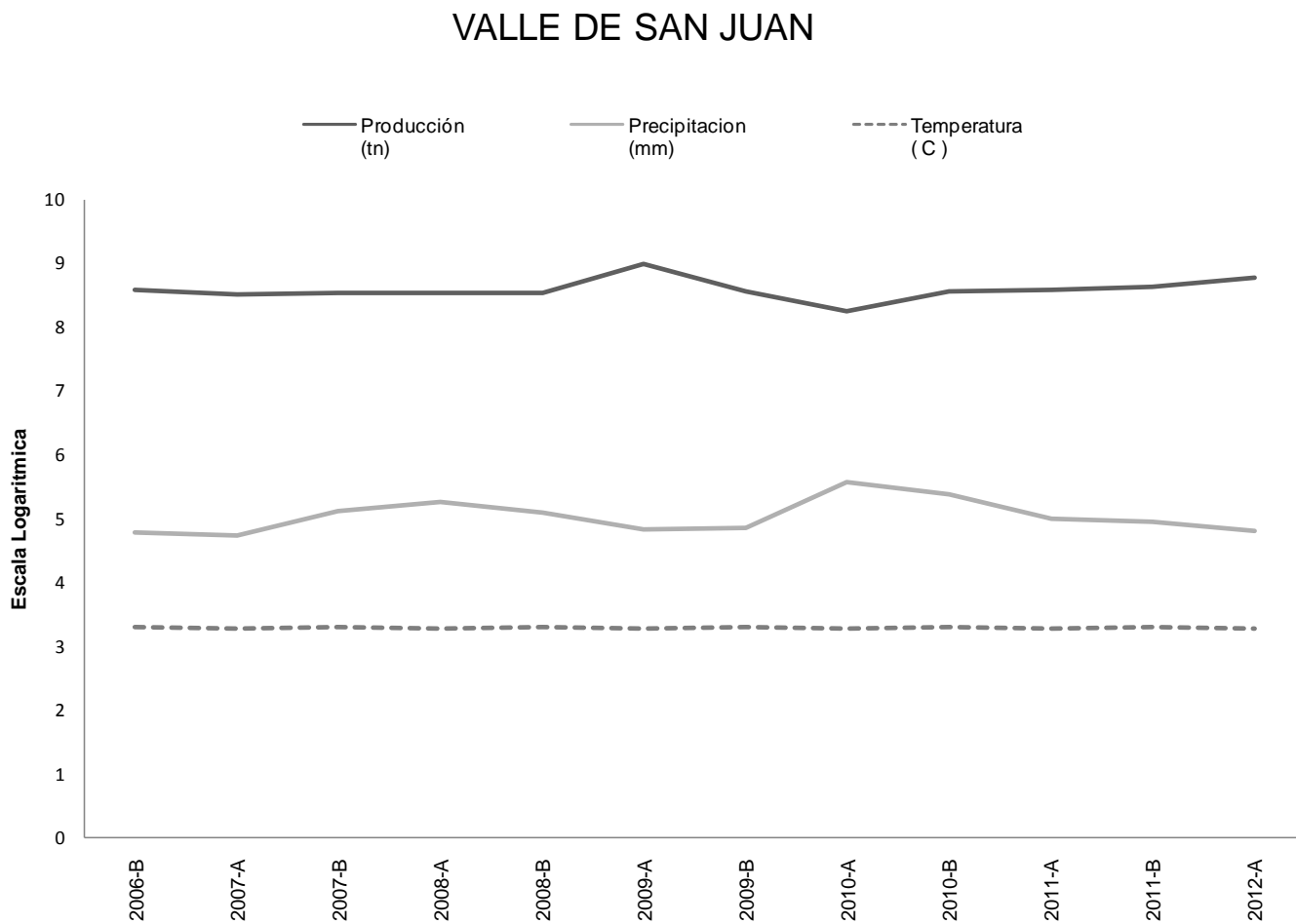
Fuente: DNP – Dirección de desarrollo Rural Sostenible. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Dirección de Política Sectorial – Grupo Sistemas de Información. cálculos propios.

Figura 2: Precio de Petróleo versus Precio de Maíz (genérico de contratos C1 en CBOT desde 2003).



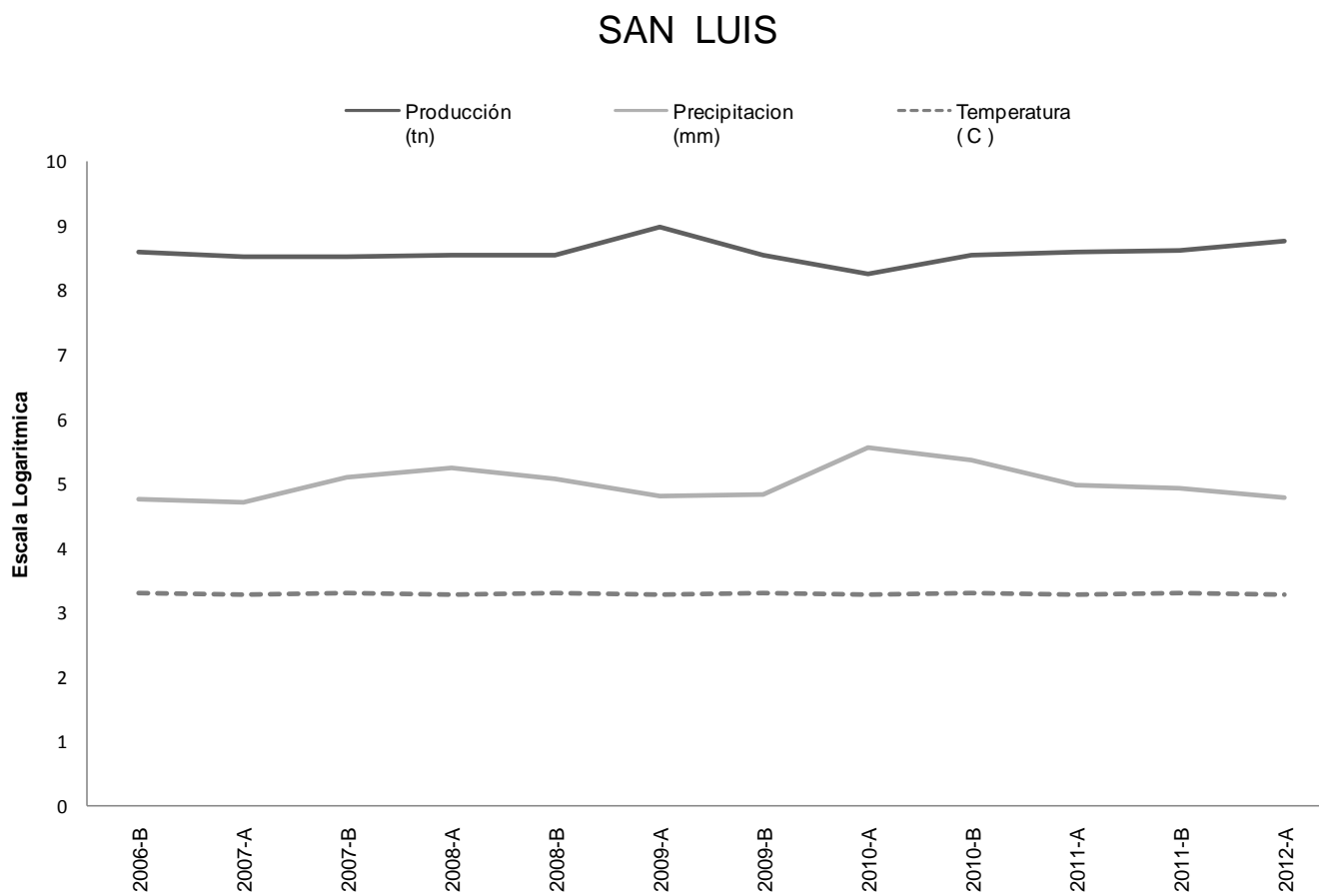
Fuente: Bloomberg, cálculos propios.

Figura 4: Dinámica de la producción de Maíz, y comportamiento climático en el municipio de Valle de San Juan, 2006-2012



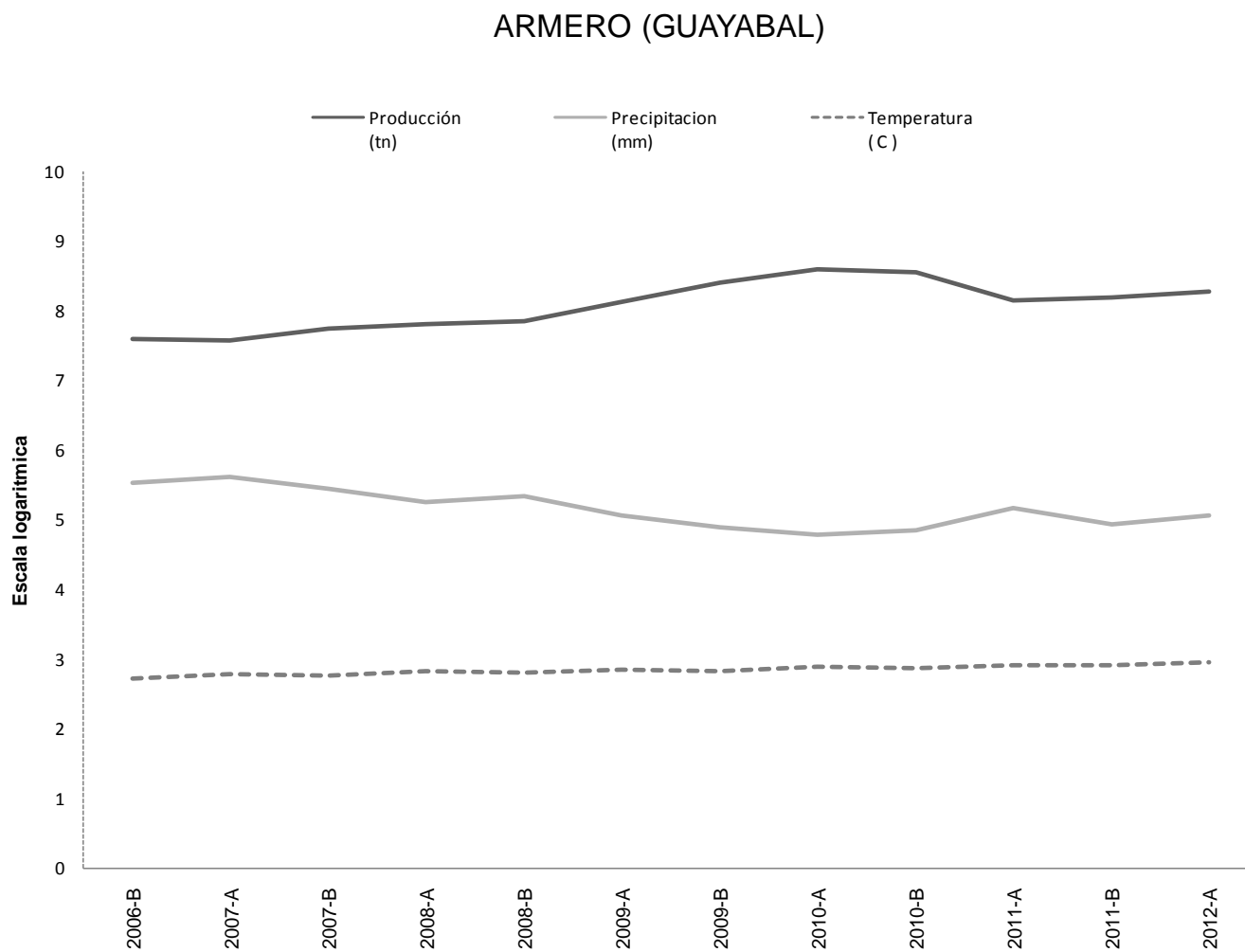
Fuente: Datos obtenidos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), cálculos propios.

Figura 5: Dinámica de la producción de Maíz, y comportamiento climático en el municipio de San Luis, 2006-2012



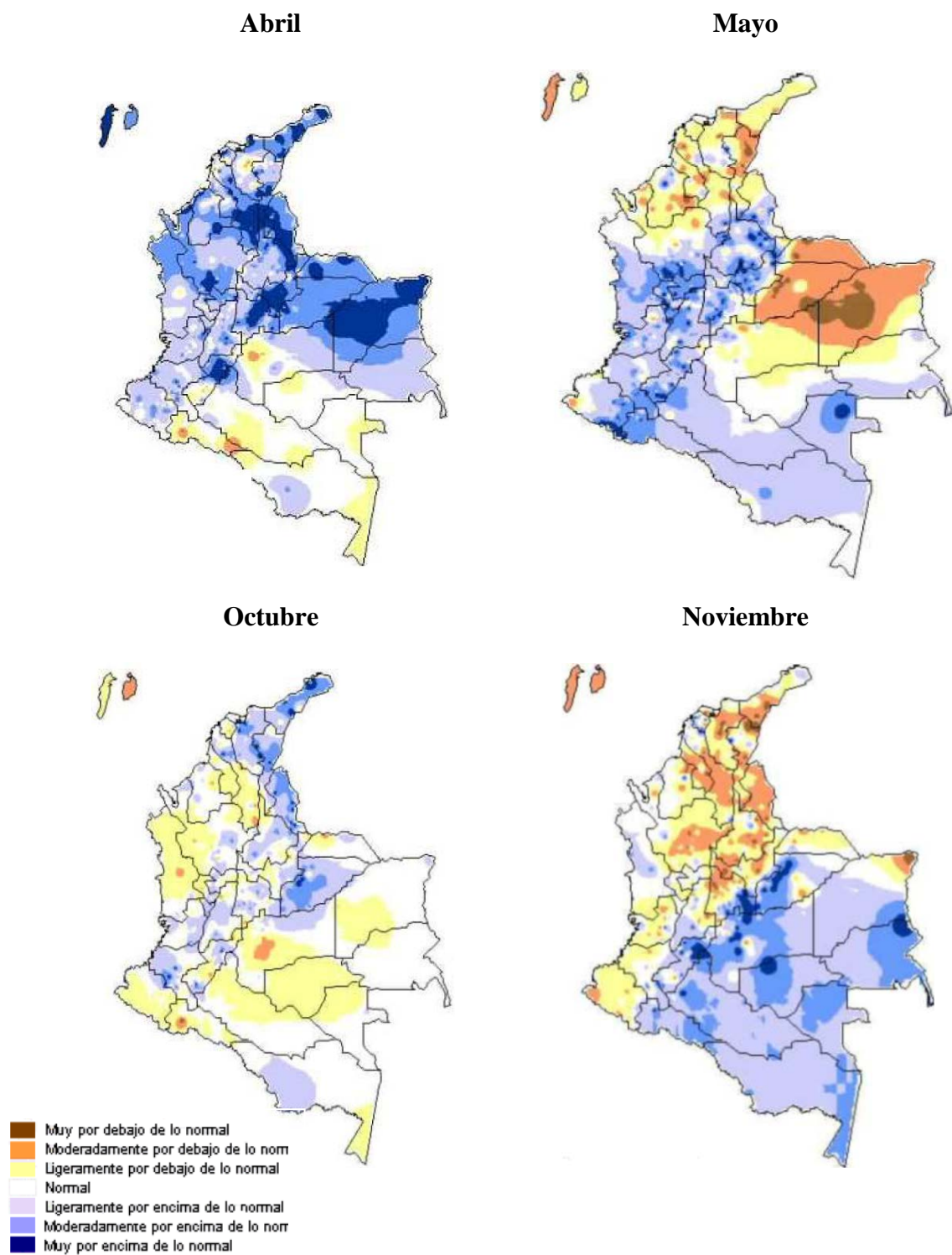
Fuente: Datos obtenidos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), cálculos propios.

Figura 6: Dinámica de la producción de Maíz, y comportamiento climático en el municipio de Armero-Guayabal, 2006-2012



Fuente: Datos obtenidos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), cálculos propios.

Figura 3: Clima en Colombia para Épocas de Cosecha



Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Tabla 1: Estadística descriptiva de la producción de maíz, en los diferentes municipios.

	Valle de San Juan	San Luis	Armero- Guayabal
Estadístico			
Media	8.59	8.05	8.08
Mediana	8.77	8.31	8.14
Máximo	8.98	8.57	8.59
Mínimo	8.25	6.69	7.58
Desviación	0.17	0.65	0.35
sesgo	0.58	-1.61	0.00
Kurtosis	4.48	3.85	1.73
Observaciones	18.00	18.00	18.00

Tabla 2: Resultados obtenidos estudio por fincas, ciclos y cosechas.

	Promedio COP	Participacion
Maquinaria	103.200	8,1%
Mano de Obra	115.026	9,0%
Insumos	568.105	44,5%
Nomina	104.139	8,2%
Costos Indirectos	386.661	30,3%
Total	1.277.131	

Datos Fedesarrollo e Iquartil.

Tabla 3: Resultados obtenidos estudios por actividad. Mano de Obra.

Mano de Obra		
Actividad	Promedio COP	Desviacion Estandar
Preparacion del terreno	13,784	6,262
Siembra	41,508	39,164
Fertilizacion	60,277	48,959
Labores de cultivo	70,163	43,616
Control de Maleza	31,242	16,596
Control de Plagas	23,921	15,564
Control de enfermedades	14,822	10,734
Cosecha	138,999	69,687
Nomina	69,528	154,527
Total	464,246	
Participacion	32.8%	

Datos Fedesarrollo e Iquartil.

Tabla 4: Resultados obtenidos estudios por actividad. Insumos.

Insumos		
Actividad	Promedio COP	Desviacion Estandar
Preparacion del terreno	143,215	160,193
Siembra	312,418	14,141
Fertilizacion	18,724	20,718
Control de Maleza	35,304	21,068
Control de Plagas	91,884	72,148
Control de enfermedades	55,845	64,296
Total	657,389	
Participacion	46.5%	

Datos Fedesarrollo e Iquartil.

Tabla 5: Resultados obtenidos estudios por actividad. Maquinaria.

Maquinaria	
Actividad	Promedio COP
Siembra	80,965
Labores de Cultivo	66,667
Control de Malezas	4,762
Cosecha	140,000
Total	292,394
Participacion	20.7%

Datos Fedesarrollo e Iquartil.

Tabla 6: Resultados obtenidos para el municipio de Armero Guayabal.

. reg logproduccion3 logprecipitacion3 logtemperatura3

Source	SS	df	MS	Number of obs = 18		
Model	2.35895082	2	1.17947541	F(2, 15) =	12.76	
Residual	1.38668777	15	.092445851	Prob > F =	0.0006	
Total	3.74563859	17	.220331682	R-squared =	0.6298	
				Adj R-squared =	0.5804	
				Root MSE =	.30405	

logproducc~3	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
logprecipi~3	.6667854	.1617298	4.12	0.001	.3220664	1.011504
logtempera~3	.5609738	.2173605	2.58	0.021	.0976808	1.024267
_cons	-.3616886	.6194949	-0.58	0.568	-1.682111	.9587334

Tabla 7: Resultados obtenidos para el municipio de San Luis

. regress logproduccion2 logprecipitacion2 logtemperatura2

Source	SS	df	MS	Number of obs = 18		
Model	3.56666295	2	1.78333147	F(2, 15) =	167.20	
Residual	.159992295	15	.010666153	Prob > F =	0.0000	
Total	3.72665524	17	.219215014	R-squared =	0.9571	
				Adj R-squared =	0.9513	
				Root MSE =	.10328	

logproducc~2	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
logprecipi~2	.8169765	.0549352	14.87	0.000	.699885	.934068
logtempera~2	-.6839643	.0738314	-9.26	0.000	-.8413321	-.5265964
_cons	-.6908012	.2104253	-3.28	0.005	-1.139312	-.2422904

Tabla 8: Resultados obtenidos para el municipio de Valle de San Juan

. regress logproduccion1 logprecipitacion1 logtemperatura1

Source	SS	df	MS	Number of obs = 18		
Model	7.22293821	2	3.6114691	F(2, 15) =	11.45	
Residual	4.73310033	15	.315540022	Prob > F =	0.0010	
Total	11.9560385	17	.703296384	R-squared =	0.6041	
				Adj R-squared =	0.5513	
				Root MSE =	.56173	

logproducc~1	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
logprecipi~1	1.918459	.425256	4.51	0.000	1.012047	2.82487
logtempera~1	.5938599	.336065	1.77	0.098	-.1224456	1.310165
_cons	1.650631	2.59157	0.64	0.534	-3.873169	7.174431

Tabla 9: Resultados obtenidos la Regresión general

```

. regress logproduccion logprecipitacion logtemperatura

```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 54		
Model	29.8866989	2	14.9433495	F(2, 51) =	49.36	
Residual	15.4389425	51	.302724362	Prob > F =	0.0000	
Total	45.3256414	53	.855200781	R-squared =	0.6594	
				Adj R-squared =	0.6460	
				Root MSE =	.5502	

logproducc~n	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
logprecipi~n	1.647079	.201504	8.17	0.000	1.242543	2.051615
logtempera~a	.4124887	.1222013	3.38	0.001	.1671593	.657818
_cons	3.286713	.7989906	4.11	0.000	1.682672	4.890754

Tabla 10: Resultado prueba de Factor de inflación de varianza

```

. vif

```

variable	VIF	1/VIF
logprecipi~n	1.07	0.934841
logtempera~a	1.07	0.934841
Mean VIF	1.07	

Tabla 11: Resultado diagnóstico de colinealidad

```

. collin logprecipitacion logtemperatura
(obs=54)

```

collinearity Diagnostics

variable	VIF	SQRT VIF	Tolerance	R-Squared
logprecipitacion	1.07	1.03	0.9348	0.0652
logtemperatura	1.07	1.03	0.9348	0.0652
Mean VIF	1.07			

	Eigenval	Cond Index
1	2.9019	1.0000
2	0.0938	5.5620
3	0.0043	5.9523

Condition Number 5.9523

Tabla 12: Resultados de prueba de Breusch-Pagan / Cook-Weisberg

```
. estat hettest  
Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity  
Ho: Constant variance  
Variables: fitted values of logproduccion  
  
chi2(1) = 0.04  
Prob > chi2 = 0.8460
```

Tabla 13: Resultados de test de error de especificación de la regresión (RESET)

```
. ovtest  
Ramsey RESET test using powers of the fitted values of logproduccion  
Ho: model has no omitted variables  
F(3, 48) = 0.09  
Prob > F = 0.6933
```