



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Análisis de la variabilidad climática sobre la
producción y precios de alimentos
representativos de la canasta básica de la ciudad
de Bogotá durante el período 2000-2013.**

Oscar Alejandro Pulido Chaparro

Universidad Nacional de Colombia
Instituto de Estudios Ambientales IDEA
Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo
Bogotá, Colombia

2017

Análisis de la variabilidad climática sobre la producción y precios de alimentos representativos de la canasta básica de la ciudad de Bogotá durante el período 2000-2013

Oscar Alejandro Pulido Chaparro

Ingeniero Químico

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo

Director:

Dr. Tomás León Sicard

Codirector:

M.Sc. Jorge Sánchez

Línea de Investigación:

Agroecología

Grupo de Investigación:

Estudios Ambientales Agrarios

Universidad Nacional de Colombia
Instituto de Estudios Ambientales IDEA
Bogotá, Colombia
2017

*Para todos la luz,
Para todos todo.
Para nosotros el dolor y la angustia,
Para nosotros la alegría de la rebelión,
Para nosotros el futuro negado,
Para nosotros la dignidad insurrecta,
Para nosotros nada.*

Emiliano Zapata

Agradecimientos

El autor agradece los aportes de todas las personas que generosamente prestaron su tiempo para la realización de este trabajo, mediante entrevistas, recomendaciones y sugerencias. En particular se agradece las entrevistas a los climatólogos Daniel Pabón, Catherine Tobón, Eliecer Díaz, Edwin Rojas. A los asesores del sector agroindustrial: Pedro Porras, Luis Murillo, Gustavo Rojas y Ana Aranguren. A los productores campesinos Julio Gómez, Pedro Briceño y Carlos Vanegas. Al productor de arroz del Tolima, Julián Viña. Así como a los funcionarios del Departamento Nacional de Estadística DANE, Fedepapa, Usocoello, la Central Cooperativa de Productores de Papa, Comité Regional de Productores de papa de Cundinamarca. Particularmente agradece a los profesores Tomás León y Jorge Sánchez por sus invaluable orientaciones y en general a los compañeros, docentes y el equipo administrativo del Instituto de Estudios Ambientales, IDEA.

Resumen

En este trabajo se compara el comportamiento de las variables climatológicas temperatura y precipitación, los rendimientos, áreas sembradas, volúmenes de producción y los precios de venta de la papa en las provincias de Almeidas, Ubaté y Sabana Centro de Cundinamarca y el arroz en las provincias de Ibagué y Suroriente del Tolima. Se observó la caída de rendimientos en el caso del arroz en relación con una nueva enfermedad vinculada a las variaciones del clima. En el caso de la papa también se encuentran caídas de los rendimientos vinculados a la intensificación de la precipitación. También se encontraron potenciales fenómenos especulativos presumiblemente vinculados a estructuras de mercado oligopsónicas y las variaciones del clima. De acuerdo a los análisis básicos realizados sobre los comportamientos de precipitación y temperatura, en las últimas décadas se encuentra el incremento de su intensidad y de su variabilidad en los municipios productores seleccionados de papa, mientras que disminuye la precipitación en los municipios productores de arroz. Se plantean como recomendaciones adoptar enfoques complejos que abarquen todos los eslabones de la cadena de producción y comercialización, abrir diálogos de saberes y metodologías cuantitativas a nivel local en la necesidad apremiante de adoptar políticas y medidas de adaptación frente a las crecientes variaciones del clima en el corto plazo.

Palabras clave: Variabilidad Climática, Producción alimentaria, Seguridad Alimentaria.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XIV
Lista de siglas y abreviaturas	1
Introducción	2
1. Marco Teórico	5
2. Revisión de literatura	8
2.3 Cambio climático	8
2.3.1 Variabilidad Climática	9
2.4 Avances en el análisis de los efectos del clima en la producción de alimentos	11
2.4.1 Otras aproximaciones sobre la influencia del cambio climático en la producción de alimentos	13
2.5 La perspectiva de la seguridad alimentaria	15
2.5.1 Volatilidad de precios.....	17
2.6 Variabilidad climática y cambio climático en Colombia	18
2.6.1 Variabilidad climática y abastecimiento de alimentos en Bogotá	21
2.7 Modelamiento	23
2.7.1 Análisis de información multivariar.....	24
2.7.2 Debate sobre los modelamientos	24
2.8 Análisis de los avances reportados en la literatura científica	26
3. Metodología	28
3.3 Variables.....	30
3.4 Limitaciones de la metodología	32
3.5 Manejo de la información.....	33
3.5.1 Análisis de la información climatológica	35
3.5.2 Manejo de estadísticas	36

RESULTADOS

4. Importancia de los cultivos seleccionados.....	38
4.3 Generación de empleo.....	38
4.4 Papel en la Canasta Familiar.....	39
4.5 Inseguridad Alimentaria	40
4.6 Papel en la inflación.....	42
5. Selección de las áreas e información básica para el análisis.....	45
5.1 Cultivo de papa.....	45
5.2 Producción de papa en el departamento de Cundinamarca.....	46
5.3 Cultivo de arroz.....	47
5.4 Selección de estaciones climatológicas.....	29
6. Marco de análisis de los cultivos.....	49
6.1 Cultivo de papa.....	49
6.1.1 Variedades y semillas.....	51
6.1.2 Enfermedades de la papa.....	51
6.1.3 Economía campesina.....	53
6.1.4 Aspectos socio económicos.....	53
6.1.5 Comercialización.....	55
6.1.6 Precios.....	56
6.1.7 Estructura de costos.....	58
6.2 Arroz.....	60
6.2.1 Descripción general del cultivo.....	60
6.2.2 Cultivo de arroz.....	60
6.2.3 Fisiología del cultivo.....	61
6.2.4 Región de Saldaña, Espinal, Meseta de Ibagué y el norte del Tolima..	63
6.2.5 Aspectos socioeconómicos.....	63
6.2.6 Mercado del Arroz en Colombia.....	65
6.2.7 Costos de producción.....	66
7. Análisis de las variables.....	68
7.1 Análisis de las variables de precipitación y temperatura en los municipios seleccionados productores de papa.....	68
7.1.1 Comparación de variables para el cultivo de papa.....	70
7.1.2 Análisis por municipios productores.....	77
7.2 Análisis del cultivo de arroz.....	82
7.2.1 Análisis de la variabilidad climática en los promedios establecidos para municipios productores del arroz.....	82
7.2.2 Comparación de variables para el cultivo de arroz.....	84
7.2.3 Análisis por municipios productores.....	90
7.2.4 Vaneamiento de la panícula del arroz (VPA).....	92
8. Reflexión final.....	95
9. Conclusiones.....	100
A. Anexo: Contraste de variables climatológicas en municipios productores de papa.....	103

XII Análisis de la variabilidad climática sobre la producción y precios de alimentos representativos de la canasta básica de la ciudad de Bogotá (2000-2013).

B. Anexo: Glosario de términos 105

Bibliografía 108

Lista de figuras

Figura 2-1: Comportamiento anual del Índice Oceánico El Niño. Pág. 10

Figura 4-1: IPC total y de los alimentos con base en 2008. Años 2000-2015. Pág. 43

Figura 7-1: Precipitación y temperatura en variables climatológicas seleccionadas en Cundinamarca. Años 1960-2013. Pág 69

Figura 7-2: Variables climatológicas, rendimientos en las provincias de Almeidas, Ubaté, Guavio y Sabana Centro en Cundinamarca, producción y área sembrada en Cundinamarca y precios de papa. Años 2000-2013. Pág 71

Figura 7-3: Precipitación y rendimientos semestrales del cultivo de papa en Zipaquirá. Años 2006-2012. Pág 79

Figura 7-4: Precipitación y rendimientos semestrales del cultivo de papa en Cogua. Años 2006-2012. Pág 80.

Figura 7-5: Precipitación y rendimientos semestrales del cultivo de papa en Sesquilé. Años 2006-2012. Pág 81

Figura 7-6: Precipitación y rendimientos semestrales del cultivo de papa en Guasca. Años 2006-2012. Pág 82

Figura 7-7: Precipitación y temperatura en estaciones climatológicas seleccionadas en municipios productores de arroz del Tolima. Años 1960-2013. Pág 84

Figura 7-8: Variables climatológicas y rendimientos en las provincias de Ibagué y Suroriente del Tolima, producción y área sembrada en Tolima y precios de arroz. Años 200-2013. Pág 85

Figura 7-9: Producción de arroz total nacional y del Tolima e importaciones. Años 2000-2013. Pág 86

Figura 7-10: Caída de rendimientos por años en municipios del Tolima. 2007-2012. Pág 91

Lista de tablas

Tabla 4-1: Área y empleo generado por los cultivos estudiados, año 2011 Pág. 37

Tabla 4-2: Consumo per cápita de los alimentos estudiados Pág. 37

Tabla 5-1: Departamentos con mayor producción de papa en Colombia 2014. Pág 43

Tabla 5-2: Municipios con mayores niveles de producción de papa en el departamento de Cundinamarca en el período 2006-2011. Pág 44

Tabla 5-3: Departamentos con mayor producción de arroz y tipos de cultivo en Colombia 2013. Pág 45

Tabla 5-4: Municipios con mayor producción de arroz en el departamento del Tolima. Pág 46

Tabla 5-5: Municipios priorizados para la selección de estaciones climatológicas en el caso de cultivo de papa. Pág 47

Tabla 5-6: Municipios priorizados para la selección de estaciones climatológicas en el caso de arroz Pág 48

Tabla 6-1: Clasificación de grupos de productores de papa. Pág 54

Tabla 6-2: Número de productores y unidades productoras de arroz por zona arrocera en Colombia. 2008. Pág 64

Tabla 6-3: Indicadores relacionados con la estructura productiva del arroz mecanizado. Primer Semestre, Colombia 2007. Pág 65

Tabla 6-4: Unidades productoras de arroz con tecnología mecanizada por tipo de propiedad. Colombia, primer semestre 2007. Propietario. Pág 65

Tabla 6-5 Unidades productoras de arroz con tecnología mecanizada por tipo de propiedad. Colombia, primer semestre 2007. Arrendatario. Pág 66

Tabla 6-6: Asistencia técnica por grupos de área de las UPA. Pág 66

Tabla 6-7: Costos de producción de arroz de riego y seco 2011. Pág 67

Tabla 7-1: Promedios y variaciones estándar de precipitación y temperatura por décadas. Pág 71

Tabla 7-2: Variaciones porcentuales anuales de las variables. Años 2000-2013 Pág 75

Tabla 7-3: Clasificación de años por tipos de fenómeno ENOS. Pág 76

Tabla 7-4: Línea base de las variables a partir de los años normales. Pág 76

Tabla 7-5: Promedio de las variaciones porcentuales de los años ENOS frente a la línea base. Pág 76

Tabla 7-6: Variaciones significativas en rendimientos. Pág. 77

Tabla 7-7: Máximos y mínimos en rendimientos y precipitaciones en los municipios seleccionados. Pág. 78

Tabla 7-8: Promedio y variación estándar de variables en estaciones seleccionadas. Pág 84.

Tabla 7-9: Variaciones porcentuales de las variables en el caso del arroz. Años 2000-2013. Pág. 88

Tabla 7-10: Clasificación de años por tipos de fenómeno ENOS. Pág 90

Tabla 7-11: Línea base de las variables para el cultivo del arroz a partir de los años normales. Pág 90

Tabla 7-12: Promedio de las variaciones porcentuales de los años ENOS frente a la línea base. Pág 90.

Tabla 7-13: Año de caída de rendimientos mayores a 5% en el cultivo de arroz en municipios del Tolima. Pág. 90

Lista de siglas y abreviaturas

CAR. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

CAF. Banco de Desarrollo de América Latina.

CEPAL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

CEVIPAPA. Centro de Desarrollo Tecnológico de la Cadena Agroalimentaria de la Papa.

DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

ENOS. El Niño- Oscilación del Sur.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FEDEARROZ. Federación de Productores de Arroz.

FEDEPANELA. Federación Nacional de Productores de Panela.

GEI. Gases de Efecto Invernadero.

ICA. Instituto Colombiano Agropecuario.

IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.

IPCC. Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

ISAH. Inseguridad Alimentaria en el Hogar

IPC. Índice de Precios al Consumidor

MADR. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Rural.

SlyC. Superintendencia de Industria y Comercio.

UNDP. United Nations Development Programme.

VPA. Vaneamiento de la Panícula del Arroz.

Introducción

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), ha adelantado significativos esfuerzos en la comprensión de los escenarios relacionados con los cambios del clima global en el futuro. En los últimos años, se han intensificado las frecuencias y las intensidades de fenómenos climáticos extremos tales como huracanes, lluvias torrenciales, sequías, entre otros (FAO, 2011), dejando al descubierto serias vulnerabilidades de los países frente a este tipo de circunstancias, especialmente en lo que tiene que ver con la producción de alimentos y el abastecimiento de agua.

Al respecto se encuentran varios ejemplos. Sobresale el caso de la sequía en el cinturón del trigo en la cuenca del mediterráneo en el año 2010, que se manifestó en la reducción global de la producción de este cereal ocasionando el incremento de los precios internacionales, lo que a su vez se manifestó en el desabastecimiento de este alimento en sociedades altamente vulnerables a los precios como son los países de la región del Magreb, lo que sumado a otros factores desencadenó las revueltas de lo que se conoció como la primavera árabe en el 2011. Por otro lado pueden citarse las drásticas pérdidas en las cosechas ocasionadas por la fuerte temporada de lluvias sucedida en Colombia en el año 2010, que afectó a casi tres millones de personas en su mayoría campesinos o grupos de alta vulnerabilidad social.

En el contexto de la ciudad de Bogotá, a pesar de los sensibles efectos de la política de seguridad alimentaria en sectores altamente vulnerables, se encuentra que el 27,8% de las familias están en situación de inseguridad alimentaria y nutricional (Ministerio de Salud y protección social y FAO, 2012). También se hallaron en la ciudad avances en la integración de las economías campesinas con los circuitos de distribución de alimentos, lo que significa el mejoramiento de las relaciones de abastecimiento, en términos de precios y calidad de los alimentos, así como el establecimiento de diálogos culturales

(Montoya y Mondragón, 2010). Sin embargo se hace evidente la falta de abordajes holísticos (Wheeler y von Braum, 2013), que permitan integrar los territorios que proveen de servicios ecosistémicos fundamentales para el metabolismo de la ciudad, en particular el suministro de alimentos, especialmente con los retos que genera la variabilidad y el cambio climático.

Este trabajo investigativo incluyó el análisis de cuatro variables y sus relaciones bajo la perspectiva ambiental para dos cultivos, papa y arroz, en regiones con niveles de producción representativa a nivel nacional y con cercanía a la ciudad de Bogotá. Las regiones seleccionadas fueron las provincias de Almeidas, Ubaté y Sabana Centro al norte de Bogotá para el caso del cultivo de papa, las provincias de Ibagué y Suroriente en el Tolima para el caso del cultivo de arroz.

El objetivo de este trabajo fue identificar las principales relaciones existentes entre la variabilidad climática, los rendimientos, el área sembrada, la producción y los precios de dos alimentos representativos de la canasta familiar que ingresaron a la ciudad de Bogotá durante el período 2000-2013. Los objetivos específicos fueron: 1. Establecer la variabilidad climática en las regiones seleccionadas de producción de los alimentos seleccionados en el período de estudio. 2. Establecer las fluctuaciones de producción (rendimiento en kg/ha) de los cultivos seleccionados en relación con la variabilidad climática. 3. Analizar las fluctuaciones de precios de los alimentos de la ciudad e identificar sus relaciones con la variabilidad climática y los cambios en la producción. 4. Identificar otras variables que contribuyan a explicar las relaciones encontradas y finalmente diseñar y aplicar instrumentos de convalidación de las relaciones establecidas en organizaciones representativas de las regiones productoras identificadas.

1. Marco Teórico

Entre los esfuerzos por comprender las problemáticas del cambio climático, se encuentran enfoques desde las ciencias económicas, la climatología y las ciencias agronómicas, entre otros. Los resultados de estos abordajes brindan elementos significativos pero limitados para comprender el cambio climático en sus dimensiones, las cuales son catalogadas de carácter civilizatorio y de alcance planetario.

De acuerdo con Maya (1995), la segmentación y la especialización del conocimiento parten de los albores del capitalismo con las emancipaciones burguesas europeas. El conocimiento positivista y reduccionista se construyó de acuerdo con las crecientes necesidades de las sociedades industriales y cada revolución tecnológica como la energética o la informática han implicado profundas transformaciones culturales, pero también transformaciones en las relaciones ecosistemas-cultura. Con la superación de los márgenes de resiliencia planetarios derivados de la demanda de recursos para satisfacer los niveles de consumo, se plantean problemas estructurales mucho más apremiantes. Los escenarios del cambio climático emergen en un escenario de agotamiento de recursos vitales (agua, suelos, entre otros) frente al cual las instituciones políticas no responden con claridad.

Este marco que podría plantearse como una crisis civilizatoria, pasa también por una crisis epistemológica marcada por la dificultad y la resistencia del conocimiento hegemónico (que predomina en el discurso estatal, academia y medios de comunicación) hacia la comprensión profunda en las relaciones ecosistema cultura. Esta crisis pasa por desapercibir las implicaciones del modelo tecnológico, en obviar las presiones que generan los modelos de consumo en la demanda de recursos y especialmente por evitar las profundas contradicciones culturales (poder, equidad y justicia a nivel global) que debe enfrentar la sociedad ante estos profundos cambios.

La comprensión de dicha crisis, demanda acercamientos locales y regionales más precisos, abiertos a encuentros entre epistemologías no exclusivamente académicas, afincadas en los diálogos de saberes y haceres planteados por corrientes sociológicas. Estrategias adaptativas a los ecosistemas encuentran valiosas experiencias que pueden ser significativas a pesar de no ser reconocidas por la academia formal, que enriquecen la lectura ambiental propiamente dicha y permite problematizar las respuestas hegemónicas institucionales.

En el presente trabajo, se plantean lecturas cobijadas por lo complejo y lo sistémico. Las relaciones campo ciudad no pueden ser reducidas al flujo de materiales y energía, pasando por alto las asimetrías en los intercambios, las tendencias en la concentración de los circuitos económicos, entre otros. Lo anterior se enmarca en perspectivas complementarias que pasan necesariamente por relaciones de poder, que en muchos casos implican circuitos de acumulación de riqueza concentradores y excluyentes.

Las relaciones ecosistema-cultura, se han venido explorando desde diferentes enfoques metodológicos y epistémicos. Lo que puede implicar nuevas lecturas del conocimiento en si mismo, como plantea Carrizosa (2001) “lecturas integradoras, que planteen nuevos interrogantes sin olvidar los avances ya consolidados”, llegándolas a plantear como la “indisciplina” del conocimiento. Esta indisciplina del conocimiento que parte de lecturas integradoras es precisamente la apuesta de este trabajo, en la medida en que acude a diferentes interpretaciones, en el esfuerzo de construir nuevas líneas que permitan enriquecer la comprensión de la problemática generada por la variabilidad climática sobre la producción de alimentos alrededor de la ciudad de Bogotá.

La lectura propuesta incluye necesariamente alivianar el peso de los abordajes especializados (climatología, fisiología, economía) que permita integrarlos. En algunos casos implica también acudir a variables, que bajo visión ambiental, posibilitan diálogos entre diferentes disciplinas del conocimiento en la búsqueda de relaciones no identificadas. Frente a lo anterior, cabe mencionar que se encuentran valiosos trabajos alrededor de la temática abordada en este trabajo, que han sido realizados desde varias disciplinas y sectores (académicos, gremiales, gubernamentales) y que constituyen referentes fundamentales, tales como los relacionados por la línea de investigación en

agroclimatología del Máster en Ciencias – Meteorología de la Universidad Nacional de Colombia, el CIAT y el Ministerio de Agricultura hacia el mejoramiento de la adaptación del sector agrícola al cambio climático.

La lectura integradora e “indisciplinada” de este trabajo no pretende generar nuevos precedentes y busca evadir las sentencias concluyentes que demanda el método científico tradicional. Este trabajo pretende abrir nuevas preguntas y posibilidades que estarían excluidas desde los abordajes especializados en disciplinas o restringidos por el peso institucional que pueden llegar a tener. Se busca fundamentalmente problematizar y controvertir el abordaje del discurso ya formalizado, con la esperanza de esbozar nuevas perspectivas interpretativas y las respuestas a los retos que impone la actual situación climática.

2.Revisión de literatura

En este ejercicio de revisión de literatura se busca plantear los debates en torno a los efectos de las variaciones del clima sobre la producción de alimentos. Se trata de incluir los diferentes enfoques con el objeto de esbozar un panorama general del espectro de los abordajes a la problemática que permita contextualizar y enriquecer analíticamente este trabajo, con miras a plantear una lectura “trasversal” y problematizadora.

2.1 Cambio climático

El Cambio Climático, de acuerdo al IPCC (2001) “es la variación estadística del estado medio del clima o en su variabilidad que persiste durante un período prolongado (decenios o más)”. No obstante, de acuerdo a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, éste se define como “Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. De acuerdo a lo anterior, este fenómeno se atribuye directamente a las acciones antrópicas que han alterado la atmósfera, que se suma a las variaciones naturales del clima debidas a otros factores. Los efectos de este fenómeno son evidentes, como el aumento del nivel del mar, el derretimiento de los cuerpos de nieve, las variaciones en los patrones de precipitación y temperatura (Jones, 2004).

El período 1983-2012, ha sido el más cálido en los últimos 1.400 años (IPCC, 2013), se evidenció también un aumento en el nivel del mar desde 1993 a una razón promedio de 3,1 mm/año con aceleraciones anuales y se catalogaron de muy probables las

variaciones climáticas extremas en el planeta y como probable el aumento de las olas de calor en la mayoría de las zonas terrestres. Estas variaciones podrían tener diferentes impactos sobre los sistemas productivos y ambientales, como el aumento en el consumo de agua por plantas y animales, la alteración de ciclos biológicos de diferentes organismos y cambios en la distribución potencial de nichos ecológicos, entre muchos otros (Rojas, 2011).

No obstante y a pesar del consenso de las instituciones climatológicas mundiales, existen disensos sobre el enfoque y la perspectiva que plantea los escenarios del clima en relación con la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera. Madrid (2011), plantea la necesidad de considerar los principios de la teoría del caos en la elaboración de dichos escenarios, en particular por la dificultad de hacer modelamientos climatológicos bajo la influencia de diversos tipos de variables. Otro aspecto relevante en la perspectiva de Madrid, es la de considerar los cambios climáticos en escalas de centurias que permiten pensar en que existen otros muchos factores diferentes a las acumulaciones de los GEI que son determinantes en las variaciones del clima.

No obstante lo anterior, se recoge el consenso actual que plantea que los GEI en la atmósfera tienen un papel determinante en las modificaciones del clima global, al que se suman otros factores como las islas térmicas, las modificaciones en el paisaje que tienen efectos micro climáticos y los cambios en la actividad solar entre otros, que también tienen incidencia en las variaciones climáticas que se están intensificando en los últimos años.

2.1.1 Variabilidad Climática

La Variabilidad Climática, se refiere a las fluctuaciones del clima en diferentes períodos de tiempo. Se define como las desviaciones de las estadísticas climáticas a lo largo de un período de tiempo dado respecto a los promedios de las estadísticas climáticas a largo plazo relacionadas con el mismo período (Boshell y León, 2011). El análisis de la Variabilidad Climática depende de las escalas de tiempo y espacio. En términos generales existen escalas a nivel estacional o inter-mensual, intra-estacional que se

presentan dentro de las escalas estacionales, y la escala interanual que corresponde a las variaciones que se presentan de año a año (Montealegre y Pabón, 2002). De acuerdo a la FAO (2011), la variabilidad climática es un factor que cobra mayor intensidad en los últimos años, pues las frecuencias de inundaciones y sequías han aumentado de manera notoria en el continente americano.

La variabilidad climática interanual está asociada al ciclo ENOS (El Niño – Oscilación del Sur), en el que se diferencia una fase cálida conocida como el evento el Niño y la fase fría conocida como el evento La Niña.

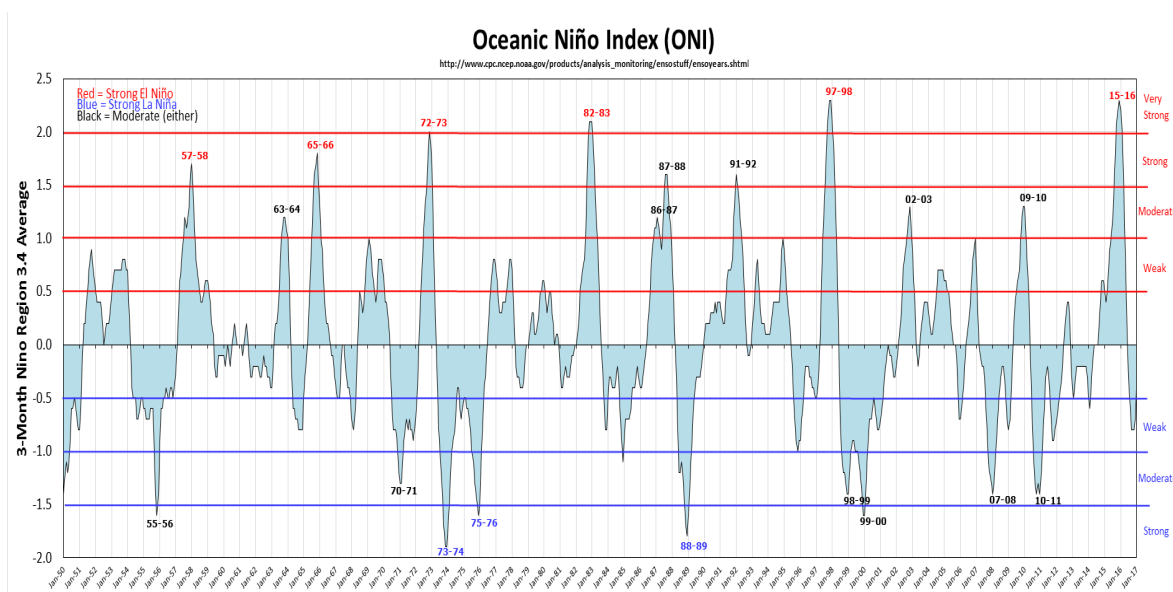


Figura 2-1. Comportamiento Anual del Índice Oceánico El Niño.

Fuente: Climate Prediction Center. National Oceanic and Atmospheric Administration. 2017. http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

Usualmente las aguas del Pacífico oriental frente a las costas ecuatoriales de Sur América son de temperaturas bajas debido al surgimiento de aguas profundas. Cuando se hace mención al fenómeno del Niño se hace referencia al incremento de la temperatura de las aguas del océano Pacífico, que puede durar 12 meses, afectando las condiciones climáticas de una zona importante del planeta y en particular de la región occidental y central de Colombia.

Desde la década de 1970 hay una menor frecuencia de condiciones frías en el Pacífico tropical y una mayor tendencia a la ocurrencia de fenómenos cálidos. Comparativamente, El Niño ha sido más frecuente que La Niña. Desde 1935 se han presentado siete episodios de ésta última, mientras que para el fenómeno El Niño se han presentado trece casos. En Colombia se evidencian más claramente los impactos asociados a La Niña, debido al incremento de desastres por fenómenos hidrometeorológicos en particular inundaciones y deslizamientos. Durante el año 1999 se registraron diez veces más desastres asociados a La Niña que los ocurridos durante el evento El Niño de los años 1997 y 1998 (Rodríguez, 2012).

En las últimas décadas se han intensificado los fenómenos climáticos extremos relacionados con el cambio climático tales como: sequías, heladas, olas de calor, tormentas de granizo, como también variaciones en el equilibrio entre temperatura y precipitaciones o en la intensidad y frecuencia de los huracanes, fenómenos que han afectado seriamente América Latina y el Caribe (Ortiz, 2012).

Los fenómenos climáticos extremos se han incrementado 2,4 veces a través de los eventos de inundaciones y sequías. La variabilidad climática ya es un factor significativo en varias regiones rurales de América Latina. En Nicaragua, por ejemplo, los campesinos reportan variaciones en la llegada y la duración de la temporada de lluvias, y en la temporada de verano que es más seco y prolongado, especialmente en los últimos dos años (Gourdji, 2013).

2.2 Análisis de los efectos del clima en la producción de alimentos

En términos generales, puede afirmarse que los efectos del cambio climático global agrupados en temperaturas extremas, escasez de agua e inundaciones limitarán la disponibilidad de fuentes alimentarias esenciales para la nutrición del ser humano (Ortiz, 2012; Tubiello *et al.*, 2007). Además de la incidencia directa del cambio de las principales variables climatológicas, se plantean alteraciones con estrecha relación en la producción de alimentos entre las cuales se cuentan mayor lixiviación de nitrógeno, erosión del suelo y menor disponibilidad de tierras y agua para las actividades agropecuarias (Ortiz, 2012).

En la prospección de la productividad agrícola sobre los escenarios que se plantean para el cambio climático, Valenzuela (2010) encuentra que la producción agrícola en latitudes altas se beneficiará para las próximas décadas, mientras que las zonas rurales de los trópicos resultarán desfavorecidas. El efecto neto en la producción agrícola global para el 2030, de acuerdo a la metodología utilizada en este trabajo, es que prácticamente no hay cambios en la producción total. Por otro lado Van der Mensbrugge (2010), asume grandes impactos positivos en las regiones agrícolas templadas, y pequeños impactos negativos en los trópicos y estima una pequeña mejora en el bienestar económico con el incremento de la productividad agrícola.

En el caso de Camerún en África, Tungan (2008), estima para escenarios futuros un significativo incremento en la producción de soya y maní, mientras que no se observarían cambios en la producción de los cultivos de maíz y sorgo, usando modelos determinados por el incremento del período de maduración y a la mayor concentración de CO₂ atmosférico. Según Gahukar (2009), a pesar de que los experimentos controlados indican la favorabilidad de la concentración de dióxido de carbono para el crecimiento de los cultivos, lo que ha sido utilizado para estimar las proyecciones de producción de alimentos, este fenómeno no se conoce en detalle, lo que genera serias inquietudes.

Los ejercicios de prospección analizados anteriormente, se basan en el cubrimiento de unas cuantas variables dimensionadas en condiciones controladas, que permiten la extrapolación a partir de los escenarios planteados para el clima. Sin embargo estos esfuerzos, muestran limitaciones, en particular por la no inclusión de variables determinantes, no comprendidas completamente como por ejemplo: la variabilidad climática, la aparición o intensificación de enfermedades, períodos de escasez o exceso de agua, incrementos súbitos de temperatura, entre otros. Detrás de este tipo de proyecciones se justifica la introducción de especies genéticamente modificadas al mostrar rendimientos favorables en condiciones de laboratorio. Tungan (2008), plantea que nuevos cultivos basados en “tratamientos genéticos específicos” pueden reaccionar mejor al cambio climático, puesto que se encuentran notables diferencias entre cultivos mejorados y los comunes, lo que puede ayudar a aliviar los efectos negativos del cambio climático sobre la producción de alimentos.

Por otro lado, Su (2009) señala que a pesar de que la productividad en los cultivos se incrementa con el aumento de la concentración de CO₂, el aumento de 2° Celsius de la temperatura implicaría una caída del 5% en la producción de arroz en Asia. Por otro lado Newton (2011) relaciona enfermedades en los cultivos con el incremento de la concentración de CO₂ y de la temperatura.

2.2.1 Otras aproximaciones sobre la influencia del cambio climático en la producción de alimentos

Desde perspectivas analíticas diferentes a las planteadas anteriormente, relacionadas con modificaciones sobre el uso del suelo y mediciones en campo, Quiggin (2010) establece límites de análisis alrededor del incremento de las temperaturas, señalando que alrededor de los dos grados Celsius se observarán impactos mixtos (aumento y disminución de la producción agrícola), que conjuntamente se compensarán a nivel planetario, pero que más allá de los dos grados las consecuencias podrían ser catastróficas.

Existen otros trabajos prospectivos de alcance regional, señalando escenarios de riesgo: Gahukar (2009), señala que con el cambio climático, el 15% del suelo fértil del delta del Nilo estará amenazado para el 2020, mientras que se podría perder el 10% de los cultivos básicos (arroz, trigo y maíz) en el sur de Asia. En Haryana, provincia de la India, la producción de trigo ha bajado de 4106 kg/ha en el año 2000/01, a 3937 kg/ha en el 2002/03. También se observan notables variaciones en el régimen de lluvias, que afectan de manera directa los cultivos rurales en la India, que pueden significar una caída del 8% en la productividad.

Los impactos del clima sobre los rendimientos de los cultivos, en particular con el aumento de la variabilidad, se plantean también en relación con el área de cultivo, lo que puede sugerir una importante variable para cuantificar la afectación sobre la capacidad productiva rural. De acuerdo con Ahmad 2011, en la India, (Kharif) con las fluctuaciones de la estación de lluvias el área cultivada ha venido disminuyendo de manera sostenida desde 1983/84 cuando se tenían 84,14 millones de hectáreas. Durante la temporada

seca (Rabi), la fluctuación del área cultivada es baja, en buena medida por los sistemas de riego disponibles.

La temperatura es considerada una de las variables más determinantes en otras fuentes alimenticias como la pesca. Omitoyin (2012), demostró que los cambios de temperatura y en el patrón de lluvias afectaron la diversidad y las poblaciones de peces en el Estado de Lagos en Nigeria, comprometiendo la sobrevivencia de las comunidades de pescadores que se encuentran en la región.

La producción de alimentos es una de las actividades que más demanda agua y su viabilidad depende directamente de su disponibilidad, especialmente en los períodos secos. La escasez de agua relacionada con los efectos de la variabilidad y el cambio climático exacerbará los conflictos por el acceso al agua, e incrementará los costos de producción relacionados con su manejo en las unidades productivas (Ortiz, 2012).

Los glaciares de la zona andina y en particular de Colombia han perdido el 20% de su volumen, lo que significa una afectación sobre el suministro de agua y energía. Los aumentos de temperatura en los Andes están afectando los ciclos hidrológicos y los hábitats de las zonas montañosas donde las variaciones de las precipitaciones también afectan el suministro de agua (Ortiz, 2012).

Los efectos de las variables climatológicas sobre la producción de alimentos, pueden ser aún más graves teniendo en cuenta el deterioro de los ecosistemas, en especial los de páramo donde las fuentes de agua son altamente vulnerables a los impactos del cambio climático (Rojas, 2012). Algunos de estos impactos ya han sido reportados en Colombia, como la migración altitudinal de plagas como la garrapata (*superfamilia ixodoidea*), que fue detectada en altitudes por encima de los 2900 msnm (Cortés *et al.*, 2010), donde su desarrollo según Evans (1978) no era posible.

La disminución de las temperaturas mínimas en algunas zonas, principalmente aquellas donde la transformación del suelo ha sido más intensa, podría representar un aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos de heladas, uno de los principales problemas que afronta la agricultura de clima frío, afectando los rendimientos, la rentabilidad de los

cultivos y la ganadería, especialmente en la producción de hortalizas, frutas, flores, papa, maíz y pastos para el ganado entre otros (CCI, 2010). Por el contrario, aumentos en las temperaturas de las noches pueden incidir también negativamente, acelerando el metabolismo de las plantas, incrementando la tasa de respiración y finalmente ocasionando disminuciones en los rendimientos de los cultivos (Alpí y Tognoni, 1991).

Otro problema serio que tendría que enfrentar la agricultura es el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos, muchos de ellos asociados a ciclos de variabilidad climática que se están haciendo progresivamente más recurrentes y agresivos.

Todos los problemas anteriores deben ser abordados en el contexto de una incesable demanda de alimentos para una población que crece día a día. La lista de posibles impactos de cambios en el clima es larga (aumento de riesgos de desastres, aumento de los períodos de escasez de agua, afectaciones en los rendimientos en los cultivos, entre otros), así como los sectores o poblaciones potencialmente vulnerables a este tipo de amenazas. Sin embargo, los efectos sobre la producción y productividad varían considerablemente (Rojas, 2012).

No obstante, algunas regiones podrían verse beneficiadas en relación con la disminución en la frecuencia de heladas, mayores concentraciones de dióxido de carbono y aumentos de temperatura que podrían impulsar la productividad, en tanto que no haya escasez de agua. En otras regiones, áreas que no eran aptas para actividades agrícolas por las bajas temperaturas en épocas de invierno o por reducidas temporadas de siembras, progresivamente pueden ser útiles para diversos tipos de cultivos (IPCC, 2007).

2.3 La perspectiva de la seguridad alimentaria

De acuerdo con la FAO (2003), la seguridad alimentaria está definida como la posibilidad de que todas las personas tengan en todo momento acceso físico, social y económico a alimentos que les garanticen la satisfacción de sus necesidades dietéticas y sus preferencias alimentarias para una vida activa y saludable. En este contexto el Cambio

Climático está afectando la seguridad alimentaria y nutricional y debilita los esfuerzos por reducir el hambre y para proteger y promover la nutrición.

Varios cultivos fundamentales para la alimentación de importantes grupos poblacionales que enfrentan diferentes grados de inseguridad alimentaria se enfrentan a reducciones en sus rendimientos (Lobell *et al.*, 2008). Estas reducciones tienen diferentes proporciones de acuerdo a cada cultivo y especie. Por ejemplo el rendimiento del cultivo de arroz disminuye aproximadamente 10% por cada incremento de 1°C en la temperatura (Peng, 2004). Se espera una pérdida de 10% en la producción global de maíz para el año 2055 (Jones y Thornton, 2003). Por otro lado también pueden aumentar los problemas fitosanitarios en los cultivos relacionados con insectos y ácaros, debido al aumento de temperatura y de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera (Ortiz, 2012).

Para el año 2050, en América Latina, la disponibilidad media de alimentos *per cápita* podría disminuir en por lo menos 300 calorías (reducción del 12%) en relación con el cambio climático, lo que tendría como consecuencia la destrucción de los avances en la lucha contra la desnutrición (IFPRI, 2009). Para este año también se estima que habrá alrededor de 6,4 millones de niños desnutridos, de los cuales cerca de 1,4 millones estarán relacionados con efectos del cambio climático. De acuerdo con la FAO (2011), desde el año 2000 se encuentra un claro incremento en los precios mundiales de los alimentos que corresponde, entre otros factores, al incremento de las variaciones climáticas.

En el año 2009, cerca de mil millones de personas no podían satisfacer sus necesidades alimenticias en el planeta (Godfrey, 2009), problema que tiende a empeorar en el futuro con la combinación de varios factores ambientales, agrícolas, políticos y económicos (Ludi, 2009). En este contexto la producción campesina de alimentos sería la que primero recibiría los impactos causados por el clima debido a las limitaciones económicas al acceso de los suministros agrícolas (Gahukar, 2009). El cambio climático agrava aún más el acceso a los alimentos en regiones afectadas por hambrunas (Magrin y Garcia, 2007).

En otras regiones del mundo y en particular en el continente asiático, las limitaciones ambientales, el crecimiento poblacional y las tensiones geopolíticas locales hacen que se arriesgue la seguridad alimentaria (Butler, 2009) y que el cambio climático sea un factor de impacto sobre la misma (Su, 2009), lo que significa una clara situación de riesgo adicional después de los picos de altos precios de los alimentos de la primera década del 2000.

En este contexto, la debilidad institucional y las importaciones masivas de alimentos agravan la vulnerabilidad de la seguridad alimentaria local (Seymour, 2009). El riesgo de desabastecimiento alimentario debido a los efectos del cambio climático es visto incluso como un factor de desestabilización política en varios países y en regiones enteras, como pudo observarse en los países del norte de África y medio oriente, altamente vulnerables a los precios internacionales del trigo, en los que ocurrió una cascada de revueltas populares estrechamente relacionadas con los aumentos de temperatura en las regiones productoras de trigo y los picos de precios en los años 2009 y 2010 (Lagi, *et al.*, 2011).

2.3.1 Volatilidad de precios

Desde 1981 en el planeta se han perdido 40 millones de toneladas anuales de cebada, maíz y trigo debido al cambio climático, cantidad que equivale a USD 5 billones (Lobel y Field, 2007). Para el año 2050, se estima que el precio de los principales alimentos básicos podría aumentar hasta 121% en el caso del arroz y un 153% en el caso del maíz, debido a la presión en conjunto que ejerce los efectos del cambio climático, el aumento de la población y de ingresos, y por la creciente demanda de combustibles (Nelson y otros, 2010).

De acuerdo con la Cepal (2011), los principales índices de precios de alimentos calculados por organizaciones internacionales se incrementaron entre junio y diciembre de 2010 alrededor de 30%. Dada la alta incidencia de estos precios en la pobreza y nutrición a nivel global se plantea con preocupación el debate sobre la naturaleza de los incrementos y sus causas, entre las cuales se pueden mencionar la especulación de los mercados de materias primas, la incertidumbre del crecimiento de la economía mundial, la aplicación de medidas restrictivas al comercio y las fluctuaciones del precio del dólar entre otras. Entre los anteriores factores, la variabilidad climática aparece como la fuente más recurrente de inestabilidad de precios en la agricultura, dado que los principales

momentos críticos de la oferta han sido generados por los efectos de los eventos climáticos extremos (Cepal, 2011).

Frente a la volatilidad de precios, la Cepal propone aumentar la productividad de los granos básicos y las oleaginosas en los países en desarrollo, como también rescatar, revalorar y fomentar la producción de productos tradicionales.

La misma entidad indica que se deben reforzar los mecanismos comerciales y de integración regional para reducir la vulnerabilidad de muchos países frente a la volatilidad de los precios. A nivel regional recomienda desarrollar mercados de alimentos que permitan disminuir los costos de transacción para los pequeños productores, creando canales eficientes de comercialización en alimentos frescos que conectan la producción con la demanda local de una manera directa. También recomienda el establecimiento de una reserva mundial de alimentos independiente de la ocurrencia de emergencias, establece la necesidad de un mecanismo de salvaguarda para los precios de los alimentos para los países en desarrollo.

2.4 Variabilidad climática y cambio climático en Colombia

De acuerdo con el informe de Colombia a las Naciones Unidas sobre el cambio climático (IDEAM, 2015), se pronostica un incremento para el país en 1,4°C para el período 2011-2040, lo que causaría la disminución de precipitaciones en sectores de la Costa Caribe y la región Andina (Córdoba, Bolívar, Huila, Nariño, Tolima, Cauca y Risaralda), el aumento de éstas en Vaupés, Chocó, Guainía y Amazonas. Las consecuencias de estos cambios, afectarán a 15,5 millones de colombianos.

El sector agropecuario estaría afectado por el aumento de la desertificación, mientras que los cultivos más vulnerables serían el arroz, el tomate de árbol y la papa (Pabón, 2010). La evaluación de los impactos del cambio climático en los sectores más vulnerables de la agricultura colombiana muestra que, si no hay medidas de adaptación, será impactado el 80% de los cultivos del 60% de las áreas agrícolas del país (Ramírez *et al.*, 2012). También se pronostica la pérdida de nichos climáticos del café, frutales,

cacao, musáceas, cambios en la incidencia de plagas y aumento en el nivel de vulnerabilidad para pequeños agricultores (UNDP, 2009).

Los impactos sobre los agroecosistemas se manifiestan de diferentes maneras en el territorio colombiano en función de la intensidad de los efectos climatológicos en el ámbito regional y local y con relación a las vulnerabilidades específicas agroecológicas, donde las condiciones del suelo son determinantes (Rojas, 2011), así como las particularidades de los sistemas de producción y los ciclos de vida de los cultivos y las especies animales bajo producción (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1997).

El nivel tecnológico, la disponibilidad de sistemas de riego e infraestructura de soporte a la producción y el manejo poscosecha, entre otros son factores altamente importantes en términos de la vulnerabilidad de la producción de alimentos frente al clima (Rojas, 2011).

Sin embargo, aún considerando las diferencias en las manifestaciones del clima a nivel local, se puede afirmar que en el país imperan condiciones de sequía y aumentos de temperatura generalizados cuando se presenta un evento El Niño cuyos efectos directos se reflejan principalmente en la reducción de los rendimientos agropecuarios, que según cálculos realizados por el Ministerio de Agricultura es cercana al 5% en el rendimiento agrícola (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2009).

El impacto es ligeramente mayor en los cultivos permanentes (5,5%), frente a los transitorios (4,4%), además de retrasos en las épocas de siembra, reducción e incluso abandono de áreas de cultivos, la elevación de los costos de producción y el incremento coyuntural en el precio de los alimentos (CAF, 2006).

El déficit de lluvias y las variaciones al inicio de las temporadas húmedas, ocasiona incrementos de problemas fitosanitarios que conllevan a la reducción de rendimientos agrícolas e incrementos de los precios de producción. Por otro lado los excesos de lluvia en zonas aisladas combinadas con altas temperaturas, favorecen el desarrollo de plagas y enfermedades, problemática que induce a la utilización de más agroquímicos, aumentando los costos de producción y contribuyendo a la contaminación de suelos y agroecosistemas. En contraste, el déficit de lluvia genera pérdida en la cobertura vegetal y acelera la erosión (Rojas, 2011). En general situaciones de estrés hídrico se observan

en buena parte del territorio nacional, sobretodo en la costa Atlántica y en la región Andina, donde la reducción de la humedad en el sistema suelo-vegetación, afecta en mayor medida a los cultivos de secano (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2009).

En el año 2012, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) auspició un estudio sobre los efectos de la variabilidad climática sobre la seguridad alimentaria en Colombia (Alfonso y Alonso, 2012). El trabajo definió los patrones urbanos en los que se concentra la población a nivel nacional y dividió el país por regiones climáticas, categorizó el stress de regiones por variación climática y determinó la sensibilidad municipal de la pobreza frente al cambio del precio de los alimentos. Finalmente definió un indicador multivariado entre la variabilidad climática, el Índice de Precios al Consumidor (IPC) de los alimentos y la línea de indigencia.

De acuerdo con el trabajo mencionado, para las grandes ciudades colombianas, Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla se estableció una relación probabilística entre los tiempos asociados a buenas cantidades de lluvias, que son seguidos por meses bajos o moderados de crecimientos del IPC de los alimentos, mientras que los períodos de escasez de lluvias están asociados probabilísticamente con meses de alta inflación en la canasta de alimentos, lo cual puede estar asociado con la afectación en la producción o especulación en la cadena de producción.

Los indicadores de sensibilidad y vulnerabilidad muestran que los departamentos de Cesar y Nariño presentan distribuciones del ingreso con altos porcentajes de hogares o personas que pueden caer en condiciones de pobreza o indigencia ante el aumento del precio de los alimentos asociados a variaciones climáticas de las zonas que los abastecen. La ciudad de Bogotá mostró, de acuerdo con estas valoraciones, niveles de vulnerabilidad baja, en razón de los bajos niveles de pobreza respecto a la media nacional. Se recomienda realizar una “programación en la producción” de alimentos con el objeto de incrementar la disponibilidad local de alimentos prioritarios (Alfonso y Alonso, 2012).

2.4.1 Variabilidad climática y abastecimiento de alimentos en Bogotá

En el caso de Bogotá se estima que la temperatura media del aire de la ciudad se incrementaría a finales del siglo en 4°C respecto a la media del intervalo 1960-1990, de la misma manera que la precipitación anual se reduciría el 50% (Pabón, 2010). Aunque los modelos de cambio climático coinciden a largo plazo en disminuciones en los volúmenes de precipitación en la Sabana de Bogotá, los análisis de tendencias muestran incrementos importantes en las precipitaciones que podrían mantenerse durante una década (Rojas, 2011).

Estos incrementos implican graves afectaciones a cultivos, con encharcamientos, inundaciones, tormentas, disminuciones en la cantidad de radiación, entre otros (Rojas, 2011). No obstante la disponibilidad de agua no es el único factor determinante para los cultivos en esta región, porque también se encuentran las demandas de drenaje, protección de suelos por erosión hídrica, manejo de hongos y plagas por exceso de humedad, entre otros Rojas (2011). También se encontraron correlaciones importantes en el caso de la Sabana de Bogotá, que muestran una relación directa entre la temperatura máxima y la temperatura media con la oscilación ENOS, mientras que la temperatura mínima y el brillo solar mostraron no estar significativamente asociados

En este escenario, la ciudad de Bogotá depende del suministro de alimentos de las regiones vecinas, lo que implica la demanda actual de 7,4 millones de personas en el área distrital. Aproximadamente el 47% de los alimentos que llegan a la ciudad provienen de Cundinamarca, el otro 33% proviene de los departamentos de Boyacá, Tolima y Meta. Cerca del 90% de los productores en estos departamentos son campesinos, que producen alrededor del 70% de los alimentos consumidos en la ciudad y que son propietarios de menos del 20% de la tierra (Montoya y Mondragón, 2010).

En la revisión bibliográfica realizada, no se encontraron referencias sobre la afectación de la Soberanía Alimentaria frente a la variabilidad climática en el contexto de la ciudad de Bogotá. No obstante se encuentran trabajos que señalan el aumento de la vulnerabilidad de los campesinos que proveen de alimentos a la ciudad cuando hay intermediarios en la comercialización de sus productos e igualmente se plantea que la

producción de varias frutas decrecerá de acuerdo a los escenarios climáticos del 2050 (Eitzinger *et al.*, 2012).

Por otro lado, Tobón (2014), evaluó los impactos potenciales de la variabilidad y el cambio climático en tres ejes de seguridad alimentaria: disponibilidad, acceso y calidad e inocuidad de los alimentos para una asociación de productores de mercados campesinos que asisten a la ciudad de Bogotá provenientes de Duitama (Boyacá) y Guasca (Cundinamarca). El análisis encontró que estos ejes se afectaron de manera fuerte durante los años 2010 y 2011, en los que predominó el fenómeno La Niña. En estas valoraciones se tuvieron en cuenta variables complementarias como el caso de derrumbes, deslizamientos, precios de los alimentos y tiempo tomado para la nueva siembra, entre otros.

En el caso de la Sabana de Bogotá, en donde las condiciones climáticas son relativamente homogéneas, aún más cuando las estaciones meteorológicas seleccionadas se encuentran muy cercanas, se constatan importantes cambios en la aptitud de las zonas para el cultivo de papa y en la vulnerabilidad climática (Rojas, 2011). Las principales amenazas sobre el cultivo de papa pueden provenir con mayor claridad de la variabilidad climática respecto a los cambios a largo plazo proyectados mediante los modelos de cambio climático. En la zona de estudio se observaron cambios más importantes en las condiciones climáticas asociados con la variabilidad climática a corto plazo que con los posibles cambios estimados por los modelos de cambio climático a medio plazo (Rojas, 2011).

Para Alfonso y Alonso (2012), las zonas climáticas estratégicas que abastecen de alimentos a la ciudad de Bogotá son, la parte media de las cordilleras oriental y central, el valle del río Cauca y los llanos orientales. En estas zonas se encuentran como factores de riesgo los períodos de escasez de lluvia (con un rezago de seis meses) y bajas o altas temperaturas extremas (con un rezago de tres meses). Se plantea en ese trabajo que los meses de altas temperaturas están asociados con un aumento del 20% de probabilidad en el incremento atípico del nivel de precios.

2.5 Modelamiento

En los centros de investigación que abordan la problemática clima y agricultura, como el CIAT, el mágister en Ciencias – Meteorología y su línea de investigación en agroclimatología de la Universidad Nacional de Colombia, entre otros, se encuentran esfuerzos para desarrollar modelos de desarrollo del follaje enfocados al desarrollo de la biomasa potencial del cultivo y la producción cosechable en respuesta al agua disponible.

Los modelos se basan en áreas de estudio específicas alrededor de un tipo de cultivo, o basados en procesos que tienen que ver con el metabolismo de la planta y en ambos casos se busca mejorar su resolución para hacerlos más precisos, mejorar su capacidad de cuantificación de impactos y con esto, mejorar las opciones de adaptación efectiva. El uso de modelos permite programar y evaluar cultivos de acuerdo con las variables de precipitación, variedad de cultivo, suelo y prácticas de manejo (CIAT, 2012; Rojas, 2011; Rodríguez, 2012; Tobón, 2014) .

Otro aspecto relevante que se plantea también en otros trabajos realizados en el modelamiento, es la búsqueda de correlaciones entre el fenómeno ENOS y las condiciones climáticas locales, de tal manera que se pueda avanzar en la predictibilidad de las variaciones climáticas. Por ejemplo para el caso en los municipios de Paipa (Boyacá) y Guasca (Cundinamarca) estudiados por Tobón (2014), se encontraron bajas correlaciones entre los índices de los eventos ENOS y las variables meteorológicas de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima y número de días con precipitación, lo que también se corrobora en otros trabajos (Rojas, 2011), (Rodríguez, 2012).

De acuerdo con Rodríguez (2012), la temperatura superficial del mar Pacífico en la zona ecuatorial (TSM), indicador de los eventos ENOS, muestra en todos los escenarios un significativo incremento que puede llegar hasta 3°C, así como mayor frecuencia de los cambios de las fases cálidas y frías, mientras que los resultados de los modelos de representación de la TSM y las variables de precipitación y temperatura del clima muestran alta incertidumbre. Los autores plantean la necesidad de realizar nuevos

estudios en los que se implementen nuevas herramientas metodológicas para la generación de escenarios del clima.

2.5.1 Análisis de información multivariar

Conocido como *minería de datos*, se basa en el manejo de información en relación con los cultivos como el clima, el suelo, manejo agronómico y los rendimientos, buscando factores o combinaciones que permitan establecer estrategias para mejorar los rendimientos (CIAT, 2012).

Se combinan variables climatológicas, de rendimientos y registros de cultivo. En el caso del cultivo de arroz en Saldaña Tolima, entre los años 2009 y 2012, en el que se cruzaron datos de temperaturas máximas y mínimas, precipitación, energía solar y humedad relativa, se llegó a diferenciar la respuesta en los rendimientos de las variedades de acuerdo al clima. De acuerdo a esto, las variables climáticas inciden en el 40% del rendimiento total del cultivo, de tal manera que se identificaron las condiciones óptimas para su crecimiento. Los esfuerzos en el manejo de datos buscan incluir las variables relacionadas con suelo, clima y manejo (CIAT, 2012).

A pesar de los esfuerzos mencionados anteriormente, se plantean dudas sobre la corta duración del período de tiempo atendido (2009-2012), la influencia de los fenómenos ENOS en las series de variables climatológicas lo que significa una clara dificultad para la comparación de los comportamientos anuales (ya que en el período citado se encuentra en el 2009-10 un fenómeno El Niño moderado, en el 2010-11 La Niña moderado y en el 2011-12 La Niña débil). Lo que evidencia la necesidad de fortalecer los diálogos interdisciplinarios ante la problemática compleja que muestran las relaciones entre el cambio climático y la producción de alimentos.

2.5.2 Debate sobre los modelamientos

Los escenarios mostrados por el modelamiento de los efectos del cambio climático sobre la agricultura muestran escenarios que pueden llegar a ser contradictorios. Existen lecturas académicas que señalan que los efectos sobre la agricultura aún son desconocidos y que se requiere mejorar la comprensión de la complejidad del problema,

especialmente por la variabilidad del clima y al desconocimiento de su comportamiento a medio plazo (Jarvis, *et al.*, 2009).

Por otro lado se encuentran limitaciones por las diferenciaciones en la resolución de la información disponible y debido a que no representan bien el clima histórico, sobre lo cual se plantean métodos estadísticos para la corrección de sesgos (Obando, 2015). Las diferencias en las metodologías, enfoques y en la confiabilidad de la información dificulta la comparación entre los diferentes países. Incluso, hay autores que cuestionan seriamente las predicciones sobre los efectos graves del cambio climático sobre la agricultura y el suministro de alimentos (Maletta, 2009).

Las investigaciones sobre los efectos del cambio climático en la agricultura en América Latina se han restringido a algunos sistemas de producción y a pequeñas áreas geográficas (Jarvis, *et al.*, 2009). Para la toma de decisiones en materia de adaptación de la agricultura no se cuenta con instrumentos o herramientas que permitan conocer los impactos regionales validados con información suficiente, como tampoco existen apreciaciones confiables sobre los impactos futuros del clima (Jarvis, *et al.*, 2009). En contraste, los productores rurales tienen un relacionamiento estrecho con el clima y las condiciones ambientales, que les ha permitido plantear estrategias adaptativas no siempre exitosas pero que implican valiosas experiencias en el planteamiento de medidas de adaptación desde lo institucional (Ortiz, 2012).

Los modelamientos tampoco incluyen las afectaciones en los rendimientos asociadas a las enfermedades (Rojas, 2011), los cambios en las condiciones del suelo o en general afectaciones eco sistémicas (erosión, afectación de cuencas, entre otros). La variabilidad climática figura como un factor con creciente incidencia sobre los cultivos, donde se hace necesario profundizar en la comprensión local y regional debido a las diferenciaciones meteorológicas en términos geográficos y eco sistémicos (Tobón, 2014).

2.6 Análisis de los avances reportados en la literatura científica

De acuerdo con la revisión realizada, se subraya la baja certeza en los escenarios de proyección sobre producción de alimentos, que se encuentran basados en la influencia de pocas variables ambientales de los cultivos (concentración de CO₂), las cuales tampoco están completamente entendidas. También se encuentran las crecientes pruebas con variedades de cultivos genéticamente modificados, que pueden ofrecer adaptaciones a ciertas características como el alargamiento en el período de maduración, pero que aparentemente no podrían responder a problemáticas combinadas como variaciones climáticas extremas, aparición de nuevas enfermedades, o el incremento del precio de los insumos químicos. A pesar de las incertidumbres de las proyecciones planteadas desde las ciencias económicas, desconociendo variables estructurales y la dimensión compleja de la problemática, éstas inciden sobre políticas públicas en muchos países.

En contraste, aparecen mediciones de caída de productividad en los cultivos en India, Asia oriental y África, como también en el área sembrada ante fenómenos de variabilidad climática. En este contexto, cabe resaltar que las consecuencias del cambio climático empiezan a ser consideradas como un asunto de seguridad nacional para varios países asiáticos, ante el tamaño de su población, los grandes volúmenes de alimentos demandados y las dinámicas de los precios internacionales de alimentos, entre otros factores.

A partir del ejercicio de revisión se encuentran dos grandes tendencias sobre el abordaje de la problemática de la producción de alimentos frente al cambio climático: la primera planteada desde la lógica económica, que se basa en pruebas experimentales sobre el aumento de la productividad agrícola, y que sostiene que para el medio plazo (2030) la producción global de alimentos no sufrirá grandes variaciones. Mientras que la segunda, que se basa en pruebas de terreno, que aunque no conocen detalladamente las causalidades, sí permiten afirmar que hay una clara tendencia hacia la disminución de la

producción de alimentos en el planeta relacionada con las variaciones de clima en los últimos cinco años.

Uno de los trabajos que ha consolidado una minuciosa revisión de literatura sobre el tema de seguridad alimentaria y cambio climático ha sido el de Wheeler y von Braun (2013). Su trabajo abarcó publicaciones desde 1990, fecha en que se hizo público el primer informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). En este trabajo se hizo un análisis de las publicaciones hechas en revistas científicas hasta el año 2013. En sus conclusiones, los autores fijan como prioridades de investigación la obtención de evidencia que permita el entendimiento holístico de la seguridad alimentaria, el avance en modelos que permitan conocer los impactos indirectos del cambio climático en la seguridad alimentaria, el mejoramiento de las proyecciones de los efectos a nivel regional y la mejor integración de las dimensiones humanas en la planeación y ejecución de las políticas públicas.

En los escenarios del cambio climático para el contexto colombiano se encuentran notables afectaciones, las cuales ponen el país como uno de los que se encuentran con mayor riesgo por el clima. En este contexto se encuentran varios esfuerzos por mejorar las adaptaciones realizadas desde la institucionalidad estatal, que han llegado a importantes correlaciones de información que ponen en relación o descartan variables relacionadas con ENOS, variables climáticas locales y variables productivas de cultivos.

No obstante, se encuentran algunas limitaciones en los enfoques metodológicos implementados. En primer lugar sobresale la priorización sobre cultivos agroindustriales, que cuentan con agremiaciones fuertes e información sistematizada, en contraste con la producción campesina que se ubica en regiones con notable vulnerabilidad y que tiene una significativa contribución al abastecimiento de alimentos.

En este contexto aparecen factores que también son determinantes pero que no han sido considerados, como el papel de la comercialización de alimentos y las estructuras económicas adyacentes a ésta, la infraestructura institucional que posibilitaría las reducciones de pérdidas en postcosecha y almacenamiento y fijaría bandas de precios de comercialización y las políticas públicas que atiendan de manera integral el abastecimiento de alimentos enfrentados a un riesgo adicional por afectaciones del clima y crecientes deterioros ambientales.

3. Metodología

El proceso incluyó inicialmente la selección de los cultivos con los que se realizó el análisis, utilizando criterios de generación de empleos, área sembrada, importancia en la canasta familiar, seguridad alimentaria e influencia en la inflación. Esta elaboración se muestra en el apartado sobre la importancia de los cultivos.

A partir de esta selección, se recopiló información básica tanto sobre aspectos del cultivo (prácticas, variedades, enfermedades y plagas) que permitieran plantear su vulnerabilidad al clima y establecer relaciones entre las variables climatológicas y los rendimientos, como cuestiones socio económicas en términos de estructura de precios y mercado que permitiera establecer relaciones entre variables climáticas y precios.

Posteriormente se seleccionaron las áreas de producción de los cultivos seleccionados representativas a nivel nacional y en relación con la demanda de la ciudad de Bogotá. El criterio de selección de las áreas se complementó con la disponibilidad de información climatológica y productiva encontrada a nivel regional.

Con la definición de los cultivos y las áreas de análisis, se levantó en fuentes secundarias, información sobre el clima, producción de alimentos, rendimientos y áreas sembradas en las regiones seleccionadas y precios al consumidor de cada uno de los alimentos en el intervalo seleccionado (2000-2013).

Sobre la información de precios y producción, se obtuvieron registros del DANE, la Federación Colombiana de Papa (Fedepapa), y la Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz). Sobre las variables sociales y ambientales se tienen las investigaciones de los gremios referenciados y trabajos académicos de pregrado y posgrado de la

Universidad Nacional de Colombia. La selección de estaciones y su listado se presentan en el capítulo 5.

La información social se obtuvo mediante 8 entrevistas a profundidad con productores representativos y a expertos sobre las relaciones entre variabilidad climática y las afectaciones de los cultivos en particular sobre las variables de estudio.

3.1 Selección de estaciones climatológicas

Para la información climatológica la primera fuente fue el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y sus subestaciones climatológicas que suministran información regional (ver **tablas 3-1 y 3-2**).

La información de las estaciones climatológicas fue seleccionada de acuerdo a la disponibilidad de información para el análisis de las variables. Se consideraron las estaciones que tenían series de años completas y que tuvieran intervalos de tiempo de más de dos décadas. También se seleccionaron las estaciones que se encontraban en los municipios seleccionados y coincidía con la altimetría de los cultivos de estudio. Para el caso del cultivo de papa, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 3-1: Municipios priorizados para la selección de estaciones meteorológicas en el caso de cultivo de papa

Provincia	Municipio	% Producción departamental (2011)	Estaciones IDEAM Precip./años	Estaciones CAR Precip./años	Estaciones CAR Temp./años
Almeidas	Chocontá	4,2%	P(79-13)	P(56-13), P(95-14), P(55-13), P(52-02)	T(66-11)
	Sesquilé	4,7%	P(89-11)	P(68-13), P(84-13), P(81-13)	
Ubaté	Villapinzón	13,7%	P(98-11)	P(63-13), P(56-13)	
	Carmen de Carupa	2,3%		P(73-13), P(06-14), P(73-13)x3	
	Tausa	12,8%	P(86-13)	P(56-13), P(60-13), P(73-13), P(88-13), P(89-13), P(96-13)	
Sabana Centro	Cogua	2%		P(98-13), P(60-02)	T(54-02)
	Zipaquirá	3,0%		P(32-14), P(48-13), P(98-13)	
Guavio	Guasca	3,5%	P(88-14)	P(94-13)	
	Guatavita	7,3%			T(66-11)
Total		53,5%	5	26	3

Fuente: El autor a partir de registros de la CAR y el IDEAM

P: Registros de precipitación en m.m.. T: Registros de temperatura en °C

Se obtuvo información de casi todos los municipios identificados, salvo Susa de la provincia de Ubaté y San Cayetano de la provincia de Sabana Centro que tienen producciones equivalentes al 5% y 6% del total departamental (**tabla 5-7**).

En total se trabajaron 5 estaciones con registros de precipitación del IDEAM, 26 registros de precipitación de la CAR y 3 registros de temperatura de la CAR. La producción acumulada de los 9 municipios equivale al 53,5% de la producción departamental.

En el caso del arroz, no se logró encontrar información de acuerdo a los parámetros establecidos para Espinal, Prado y Purificación. Se obtuvo información climatológica para cuatro municipios de las provincias de Ibagué y Suroriente, que equivalen al 35% de la producción departamental. Se obtuvo información de precipitación en 4 estaciones e información con registros de temperatura en 3 estaciones, todas del IDEAM.

Tabla 3-2: Municipios priorizados para la selección de estaciones meteorológicas en el caso de arroz

Provincia	Municipio	Producción Ton (2011)	% Producción departamental	Estaciones Precipitación IDEAM años	Estaciones Temperatura IDEAM años
Ibagué	Ibagué	50.668	9%	P(71-13)	T(78-13)
	Piedras	32.800	5,8%	P(75-13)	
Suroriente	Guamo	79.346	14,1%	P(71-13)	T(78-13)
	Saldaña	33.240	5,9%	P(70-13)	T(78-12)
TOTAL			34,8%	4	3

Fuente: El autor a partir de registros de la CAR y el IDEAM

P: Registros de precipitación en m.m.. T: Registros de temperatura en °C

3.2 Variables

El análisis propuesto en este trabajo no pretende llegar a conclusiones particulares sobre un fenómeno puntual. La propuesta busca hacer lecturas integradoras sobre las relaciones entre la variabilidad climática con la producción y comercialización de unos alimentos representativos para la seguridad alimentaria de la ciudad de Bogotá. En ese sentido se plantean variables que puedan orientar los ejercicios de interpretación en

términos de tendencias generales. En primer lugar se seleccionaron las variables de precipitación y temperatura, con las cuales no es posible realizar un análisis detallado de las condiciones climatológicas de una región pero sí se pueden indicar momentos relevantes de la variabilidad climática que puede tener consecuencias sobre los cultivos o sobre la comercialización de los alimentos. La precipitación puede indicar en términos generales períodos de sequía o lluvias en términos de intensidad, frecuencia y estacionalidad. La temperatura permite identificar picos máximos o mínimos que pueden incidir en el metabolismo de cultivos o de plagas y enfermedades.

Para dimensionar el impacto sobre la productividad de los cultivos se seleccionó la variable rendimiento, considerada como peso del producto por unidad de área, usualmente dimensionado en toneladas por hectárea. Esta variable permite identificar potencial influencia de las condiciones climáticas sobre el cultivo. Para dimensionar el impacto sobre los precios y la producción se trabajaron las variables de producción total (t) y área sembrada (ha) en los departamentos seleccionados.

La variable toneladas por hectárea (ton/ha) para medir el rendimiento de los cultivos es la más asequible en términos estadísticos. Sin embargo esta variable tiene varias limitaciones. Algunos agricultores planifican en términos de producción por unidades de semilla sembradas, especialmente cuando la semilla y la siembra son factores significativos en los costos totales de producción. Por otro lado, los rendimientos tienden a variar notablemente con la rotación de cultivos o con los períodos de barbecho a los que se someten los terrenos, por lo que el indicador puede pasar por alto el tipo de manejo que se le da a los terrenos lo que puede resultar significativamente importante en términos de adaptabilidad a la variabilidad climática. Finalmente el indicador no reporta la calidad de la producción (en términos de tamaño, características físicas, entre otros), pasando por alto la cantidad aprovechable comercialmente y la que puede ser descartada por afectaciones de tamaño o daño por enfermedades. Aunque la papa afectada en su calidad puede ser comercializada, los márgenes de utilidad pueden ser notablemente inferiores, lo que a la larga puede afectar las programaciones futuras de cultivo.

3.3 Limitaciones de la metodología

La información correspondiente a la producción, área sembrada, producción total y rendimientos de los cultivos seleccionados, se obtuvo de los anuarios estadísticos publicados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural desde 1997 hasta 2013.

De acuerdo a lo anterior, cabe considerar las limitaciones de la información oficial utilizada. Al tratarse de anuarios estadísticos elaborados a través de encuestas aleatorias realizadas en municipios focalizados por su perfil productivo, existiendo eventuales márgenes de error que pueden ser significativos en la información de producción a escala municipal. Estos márgenes de error pueden intensificarse con los efectos de las variaciones locales del clima. El análisis planteado en este documento, pretende hacer un primer acercamiento a estas variables frente a las variables climáticas teniendo en cuenta las limitaciones que ofrece la calidad de la información institucional. No se cuenta con aproximaciones que permitan estimar los márgenes de error de la información. En este caso se parte del supuesto por el cual la información institucional disponible permite hacer lecturas con un grado razonable de confiabilidad.

Se encuentran otras fuentes sectoriales, que para el caso de la papa es Fedepapa, que es el referente gremial más importante de los productores de este tubérculo. Sin embargo, la información disponible se remite al año 2008, y se observan significativas diferencias respecto al anuario estadístico del MADR. Lo anterior se explica, a partir del alcance que tiene la Federación, ya que ésta cubre a un importante sector de productores pero no alcanza a tener cobertura a nivel nacional. Precisamente, las cifras del MADR y Fedepapa se empiezan a distanciar en los casos de departamentos como Antioquia y Nariño. Las cifras de Fedepapa son un referente que en este trabajo fue utilizado para contrastar y acompañar los análisis centrados en las cifras oficiales del MADR. Casos similares se encuentran en las informaciones reportadas por Fedearroz y Fedepanela, las cuales sirven de referente para el contraste pero no constituyen la base estadística del análisis por sus limitaciones en la consolidación de la información a nivel nacional y en sus restringidas series de tiempo respecto a la necesidad de información de este trabajo.

3.4 Manejo de la información

Los registros de producción disponibles para el intervalo de tiempo de trabajo (2000-2013) se encuentran a nivel departamental, pero no a nivel municipal, lo que impidió la comparación de los registros de producción a este último nivel. No obstante, se logró conseguir información¹ de producción semestral en el intervalo 2006-2011 de producción y área sembrada en los municipios seleccionados (Capítulo 5), lo que permitió hacer una aproximación local.

Debido a que sólo se encuentra información departamental de manera suficiente, se planteó una aproximación a partir de cifras ponderadas de los municipios con mayores niveles de producción y que contaron con información climatológica con series de tiempo amplias y robustas. El procedimiento incluyó la selección de municipios con mayores niveles de producción y la recopilación de la información climatológica disponible, especialmente la que coincidía con las condiciones climatológicas y altitudinales propias del cultivo estudiado.

A partir de los dos criterios anteriores: relevancia en la producción regional y suficiencia de la información climatológica, los registros de las estaciones climatológicas se analizaron cada uno para determinar su calidad en términos de continuidad de la información y la amplitud de las series de tiempo. De este análisis se descartaron varios registros climatológicos, al considerarse que las series de tiempo disponibles no tenían la calidad o no tenían el intervalo de tiempo lo suficientemente largo (mayor de diez años) para ser utilizados.

De este procedimiento, se concluyó que se descartaría el abordaje de la producción de caña panelera. La información climatológica disponible no mostró la calidad ni la amplitud para hacer un seguimiento de las variables de más de diez años.

Con el promedio de la información climatológica tomada a partir de los municipios con mayores niveles de producción, se establecieron series de tiempo que permitieran comparar el intervalo de estudio (2000-2013) con intervalos anteriores en términos de producción, área sembrada, rendimientos y precios al consumidor. De esta comparación

¹ El autor agradece la generosa facilitación de la información mencionada al agro climatólogo Eliecer Díaz, quien por dinámicas propias de su ejercicio investigativo dispuso de las bases de datos para este trabajo.

se obtuvieron varios elementos de análisis sobre la influencia del clima en los cultivos en términos de afectaciones sobre el metabolismo y fenómenos especulativos, entre otros, que serán desarrollados más adelante.

Posteriormente, se realizó el análisis de las series climatológicas obtenidas. Es necesario hacer énfasis en que no se hace un análisis climatológico propiamente dicho, sino que se buscó contrastar la información recogida de las entrevistas representativas con la información estadística identificada.

Se realizaron en total 8 entrevistas a profundidad dirigidas a líderes campesinos, productores y expertos, las cuales se realizaron de manera semiestructurada, con preguntas orientadoras y temáticas preparadas, de acuerdo al estudio realizado sobre cada problemática. Las entrevistas se realizaron en los lugares de trabajo de cada uno. Las preguntas se plantearon desde el análisis de la información secundaria obtenida y del estudio de la información climatológica y se concibieron como lineamientos orientadores pero no restrictivos, sabiendo que las experiencias de cada entrevistado podían dar nuevas líneas interpretativas sobre las variables de estudio.

Sobre los aspectos determinantes en el cultivo de papa, su metabolismo y la influencia del clima, se entrevistó a Pedro Porras, agrónomo experto en el tema. Sobre los detalles del cultivo de papa y las diversas afectaciones relacionadas con el clima se entrevistaron a Pedro Briceño representante de la Central Cooperativa de Productores de Papa, líder agricultor con 25 años de experiencia y al campesino Julio Gómez líder con 15 años de experiencia del Comité Regional de Productores de Papa de Oriente. Sobre los criterios básicos para el abordaje de la variabilidad climática se entrevistó al climatólogo Daniel Pabón. Sobre los aspectos relacionados con la variabilidad climática y la producción de alimentos se entrevistaron a los agroclimatólogos Eliecer Díaz y Catherine Tobón. Sobre los aspectos generales del cultivo de arroz y sus características estructurales, se entrevistó a la agrónoma Ana Aranguren. Sobre las dinámicas propias del cultivo y las afectaciones que se enfrenta en el Tolima se entrevistó al productor arrocero con 18 años de experiencia Julián Viña.

Finalmente se analizó el comportamiento de las variables de producción con variables climatológicas a nivel municipal en el intervalo de tiempo disponible (semestres del 2006 al 2011), identificando las variaciones locales entre municipios que se encuentran en la

misma región y confrontándolas con los planteamientos de los productores recogidos en las entrevistas previas.

3.4.1 Análisis de la información climatológica

En el IDEAM se obtuvo información de precipitación diaria, precipitación máxima mensual y número de días con precipitación al mes. Así mismo se obtuvieron registros de temperatura media diaria, máxima absoluta y mínima absoluta. Varios de estos registros se encontraban sin datos en años, meses o días. La discontinuidad de la información disponible significa una fuerte limitación para el análisis.

Desde la perspectiva del análisis climatológico, los registros son completados por metodologías estadísticas que buscan robustecer las series con miras a generar modelos predictivos. En este trabajo, de acuerdo al estudio de los registros climatológicos, se encontró que el comportamiento de las variables puede quedar oculto al aplicar métodos estadísticos para sacar promedios, debido a notables diferencias en los comportamientos encontrados a nivel municipal.

En esta perspectiva se consideraron dos alternativas: la primera fue descartar las series que no tuvieron continuidad en los registros o con intervalos de tiempos muy cortos o inferiores a 10 años. A partir de esto, se obtuvieron promedios de varias series de información climatológica con el objeto de contrastarlas con la información estadística de producción y precios.

Lo anterior se realizó bajo el supuesto de que las series provenientes de varias estaciones de medición pudieran ser promediadas. En una segunda aproximación se compararon series de tiempo similares en un mismo municipio, con condiciones altitudinales similares, pero en estaciones diferentes, encontrando significativas diferencias en los comportamientos de las variables climatológicas; poniendo de relieve las limitaciones que puede tener un análisis regional frente a las condiciones locales, lo que puede significar una condición central a los esfuerzos de mejoramiento de la adaptación frente a la variabilidad climática.

Otra de las dificultades que surgieron con el estudio de las series de variables climatológicas, es que las variaciones se incrementan de manera notoria en las últimas décadas. Esta aproximación empírica no pretende controvertir los enfoques estadísticos

consolidados desde las ciencias climatológicas, pero no puede pasarse por alto la hipótesis de la creciente incertidumbre estadística que se presenta con las series observadas.

El estudio de las series del clima, sugirió su comparación con los conocimientos del clima de observadores empíricos, como son campesinos y productores rurales (se realizaron 4 entrevistas). Esto se realizó mediante el análisis básico de las series del clima utilizando líneas de tendencia y contrastes de gráficas de comportamientos, promedio y desviación estándar en comparación con las descripciones empíricas que hicieron los productores sobre las afectaciones del clima en sus cultivos.

3.4.2 Manejo de estadísticas

De acuerdo con lo anterior, se buscó hacer la menor cantidad de tratamientos estadísticos a las series, especialmente en los casos en los que la información era incompleta, ya sea en intervalos anuales, mensuales o diarios. El estudio de las series busca observar los comportamientos anómalos para análisis comparativos históricos, y no para plantear proyecciones o modelos a futuro de las variables.

En esta perspectiva, varias series climatológicas fueron descartadas y se conservaron sólo aquellas que mostraban razonables vacíos de información. Sobre estas se calcularon promedios que sirvieron para construir series de variables climáticas que sirvieran de referente a las estadísticas productivas departamentales.

RESULTADOS

4. Importancia de los cultivos seleccionados

De acuerdo al DANE, el sector de agricultura y ganadería representó el 5,6% del producto interno bruto nacional en el año 2013. Del sector mencionado, Kalzmanovitz (2006) plantea que la papa y el arroz aportan al valor generado por el sector agrícola el 8,4%, 4,5% respectivamente y suman el 12,9% del total del sector.

De acuerdo con el Anuario Estadístico del Ministerio de Agricultura del 2013, de 4.309.916 hectáreas sembradas en Colombia, 1.592.282 estaban dedicadas a cultivos transitorios, de las cuales el 25% se cultivaron con arroz y el 9,2% con papa, que suman el 34,7% del total del área de cultivos transitorios. Estos últimos cultivos, junto al del maíz, son los que registran mayor área respecto a los demás cultivos transitorios en el país.

4.1 Generación de empleo

De acuerdo con el DANE (2011), El cultivo de papa con un 9,2% del área destinada a cultivos transitorios, genera 91.000 puestos de trabajo equivalentes al 19,5% del total de puestos de trabajo generados por cultivos transitorios. En contraste, el cultivo de arroz mecanizado ocupa el 25% del área ocupada por transitorios pero genera el 12,2% de los puestos de trabajo. La notable diferencia en la generación de trabajo radica en la diferencia de la demanda de jornales: mientras que el cultivo de papa genera 104 jornales por hectárea al año, el arroz demanda 24, explicable por las diferencias en el uso de tecnología, condicionadas por las condiciones bio físicas del terreno de cultivo y por las inversiones de capital, a su vez condicionadas por el tamaño de las unidades productivas. La generación de puestos de trabajo del sector de cultivos transitorios por parte de la papa y el arroz es del 31,7% del total.

Tabla 4-1: Área y empleo generado por los cultivos estudiados, año 2011

	Area Hectáreas	% Área transitorio	Jornal /ha	Jornales miles	Trabajo Puestos miles ²	% Puestos de trabajo transitorio	Ocupados
Arroz mecanizado	414.000	25%	24	9.924	57	12,2%	67.000
Arroz Manual	54.000	3,3%	32	1.737	10	2,2%	12.000
Papa	152.000	9,2%	104	15.752	91	19,5%	544.000
Transitorios	1.661.000			80.760	467		544.000
		% Área Permanente				% Área Permanente	
Permanentes	2.678.000			344.080	1.989		2.318.000
Total	4.339.000			424.840	2.456		2.862.000

Fuente: Matriz de empleo en la base 2005 de las cuentas nacionales. Departamento Nacional de Estadística DANE. Septiembre de 2011.

4.2 Papel en la Canasta Familiar

La papa y el arroz tienen un consumo per cápita en el país de 62 kg/año y 39,6 kg/año respectivamente. En todos los casos este consumo ha disminuido de manera notoria durante los últimos años, evidenciando cambios en los hábitos alimenticios de la población (Tabla 4-2), explicados por cambios en los patrones de consumo y el nivel de ingresos.

Por ser alimentos de alto consumo, la papa y el arroz tienen un peso importante sobre la canasta familiar, lo que se traduce en un papel significativo en la definición del índice general de precios de la economía y una gran incidencia en el presupuesto de las familias colombianas especialmente para las de menores ingresos.

De acuerdo al ICBF (2010), la región que tiene menor consumo porcentual de arroz y pastas en el país es Bogotá D.C. con un 88,5%, respecto a la de mayor consumo que es

² La relación entre puestos de trabajo y jornales se entiende como el número de jornales al año para generar un puesto de trabajo. De acuerdo a la fuente, por 173 jornales al año se considera que genera un puesto de trabajo. (DANE, 2011)

la Amazonía y Orinoquía con 95.3%. Por otro lado la región que prefiere consumir pan, arepa o galletas es la Central con 83,1% seguida por Bogotá D.C. con 82,5%.

Tabla 4-2: Consumo *per cápita* (kg/año/habitante) en Colombia de los alimentos estudiados en el año 2016.

Cultivo	2000	2013
Papa	69	62
Arroz	40	39,6

Fuente: Fedearroz, 2016. Fedepapa, 2016.

En la ciudad de Bogotá, el 4,54% del consumo de alimentos corresponde a la papa, el 5,49% a arroz, pasta y harinas, que sumados alcanzan el 10% del consumo de alimentos en la ciudad. En el estrato 1 de la capital, la papa y otros tubérculos es el segundo grupo en importancia de consumo mensual de alimentos (7,5%) después del rubro de alimentos varios (39,4%) (ICBF, 2010).

A medida en que se asciende en el estrado social (del 1 al 6) de la ciudad de Bogotá, se incrementa el indicador compuesto total de consumo per cápita de alimentos. Siendo el estrato 1 el que tiene los más bajos indicadores de consumo de la ciudad en 18 de 22 grupos de alimentos identificados. En contraste el estrato 5 es el que tiene el más bajo indicador de consumo en el grupo de alimentos de papa y tubérculos. En los estratos con mayores ingresos se concentra el consumo de alimentos con mayor importancia nutritiva, mientras que en estratos 1 y 2 se concentra el consumo de alimentos con bajo contenido de proteínas y vitaminas. (ICBF, 2010).

4.3 Inseguridad Alimentaria

De acuerdo a la FAO (1996), la Seguridad Alimentaria Nutricional “es un estado en el cual todas las personas gozan, en forma oportuna y permanente, de acceso físico, económico, y social a los alimentos que necesitan, en cantidad y calidad, para su adecuado consumo y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro de su desarrollo”. Este concepto ha sido progresivo, se ha venido enriqueciendo con sucesivos debates a nivel multilateral. En contraste cabe mencionar el papel de los movimientos sociales que reivindican la soberanía alimentaria

como un concepto desde la perspectiva de derechos en un contexto de comercio internacional asimétrico en materia de alimentos, haciendo énfasis en lo local, la autonomía de los pueblos y las problemáticas propias de los países no industrializados como el acceso a la tierra, agua y semillas (PESA, 2011).

La inseguridad alimentaria es definida por la “disponibilidad limitada o incierta de alimentos nutricionalmente adecuados e inocuos, o la capacidad limitada e incierta de adquirir alimentos adecuados en formas socialmente aceptables” (ICBF, 2011). Desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, el problema central que genera el alza de los precios de los alimentos es el empeoramiento de la situación estructural de limitado acceso a los alimentos por parte de amplios sectores sociales que carecen de ingresos y capacidad de compra para acceder a ellos. En Colombia los hogares pobres utilizan una alta proporción de sus ingresos en alimentación, cercano al 60%. Por consiguiente mayores costos de la canasta alimentaria significan un grave impacto en su nivel de vida, dado que la crisis alimentaria en el país se presenta en un contexto de pobreza (45,5% año 2009) y de pobreza extrema (16,4%) (ICBF, 2011).

En la encuesta de calidad de vida del 2014, el 26% de los jefes de hogar o su cónyuge opinaron que sus ingresos no alcanzaban a cubrir los gastos mínimos y el 59,7% consideran que sus ingresos sólo cubrían los gastos mínimos. El 63,3% de los jefes de hogar o el cónyuge se consideraron pobres en el país (ENV, 2014).

El gasto promedio mensual en los hogares de Bogotá es de \$1.110.000 pesos, de los cuales se gasta el 48% en alimentos. En localidades como Ciudad Bolívar, en el que predomina la población en nivel de pobreza, el porcentaje dedicado a la alimentación es de 65%, donde el gasto total es de \$505.335/mes, lo que demuestra que las fluctuaciones de los precios de los alimentos son mucho más sensibles en la población de bajos ingresos.

En Bogotá, el Indicador de Inseguridad Alimentaria en el Hogar (ISAH) es del 27,8%, mientras que en Colombia es del 42,7%; no obstante en los hogares con estrato 1, se encuentra un valor ISAH de 58.7% (Yepes, 2005). En este contexto, cabe anotar que en el segundo grupo de alimentos de mayor consumo en los estratos 1 y 2, se encuentra la papa, el arroz y las harinas, por lo que las fluctuaciones de precios de estos grupos inciden de manera notable en el porcentaje de gastos dedicados a la alimentación.

Entre los factores que afectan los ingresos y que ponen en riesgo la seguridad alimentaria de las familias, están la disminución del envío de remesas, la crisis económica y el desplazamiento forzado (ICBF, 2010).

La alta participación del consumo de papa y arroz en la canasta familiar, se explica parcialmente por el bajo costo relativo que tienen estos alimentos a pesar de la relativa importancia que tienen en términos nutricionales. En la población colombiana se observan bajas proporciones de consumo diario de alimentos con alto contenido de proteínas, fibra y vitaminas. Se observa una alta frecuencia en el consumo diario de endulzantes, cereales y vegetales fuentes de almidón (raíces, tubérculos y plátanos), que unidos a condiciones de sedentarismo e inactividad física se consideran un factor de riesgo para la aparición de sobrepeso y enfermedades crónicas no transmisibles (ICBF, 2010).

4.4 Papel en la inflación

De acuerdo con Cano (2015), la inflación sin la influencia de los alimentos se encuentra dentro del rango enmarcado en las políticas macroeconómicas del Banco de la República. Sin embargo los alimentos son el principal factor que incide en la variabilidad de la inflación. En el precio internacional de los alimentos aparecen tres factores: El primero relacionado con los precios internacionales de las materias primas, entre las cuales se encuentran los cereales y fertilizantes jalados por la creciente demanda de los países asiáticos en crecimiento económico. Por otro lado el precio internacional de los alimentos también se encuentra determinado por las crecientes demandas de proteína animal con el aumento de la población con mayores ingresos especialmente en el continente asiático. El tercer factor que incide en los precios de los alimentos, de acuerdo a Cano (2011) son las variaciones del clima que expone a situaciones de estrés a los cultivos disminuyendo sus rendimientos.

De acuerdo con el autor citado, el mayor desafío del Banco de la República, en su papel de control de la inflación, es la influencia de las variaciones de los precios de los alimentos en relación con el clima, debido a que las crecientes variaciones del clima afectan negativamente los rendimientos de los cultivos, lo que contrasta con la creciente demanda de alimentos en que la producción debe aumentar en 60%, dado el crecimiento de la población y del nivel de ingresos.

En América Latina, entre los años 2006 y 2009, los alimentos se encarecieron en promedio casi dos y media veces (250%) respecto a los productos no alimenticios mientras que, en Colombia esta situación fue más del doble. La CEPAL plantea que el aumento del precio de los alimentos se traslada completamente al valor de la línea de indigencia y por lo tanto esta se ha incrementado más rápido que la línea de pobreza (Cano, 2015).

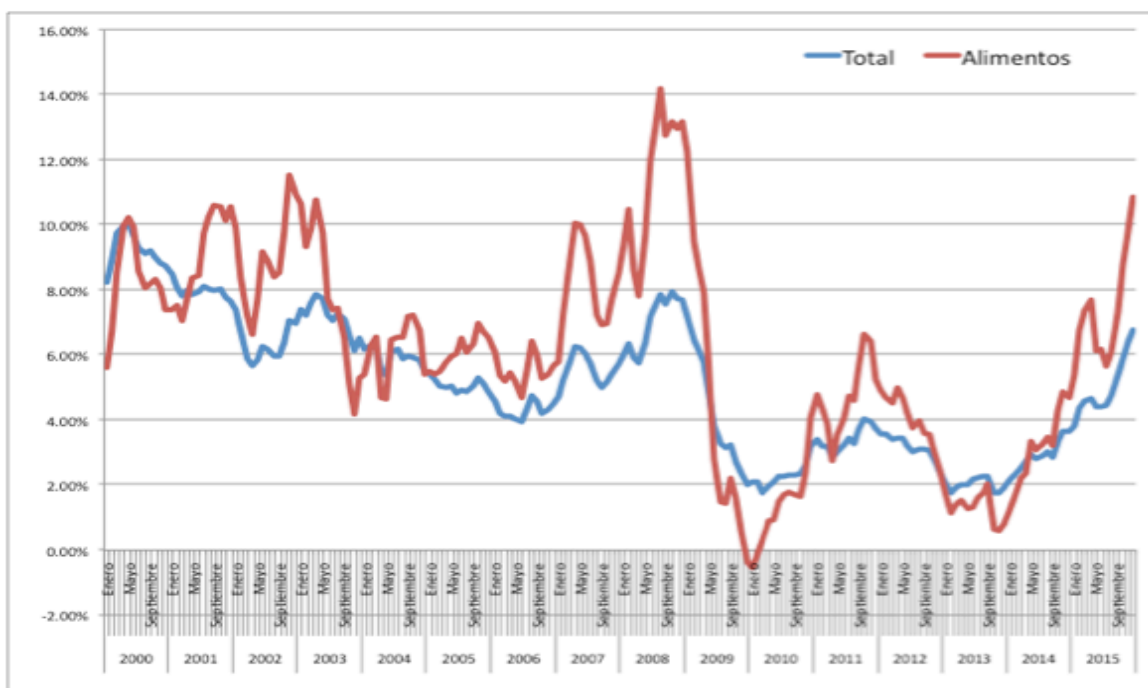


Figura 4-1: IPC total y de los alimentos con base en 2008. Años 2000-2015

Fuente: DANE, 2016. Índice de precios al consumidor IPC.

En la **Figura 4-1** se muestra el Índice de Precios al Consumidor (IPC) total y el de los alimentos desde el año 2000 al 2015 en Colombia. De la gráfica puede apreciarse la estrecha dependencia que tiene el aumento de la inflación total respecto al de los alimentos. De acuerdo con Cano (2011) las fluctuaciones en el precio de los alimentos es el factor de mayor volatilidad de la inflación sobre la cual las políticas del Banco de la República son insuficientes. Los picos observados en los años 2002, 2007, 2008, 2011 y 2015 corresponden a fenómenos de variabilidad climática que están relacionados con los ENOS. En esta perspectiva las variaciones del clima constituyen un factor que incide de manera determinante en la inflación de la economía.

En el año 2015, el incremento del IPC fue de 6,77%, en el que el rubro de alimentos contribuyó con el 10,85%. Los subgrupos de alimentos que tuvieron mayores alzas fueron hortalizas y legumbres con 41,5%, frutas 24,8% y tubérculos y plátanos 17,5%. (DANE, 2016).

En 2011, el incremento del IPC fue de 3,73% con la mayor contribución del sector de los alimentos que fue de 5,27%, este sector fue jalonado a su vez por el subgrupo de frutas 11,8%, tubérculos y plátanos 9,63% y alimentos varios 6,05% (DANE, 2012).

Durante 2008, se registró un aumento del IPC de 7,67%, en el que el grupo de los alimentos aportó el 13,17%. Los alimentos que reportaron mayores alzas en sus precios fueron la cebolla 92,3%, arroz 65,6% y papa con 50,8%. (DANE, 2009). En el año 2007, los mayores incrementos en el IPC los aportaron la panela 32,4%, bananos 31,4% y otras hortalizas con 25,8% (DANE, 2008).

En las ponderaciones realizadas por el Banco de la República (2016), en las que se cuantifica la influencia de cada rubro sobre las variaciones del IPC, realizadas sobre la canasta de gastos básicos con año base a diciembre de 2008, el arroz se encuentra con una ponderación de 1,73 (la más alta exceptuando los alimentos proteínicos) y la papa con 0,44 (que también es de las más altas), lo que denota la importancia de las variaciones de precios de estos alimentos en los cálculos del IPC.

5. Selección de las áreas e información básica para el análisis

5.1 Cultivo de papa

Se compararon los rendimientos de la producción de papa en los departamentos con mayor producción del país (**tabla 5-1**).

Tabla 5-1: Departamentos con mayor producción de papa en Colombia 2014.

Departamento	Producción (t)	% Producción	Área cosechada (ha)	% Área cosechada	Rendimiento (txha ⁻¹)
Antioquia	169.618	6%	10.016	6,5%	16,9
Boyacá	754.397	26,6%	43.450	28,2%	17,4
Cundinamarca	1.113.182	39,3%	53.830	34,9%	20,7
Nariño	523.271	18,5%	32.500	21,1%	16,1
Total	2.831.078		154.151		18,4

Fuente: ENA, DANE, 2015.

El departamento con mayor producción de papa en el país es Cundinamarca, con casi 1,1 millones de toneladas equivalentes al 40% de la producción, también en este departamento se encuentran los mayores rendimientos, aunque esta cifra incluye la producción industrial del tubérculo que tiene rendimientos muy superiores respecto a la producción campesina.

Después de Cundinamarca, los demás departamentos con mayor producción en el país son: Boyacá, Nariño y Antioquia, que suman en total el 90,4% de la producción en el país. Cabe anotar, que la producción de Cundinamarca y Boyaca se concentra en lo que se conoce como el altiplano cundiboyacense, en la que se encuentra continuidad en las condiciones biofísicas y culturales y se concentra el 66% de la producción de papa del país.

5.2 Producción de papa en el departamento de Cundinamarca

En la tabla 5-2 se presentan los municipios con las mayores producciones acumuladas en el departamento de Cundinamarca entre 2006 y 2011, donde se incluyen solamente aquellos en los que la producción es igual o superior al 2% del total departamental. La suma de estos casos da el 74% de la producción en el departamento.

Tabla 5-2: Municipios con mayores niveles de producción de papa en el departamento de Cundinamarca en el período 2006-2011.

Provincia	Municipio	Producción acumulada (t). (2006-2011)	%producción municipal / prod. departamental	% prod. provincial / prod. departamental
Almeidas	Chocontá	54.990	4%	23%
	Sesquilé	61.550	5%	
	Villapinzón	180.130	14%	
Ubaté	Carmen de Carupa	30.925	2%	20%
	Susa	60.210	5%	
	Tausa	169.200	13%	
	Sabana Centro	26.490	2%	
Sabana Centro	San Cayetano	84.140	6%	11%
	Zipaquirá	40.000	3%	
Guavio	Guasca	46.520	4%	11%
	Guatavita	96.310	7%	
Oriente	Une	51.900	4%	4%
Bogotá	Sibaté	45.740	3%	3%
Sumapaz	Pasca	28.600	2%	2%
Total Departamental			1.317.298	

Fuente: ENA, DANE, 2015.

De acuerdo a estas series, la producción del departamento se concentra en los municipios que se encuentran en las provincias de Almeidas (23%), Guavio (11%), Sabana Centro (11%) y Ubaté (20%). La suma de la producción de éstos 11 municipios da como resultado el 65% de la producción departamental y es cercana al 25% de la producción nacional. No se incluyen en el análisis las provincias de Oriente, Sumapaz, y Bogotá por los menores niveles de producción, la distancia relativa y las potenciales diferencias climatológicas respecto a las provincias que se encuentran hacia el norte de la capital. El levantamiento de información climatológica, por lo tanto, se enfocó en las siguientes provincias: Almeidas, Ubaté, Guavio y Sabana Centro, que cobijan a los

municipios de: Chocontá, Sesquilé, Villapinzón, Carmen de Carupa, Susa, Tausa, Cogua, San Cayetano, Zipaquirá, Guasca y Guatavita.

5.3 Cultivo de arroz

En el caso del cultivo del arroz, los principales departamentos productores se encontraron en la cuenca alta del Magdalena, en las planicies fértiles de Huila (7,8%) y Tolima (26%), en cultivos mecanizados y con altos rendimientos. El otro polo de producción sobresaliente en el país, es el piedemonte llanero, en particular en los departamentos del Meta y Casanare, en planicies con limitada disponibilidad de agua.

Tabla 5-3: Departamentos con mayor producción de arroz y tipos de cultivo en Colombia 2013.

	Área (ha.)	% Total	Producción (t)	% Total	Rendimiento (txha ⁻¹)
Casanare	27.524	4,9%	134.678	5,3%	4,9
Huila	30.740	5,5%	196.908	7,8%	6,4
Meta	19.075	3,4%	84.207	3,3%	4,4
Tolima	103.316	18,6%	659.790	26,0%	6,4
Casanare (secano)	85.098	15,3%	385.326	15,2%	4,5
Meta (secano)	58.948	10,6%	222.646	8,8%	3,8
Total Riego	250.035	44,9%	1.440.608	56,8%	5,8
Total Secano	223.784	40,2%	945.523	37,3%	4,2
Total Manual	82.825	14,9%	151.838	6,0%	1,8
Total nacional	556.644		2.537.969		4,6

Fuente: ENA, DANE, 2015.

El departamento con mayor producción nacional es el Tolima, que llega a 659.790 toneladas/año (26%). También es el departamento con mayores rendimientos (6,4 toneladas por hectárea al año). En Casanare la producción en secano y riego suman el 20,5% del nacional. El departamento del Meta suma el 11,1% y el Huila el 7,8%.

De acuerdo con las magnitudes de producción, los municipios seleccionados para el levantamiento de información climatológica se encuentran en las provincias de Ibagué y Suroriente que concentran el 66% de la producción departamental y el 17% de la producción nacional. Los siete municipios seleccionados para el levantamiento de la información climatológica fueron: Espinal, Ibagué, Piedras, Guamo, Prado, Purificación y Saldaña.

Tabla 5-4: Municipios con mayor producción de arroz en el departamento del Tolima

Provincia	Municipio	Producción acumulada ton (2006-2011)	% producción municipal / producción departamental	% prod. provincial / prod. departamental
Ibagué	Espinal	450.247	12%	27%
	Ibagué	402.547	11%	
	Piedras	149.357	4%	
Suroriente	Guamo	488.792	13%	39%
	Prado	122.826	3%	
	Purificación	494.020	14%	
	Saldaña	317.185	9%	
Norte	Ambalema	309.393	8%	11%
	Armero	122.260	3%	
Nevados	Lérida	202.370	6%	11%
	Venadillo	177.055	5%	
Total departamental		1.317.298		88%

Fuente: ENA, DANE, 2015.

6. Marco de análisis de los cultivos

6.1 Cultivo de papa

La papa es un cultivo transitorio, que por la disminución estacional de la lluvia se pueden presentar dos cosechas al año. En Colombia el cultivo se siembra entre los 2.000 y 3.000 msnm. Las zonas óptimas están localizadas entre los 2.500 y 3.000 msnm. De acuerdo con Cevipapa (2016), el 90% de los cultivos de papa se encuentran en zona de ladera y el 10% en suelos mecanizables, hecho que condiciona la estructura socio económica del cultivo basada en la economía campesina, que se encuentra marginada de las políticas y las instituciones públicas, lo que caracteriza otro tipo de problemáticas tales como como falta de asistencia técnica e inequidades en las condiciones del mercado (Martínez, 2005).

Las épocas de siembra están condicionadas por la ocurrencia de las lluvias y las heladas. En el primer semestre se lleva a cabo la primera siembra del año, entre enero y marzo, en el 50% del área sembrada. La segunda siembra se realiza entre junio y agosto en el 30% del área sembrada. Durante los otros meses del año se realiza el resto de siembras en microclimas favorables (Rojas, 2011).

La preparación del suelo se hace en surcos a través de las pendientes, usando yunta o con azadón. La siembra se realiza antes de iniciarse la época de lluvias con el fin de aprovechar el agua lluvia para la germinación y el desarrollo del cultivo. Las semillas utilizadas por lo general son las seleccionadas en las mismas unidades productivas o de lugares vecinos. Las demás etapas de la siembra como la fertilización suelen ser realizadas manualmente.

El aporque se realiza aproximadamente dos meses después de la siembra y un mes después se inicia la aplicación de fungicidas con frecuencia de siete a nueve días,

dirigidos al follaje de la planta. Los insecticidas se aplican en el momento de la siembra y antes del aporque. Estas prácticas varían de acuerdo a las condiciones biofísicas, operativas y culturales de cada contexto. En términos generales el cultivo de papa en Colombia se caracteriza por demandar alta cantidad de fertilizantes comerciales por área de cultivo, más alto que el de cualquier otro cultivo a excepción del café (Cadena Agroalimentaria de la papa, 2010).

La cosecha suele hacerse de manera manual, actividad que junto a la recolección, clasificación, empaque, pesaje y carga consumen entre un 24% y 35% de los costos de mano de obra.

La comercialización se realiza a través de varios intermediarios, desde el transporte hasta la central mayorista o acopiador rural, que pasa a los centros regionales o las centrales mayoristas. De ahí la papa es comercializada en mercados minoristas, hasta el consumidor final. El 90% de la papa se destina al mercado en fresco y el 10% es demandada por la industria.

Las distancias a los centros de comercialización son grandes y la infraestructura de almacenamiento es inexistente o muy costosa, lo que acentúa la asimetría en la comercialización, que priva al pequeño productor de una porción significativa de utilidades (Cadena Agroalimentaria de la papa, 2010).

Según Retana (2000), los eventos relacionados con el fenómeno ENOS pueden llegar a influir positivamente sobre la producción y el rendimiento del cultivo de papa, especialmente con la intensificación de la precipitación que permitiría satisfacer cómodamente los requerimientos hídricos del cultivo. En general los cultivos transitorios de secano se ven muy afectados por el fenómeno de El Niño. La disminución de la nubosidad sobre estos cultivos permite que la luz solar incida sobre ellos, incrementando la evapotranspiración, llegando a causar daños en el ciclo vegetativo, lo que incrementa también la demanda hídrica y el ataque de plagas como la polilla guatemalteca (Rojas, 2011).

Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2009), la superficie cosechada de cultivos transitorios se ve reducida ante la inminencia del fenómeno El Niño. En el caso de la papa, la reducción de área sembrada para el evento de 1997-98 fue alrededor del 4%. Según el Banco de la República, el cultivo de papa fue uno de los cultivos más

afectados por el fenómeno del Niño entre los años 1970-1996 (Banco de la Republica, 2006; Rojas, 2011).

6.1.1 Variedades y semillas

Las variedades de papa más comunes en Colombia son tuquerreña o sabanera, parda pastusa (*Solanum tuberosum*), pastusa suprema, rubí, salentuna, carriza, diacol capiro R-12, ICA única, ICA nevada, ICA Nariño, milenio-1 y diacol Monserrate. A comienzos de la década del 70, alrededor del 40% de las papas sembradas en Colombia eran variedades nativas, muchas de las cuales fueron reemplazadas debido a su largo periodo de maduración (seis a siete meses) y bajos rendimientos. Para el 2000, aproximadamente treinta variedades nativas seguían siendo cultivadas, de las cuales 10 eran de importancia comercial (DANE, 2015).

6.1.2 Enfermedades de la papa

Las plagas de mayor daño económico para el cultivo de la papa en Colombia son el gusano blanco de la papa, pulguillas, polilla guatemalteca de la papa, tomineja, tostón, mosco o entretelado, muques o comedores de follaje, polilla pequeña o palomilla, chisa, polilla gigante de la papa, babosa, moscas blancas, trozadores, y áfidos. Entre las enfermedades se resaltan, la gota de la papa (gotera o tizón tardío), tizón temprano (mancha negra de la hoja), roña polvosa, torbo, martaja, tocineta o macana, costra negra o rizoctoniasis, pudrición blanda, moco o dormidera, sama común, marchitez bacteriana o dormidera, enrollamiento de las hojas, mosaico rugoso, mosaico latente o mosaico suave, amarillamiento de venas de la papa y nemátodo dorado de la papa (DANE, 2015).

Las enfermedades causadas por virus son introducidas a través de heridas causadas por insectos, hongos, medios mecánicos, nemátodos o esparcidos por la maquinaria o por el contacto entre plantas. Los principales transmisores de enfermedades son los insectos, especialmente los áfidos y la mosca blanca (DANE, 2015).

La gota (también conocido como tizón tardío o TT) es una de las enfermedades más letales en la papa. Es causada *Phytophthora infestans*, que afecta el follaje y el tubérculo. Esta enfermedad en el año 1840 causó la muerte en Irlanda, por hambre, a más de un millón de personas y 1.5 millones más emigraron. El problema se está agravando en el

mundo entero, hasta el punto que el costo de su control asciende a 3.000 millones de dólares por año. La gota es particularmente severa en áreas de clima más frío, especialmente bajo condiciones de cultivo casi constante donde las esporas de *P. infestans* están siempre presentes como inóculos, condiciones que por lo general se dan en Colombia (DANE, 2015).

Rizoctoniasis (*Rhizoctonia solani*). Es un hongo que ataca a los tubérculos, tallos debajo de la superficie del suelo y a estolones de la planta de papa, especialmente en suelos fríos y húmedos, que puede constituirse en un problema emergente en la región. Aunque la rizoctoniasis generalmente no daña el tubérculo, constituye un serio problema cosmético que puede causar severas pérdidas financieras en los mercados de procesamiento que requieren papas lavadas y de aspecto saludable (DANE, 2015)

Enfermedades Virales. Una infección viral puede causar la degeneración gradual de los tubérculos de papa y la reducción de los rendimientos, proceso que generalmente ocurre más rápidamente en las zonas con menor altimetría. Entre las enfermedades virales actualmente reportadas en Colombia, están: Virus del moteado de la papa andina, transmitido por inoculación mecánica, como los injertos, pero no por las semillas. Virus del amarillamiento de las nervaduras de la papa (PYVV), un problema bastante reciente. La alta incidencia de esta enfermedad puede estar relacionada con incrementos en la población de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) debido, tal vez, a la reducción de los competidores naturales ante las aplicaciones excesivas de plaguicidas. Virus latente de la papa andina (APLV): a pesar de su nombre inocuo, este virus puede causar serios síntomas, tales como la necrosis en el borde de las hojas o mosaico severo (DANE, 2015).

Gorgojo de los Andes: otro serio problema para la producción es el gorgojo de los Andes de diversas especies (*Premnotrypes spp.*), que en su estado larval come tubérculos de papa. Los gorgojos adultos, no voladores y que pasan desapercibidos, entran a los campos de papa desde las parcelas adyacentes y depositan sus huevos en la base de las plantas de papa. Las poblaciones de gorgojo pueden incrementarse a través del cultivo continuo de papa, porque permanecen en los tubérculos que no han sido removidos desde la cosecha. La rotación de cultivos, incluida la pastura, es la medida de control más usada para controlar esta enfermedad.

Mosca Minadora. *Liriomyza huidobrensis*, puede convertirse en una limitación para la producción de papa, debido a que las larvas recién incubadas se alimentan de las hojas, formando las características "minas" parduscas en las hojas, que se van volviendo marrones a medida que el tejido de las hojas se pudre y reduciendo la capacidad fotosintética de la planta. La mosca puede ser una plaga muy severa en áreas donde se han usado insecticidas de manera intensa (reduciéndose así la fauna benéfica que controlan a los minadores). La estrategia de manejo está basada en la siembra de variedades resistentes y en el manejo de hábitats que favorezcan el incremento de los enemigos naturales.

6.1.3 Economía campesina

La mayor parte de las regiones productoras de papa se basan en la economía campesina familiar. En este modelo de producción, los miembros de la familia trabajan en el predio, lo administran con sus recursos naturales, que a través de diferentes estrategias como la generación de ingresos producidos en el predio y adicionalmente ingresos extra prediales, satisfacen las necesidades familiares y se garantiza la continuidad de la unidad familiar (IDEA, 2010).

La economía campesina como estructura productiva se caracteriza por poseer técnicas tradicionales, poco intensivas en capital y altamente intensivas en mano de obra. En la mayoría de unidades tradicionales pequeñas, la producción se destina fundamentalmente para el autoconsumo o para la comercialización local y en algunos casos regional. Las economías campesinas son poco intensivas en paquetes tecnológicos y su producción se genera en unidades pequeñas.

La economía tradicional de los productores de papa, incorpora en las labores de producción la fuerza de trabajo familiar o comunitario. Bajo esta forma de producción agrícola la división de tareas y responsabilidades al interior del sistema productivo se determina según el género, la edad, la experiencia y los conocimientos adquiridos por parte de los miembros familiares.

6.1.4 Aspectos socio económicos

En Colombia existen aproximadamente 90.000 productores de papa, de los cuales el 80% corresponde a unidades productivas de menos de 10 hectáreas (**Tabla 6-1**), por lo

que puede afirmarse que el cultivo de papa se realiza por pequeños y medianos productores predominantemente caracterizados por la economía campesina (DANE, 2014).

Tabla 6-1: Clasificación de grupos de productores de papa.

Productor	Propiedad	% Cultivadores		Producción total
Pequeño	<3 ha	90%	Terrenos no aptos para mecanización	45%
Medio	3-10 ha	7%	Semitecnificados	35%
Grande	>10 ha	3%	Tecnificados	20%

Fuente: Dane 2002. Censo Nacional del Cultivo de Papa.

En los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, las proporciones de los pequeños productores campesinos son aún superiores a la media nacional. Este grupo produce el 95,4% de la producción y ocupa el 56,2% del área, mientras que los medianos productores producen en el 4,1% del total y ocupan 24% del área, lo que condiciona las características culturales en cada uno de los eslabones de la cadena de producción y comercialización (IICA, 2010).

De acuerdo con el Censo Nacional de la Papa (2005), en el Departamento de Cundinamarca parece existir poca relación entre el tamaño de la explotación y la productividad del cultivo. En el 2002 los medianos productores registraron un rendimiento más alto que los agricultores con más de 10 hectáreas. En el caso de la papa industrial también los pequeños productores tienen los mayores rendimientos. Esto puede ser fruto de un control más directo del cultivo y una dosificación más adecuada de los insumos (Martínez, 2005).

A pesar del patrón general de desigualdad en la distribución de la tierra, la papa continúa siendo primordialmente un cultivo de pequeños agricultores. La tenencia no solo consiste en las proporciones de la propiedad sino también de las características de los propietarios. Las tierras más fértiles en la altiplanicie, valles ribereños y tierras bajas están principalmente en manos de agricultores de gran escala, que llevan a que los pequeños agricultores cultiven tierras menos fértiles en laderas pronunciadas.

6.1.5 Comercialización

En el país existen más de 30 variedades de papa cultivadas pero tan sólo 10 de ellas cuentan con importancia comercial (el 90% de la producción se concentra en las variedades *Diacol Cairo*, *Parda Pastusa* y *Pastusa Suprema*) (Fedepapa, 2012). La variedad denominada *Parda Pastusa* es la más cultivada y la que en mayor cantidad se consume en estado fresco, en Cundinamarca el 74% del área sembrada en papa es de esta variedad y en el departamento de Boyacá equivale al 50% del área. Le siguen en importancia, la *Diacol Capiro* (también conocida como R12), utilizada como materia prima por la industria, la exportación y el consumo en fresco, el área sembrada con esta variedad en Cundinamarca y Boyaca es del 18% y 21% respectivamente. La ICA-Puracé, utilizada preferentemente en algunas regiones del país (climas templado y cálido) para consumo en fresco y la *Tuquerreña* o *Sabanera* consumida principalmente en Bogotá (Martínez, 2005).

En los últimos años han entrado al mercado nuevas variedades desarrolladas en el marco de convenios entre entidades del sector público como el ICA y la Universidad Nacional con Fedepapa. Las variedades *ICA Única* e *ICA Morita* son ejemplos de los nuevos desarrollos de variedades de este tubérculo. Aproximadamente el 1% del total de la producción utiliza semilla certificada. La principal razón por la cual no se utiliza la semilla certificada, es la percepción generalizada del alto costo de la misma; a esto se le une la relativa facilidad con la cual los agricultores pueden producir su propia semilla con calidad sanitaria (Superintendencia de Industria y Comercio, 2011).

Del total de la papa producida en el país, aproximadamente el 8% va dirigido a la industria, el 10% se destina al autoconsumo, 64% se dirige a las centrales mayoristas y el 16% restante se destina a semilla. En Cundinamarca, el 7% de la producción total de papa se destina para autoconsumo, un 4% para semilla y un 89% para el mercado; en las economías campesinas el porcentaje de autoconsumo es aún mayor (Martínez, 2005), lo que pone en evidencia la importancia que tiene el cultivo para la seguridad alimentaria del sector campesino.

En los centros de producción el acopiador rural cumple con el rol de agrupar las cantidades de papa provenientes de varios productores para ser entregadas a los mayoristas a través de los camioneros. El camionero es un transportador que vende la

producción obtenida por lo general en las centrales mayoristas y devuelve el dinero al productor cobrando una comisión sobre la cantidad transportada.

En la cadena de comercialización de la papa, el mercado mayorista constituye el principal eslabón, debido a que concentra los mayores volúmenes comercializados. La mayor parte de la producción de Cundinamarca y Boyacá llega a la central mayorista de Corabastos en Bogotá, como el mercado más importante para la comercialización.

Los comercializadores mayoristas cuentan con capacidad para imponer condiciones de mercado como los días y horas de comercialización, generación de crédito a los proveedores y tienen fuerza de venta en los distintos escenarios de distribución al menudeo, incluyendo otras regiones del país. (Superintendencia de Industria y Comercio, 2011).

En cuanto al mercado externo, las exportaciones de papa fresca rondan las 22 mil toneladas, las importaciones de papa procesada las 5 mil toneladas. Las exportaciones de papa fresca se concentraron hacia Venezuela y desaparecieron en el año 2010. Los volúmenes del mercado externo no son significativos respecto al mercado interno, puesto que los volúmenes del mercado externo equivalen al 1% de la producción nacional (MADR, 2012).

6.1.6 Precios

Los precios de la papa se caracterizan por una alta variación estacional, que depende en buena medida de los balances de la oferta y la demanda. Las variaciones tienden a agravarse por la deficiente capacidad de almacenamiento del tubérculo, la estacionalidad de la producción, el carácter perecedero del producto, la inelasticidad de la demanda a los precios y la poca capacidad de almacenamiento (Martínez, 2005).

El mercado de la papa está marcado por la notable asimetría entre productores y comercializadores, quienes cuentan con condiciones para determinar condiciones de precios y almacenamiento a su favor (DANE, 2014). En Colombia, aunque la papa puede sembrarse a lo largo del año, se conserva un patrón estacional, típicamente de un pico de precios altos entre febrero a mayo y de precios bajos en septiembre. El precio total pagado a los productores, en la medida que es estimado por el mercado de precios "al

contado", ha permanecido relativamente constante mientras que los costos de producción se han incrementado (Martínez, 2005).

De acuerdo a la Superintendencia de Industria Comercio, los comercializadores mayoristas tienen un poder de negociación mucho mayor frente los productores de papa y ellos son los que determinan principalmente el precio del tubérculo (SlyC, 2010), lo que se manifiesta en la imposición de las condiciones de compra, al interpretar a su beneficio distintas calidades y variedades del producto lo que se refleja especialmente en el precio de compra al productor. También se encuentra la imposición de restricciones en los procesos de compra de la papa, consistentes en los horarios y las condiciones de compra a los agricultores (Superintendencia de Industria y Comercio, 2010).

Los precios constantes al productor de papa en Colombia muestran una tendencia descendente desde el año 1970. Esto significa, que los agricultores recibieron en el año 2003 un precio por tonelada inferior al que recibían en la década de los setenta, pese al notorio aumento que registraron durante los noventa (Martínez, 2005). La reacción de los agricultores ante la baja en los precios reales, contrario a lo que se espera, no consistió en el descenso del área sino en incrementos en la producción (Ramírez y Martínez, 2004).

Por otra parte, la elasticidad del precio de oferta de la papa es positiva, es decir, que tanto la oferta como el área y la cantidad producida, sí responden a los cambios en los precios lo que indica que los agricultores atienden positivamente los cambios de precios. En el cultivo de la papa, los agricultores responden más con aumentos en la productividad que con aumentos en área cultivada. La elasticidad del área ante incrementos en los precios es de 0.51 y la elasticidad de la producción es de 0.84. (Ramírez y Martínez, 2004).

Los precios de la papa oscilan erráticamente alcanzando frecuentemente diferencias en valores corrientes de hasta 200% entre períodos de un mismo año. En 1998, como resultado de la intensificación de las variaciones climáticas, se registraron las mayores diferencias en los precios entre períodos de un mismo año cuando sobrepasaron el 500% (Martínez, 2005). La diferencia de precios reales en el lapso junio de 1996 a septiembre de 2001, se encuentra en más del 500% entre el máximo y el mínimo registrado en el promedio nacional (Ramírez y Martínez, 2004).

6.1.7 Estructura de costos

En Colombia la estructura de costos de producción de la papa es muy heterogénea, dependiendo de la variedad, de las condiciones climáticas y socioeconómicas de la región en que se lleve a cabo el cultivo, al igual que de la topografía y el sistema de producción (Quintero, 2004). El promedio nacional de la participación de los insumos agrícolas (fertilizantes edáficos, fungicidas, insecticidas, herbicidas) dentro del costo total de producción es del 33%, mientras que para la región cundiboyacense este porcentaje es de 41,2%. Para esta región los costos de fungicidas e insecticidas son notablemente superiores a las otras regiones, siendo 11,9% y 10,1% para el caso de la región cundiboyacense respectivamente, frente a 6,0% y 4,9% para el promedio nacional. (SlyC, 2010)

Como ya se mencionó, en Colombia se cultivan diferentes variedades de papa, cuyas características en cuanto a resistencia a plagas y enfermedades, productividad física y necesidades nutricionales e hídricas ocasionan variaciones significativas en los costos, tanto por unidad de área como por tonelada de producto. El régimen de lluvias también influye en los rendimientos y la rentabilidad del cultivo, debido a que éste es un cultivo con altas necesidades hídricas y como consecuencia la producción se concentra en el semestre con mayor precipitación (Martínez, 2005).

Los costos de producción por hectárea de la papa *parda pastusa* en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca para el período 1990 – 2003, muestran un incremento en términos reales de 26,1%, lo que equivale a una tasa de crecimiento de 1,8% promedio anual. Cabe destacar la mayor participación de los costos directos dentro de los totales que en promedio fueron 94%. En 1990 el costo de producción de una hectárea era de \$6.8 millones, en el 2000 fue de \$8.7 y en el 2003 de \$8.65 millones, valorados a precios de 2003 (Martínez, 2005).

Los insumos son los costos directos con mayor crecimiento (32,9%) equivalente a un crecimiento del 2,2% promedio anual. Los factores que inciden en este resultado fueron los mayores precios en términos reales de algunos insumos como fertilizantes,

fungicidas, herbicidas y adherentes, y el aumento de algunas labores de producción tales como el control de plagas y enfermedades, derivadas del aumento en la siembra de variedades más exigentes (caso R12) y la tendencia a un uso excesivo de los insumos (Martínez, 2005).

Usualmente los problemas en el cultivo conducen a prácticas relacionadas con la sobre dosificación tanto de insecticidas y fungicidas, como una manera de proteger a los cultivos ante las crecientes actividades de plagas y enfermedades, que funcionan a su vez como una forma de asegurar la inversión en el cultivo. También se encuentra la sobre dosificación de fertilizantes, por la falta de análisis de suelos para la aplicación de nutrientes en épocas y cantidades adecuadas.

Cuando la sobredosificación se presenta, puede representar alrededor del 50% de los costos relativos al uso de productos de control químico y fertilizantes. Según el ICA (1988) los sobrecostos por uso irracional de agroquímicos estaban en niveles entre 47% y 60%, lo que representa cerca del 10% de los costos totales de producción.

Otras causas del incremento en los costos de producción es la disminución de la variabilidad genética de las especies cultivadas, la alta susceptibilidad a las plagas (como el gusano blanco y la polilla guatemalteca) y las enfermedades de las principales variedades cultivadas, el bajo uso de semillas de buena calidad, el manejo inadecuado del suelo (el cultivo generalmente se ubica en zonas de ladera con pendientes superiores al 25%, causando graves problemas de degradación física y química del suelo) y la falta de tecnología e infraestructura para el manejo eficiente del agua y de los sistemas de riego, lo que incrementa sensiblemente el riesgo de pérdida de la cosecha y la disminución de los rendimientos (Martínez, 2005).

En la distribución de los costos, los agroquímicos, representados tanto en fertilizantes como plaguicidas, participan con un 41.2%; de estos, más de la mitad corresponde a los fertilizantes. La mano de obra contribuye con un 25.9%, donde el peso importante lo tiene la mano de obra no calificada. La rentabilidad de la producción de papa ha disminuido, debido a que los costos han aumentado en relación con los precios reales.

6.2 Arroz

El arroz *Oryza Sativa*, es uno de los cultivos con mayor importancia a nivel mundial y es el cereal que más se consume en el mundo después del trigo. Se siembra desde el ecuador hasta altitudes de 53° norte (en China) a 40° sur y en regiones tropicales hasta alturas de 2400 msnm. Su producción se extiende a más de 100 países y se constituye en la base alimenticia de más de la mitad de la población mundial, proporcionando el 27% de la energía alimentaria y el 20% de las proteínas. El cultivo se concentra en Asia, que representa cerca del 90% de la producción y el consumo mundial (Fedearroz, 2011).

6.2.1 Descripción general del cultivo

En Colombia se encuentran dos tipos de cultivo diferentes conocidos como el mecanizado y el tradicional (manual). El arroz mecanizado representa el 95% del área sembrada y el 98% de la producción, mientras que el arroz tradicional se cultiva en combinación con otros cultivos transitorios (MADR, 2005). En el país se han sembrado variedades de arroz como Fedearroz 60, ACD2528, Coprosem 305, Oryzica, Clearfield y Yacu 9, entre otras (Fedearroz, 2011).

6.2.2 Cultivo de arroz

En términos generales el cultivo del arroz mecanizado, comienza con la eliminación de la cobertura vegetal con glifosato. Posteriormente el suelo se prepara con una nivelación y “caballoneada”. La siembra se realiza por lo general en dos temporadas: la primera en enero y la segunda en julio. La siembra también se programa en sintonía con los patrones de precios anuales en los que no se encuentran limitaciones de agua o restricciones climatológicas estacionales (MADR, 2005).

En el departamento del Tolima los agricultores utilizan altas densidades de siembra (180 a 220 kilogramos de semilla por hectárea). En los métodos tradicionales de siembra se realizan “mojes” periódicos donde el uso de agua es cíclico y por lo general no se generan condiciones de estancamiento.

Durante la fase vegetativa del cultivo se determina el número de panículas (un racimo de racimos donde se encuentran las semillas) por unidad de área. En esta fase, el cultivo tiene menores requerimientos de agua para su desarrollo. Su duración puede variar entre 35 y 55 días, dependiendo de la variedad, la zona, y la fecha de siembra. En la fase reproductiva se desarrollan las espiguillas por panícula, cuya cantidad se ve negativamente afectada por regímenes de altas temperaturas y baja luminosidad. La duración de esta fase oscila entre 30 y 35 días (Espinal *et al.*, 2005).

Durante la fase de maduración, se desarrolla la cantidad de espiguillas llenas y el peso de los granos, aunque este último tiene un alto componente genético. En esta fase condiciones de altas temperaturas y baja luminosidad resultan desfavorables para el cultivo. Su duración oscila entre 30 y 35 días.

El mayor volumen de producción de arroz paddy verde se obtiene en los meses de enero, febrero, julio, agosto, septiembre y diciembre, en los cuales se cosecha cerca del 70% de la producción anual nacional. Aproximadamente tres cuartas partes de la oferta pertenecen a la zona centro (Tolima, Huila) y a los Llanos Orientales (Meta y Casanare) (Espinal *et al.*, 2005).

6.2.3 Fisiología del cultivo

Precipitación

Es el parámetro de mayor importancia en los lotes de arroz seco. Las zonas de seco en Colombia (Llanos Orientales, Bajo Cauca) presentan un régimen unimodal de lluvias, de manera que sólo se puede realizar una cosecha al año, durante la temporada de mayores lluvias, cuya distribución, así como la capacidad del suelo para retener humedad son factores de gran importancia en lotes de seco. Prácticas como descompactación y adecuación de suelos mejoran de manera notable la retención de humedad (MADR, 2005).

En la zona arrocería de seco cercana a Villavicencio, las condiciones de precipitación no fueron favorables para el desarrollo del cultivo del arroz en el mes de junio del año 2011. Tan solo se presentaron dos días al mes con lluvias superiores a los 20 mm y la segunda quincena del mes no registró ningún aguacero que alcanzase dicho valor. Durante el año 2012 se registraron 6 días con lluvias superiores a los 20 mm, los cuales

estuvieron mejor distribuidos a lo largo del mes, reduciendo las afectaciones del rendimiento por condiciones de estrés hídrico en los lotes arroceros. Estas circunstancias disímiles del clima se reflejaron en los resultados finales del cultivo, ya que se presentaron rendimientos claramente superiores en el año 2012 en esta región arrocerera (Fedearroz, 2012).

Luminosidad

En términos generales, se encuentra una respuesta lineal positiva ente la cantidad de luz y el rendimiento del cultivo. Los valores de energía solar superiores a $450 \text{ cal.cm}^{-2} \cdot \text{Dia}^{-1}$ son considerados muy adecuados para el cultivo. La fase vegetativa presenta menores requerimientos de radiación que las fases finales de crecimiento.

Temperatura

La temperatura es un factor de gran importancia en el cultivo. En términos generales, zonas productoras con temperaturas más bajas presentan las mejores producciones de arroz, como en la meseta de Ibagué y en algunos sectores del Huila. La floración y el embuchamiento son las etapas de desarrollo más susceptibles a la temperatura. Exposiciones de las espiguillas a temperaturas superiores a 35°C durante la etapa de floración hacen que resulten estériles. Exposiciones de al menos una hora a altas temperaturas es suficiente para inducir la esterilidad del arroz. El arroz es una planta tipo C3, las cuales no son eficientes fotosintéticamente en condiciones de altas temperaturas, puesto que por encima de 30°C , pierden eficiencia en su proceso de fotosíntesis y se incrementa la tasa de foto respiración (Fedearroz, 2011).

Los efectos perjudiciales de las altas temperaturas también se presentan durante la noche. Se han reportado reducciones del 10% en el rendimiento del arroz cuando la temperatura nocturna aumenta 1°C , producto de la tasa respiratoria de las plantas (Fedearroz, 2011).

Como ejemplo de la afectación de las temperatura sobre los cultivos de arroz, Fedearroz (2011) referencia la afectación por el fenómeno del Niño registrado durante el segundo semestre del año 2009 y el primer semestre de 2010, lo que significó un incremento de aproximadamente 4°C en los valores promedio de la temperatura máxima en la zona

arrocera de El Espinal (Tolima). El efecto sobre la producción fue altamente negativo, registrando pérdidas del 50-60% (Fedearroz, 2011).

Existen varias prácticas para mitigar los efectos del clima en los cultivos, entre las que se encuentran: tolerancia varietal, consistente en la respuesta diferencial de las variedades a las condiciones de altas temperaturas. Selección en época de siembra, mediante la cual se busca evitar que las etapas de desarrollo más susceptibles, como el caso de la floración, coincidan con períodos de altas temperaturas y evitando otros tipos de estrés, sea nutricional, hídrico, por aplicaciones de herbicidas, entre otros.

6.2.4 Región de Saldaña, Espinal, Meseta de Ibagué y el norte del Tolima

Es una zona que cuenta con riego, en la cual el factor climático que presenta las mayores fluctuaciones es la radiación solar. Las siembras del primer semestre del año disfrutan de mejores condiciones en esta región y se realizan a finales de marzo, abril y comienzos de mayo. Para el segundo semestre, se recomiendan las siembras de finales de octubre y noviembre. Estas fechas de siembra permiten que las etapas finales del cultivo se desarrollen en condiciones de buena luminosidad (Saldaña, 2005).

6.2.5 Aspectos socioeconómicos

De la información consignada en el III Censo Nacional del Arroz (2008), se encuentran cinco regiones productoras, entre ellas la llamada región centro, que cubre los departamentos del Tolima y el Huila y que tiene la mayor área sembrada junto con los mayores rendimientos por hectárea para el año de medición (2007). Las Unidades Productoras de Arroz (UPA), de acuerdo al censo, son en promedio de 54 hectáreas en los llanos, mientras que en la zona centro son de aproximadamente 17 hectáreas.

Tabla 6-2: Número de productores y unidades productoras de arroz por zona arrocera en Colombia. 2008.

Zona Arrocera	Productores	UPA	Área Ha	% Área	Ha/UPA	Red (T/ha)
Bajo Cauca	3401	3680	47346	12,3	12,9	4,8
Centro	5194	8783	146498	38,2	16,7	7,9
Costa Norte	748	809	24779	6,5	30,6	6,2
Llanos	1838	2654	142552	37,2	53,7	5,5
Santanderes	1233	1426	22156	5,9	15,5	6,4

Fuente: Censo Nacional del Arroz. 2007. UPA: Unidad Productiva de Arroz

Para el arroz mecanizado, que predomina en la región centro, se encuentran 223.353 hectáreas sembradas en el país, de las cuales el 24% de la producción se encuentra en UPA inferiores a 10 hectáreas que sumadas equivalen al 16,9% del área. En contraste las UPA con más de 200 hectáreas, tienen el 15% de la producción y el 17,2% del área. Este contraste permite pensar que los rendimientos medidos en toneladas por hectárea tienden a ser inferiores en la medida en que aumenta el área de la UPA, en razón de la alta productividad de las UPA con riego e inferiores extensiones de la región centro, en contraste con las mayores extensiones de las UPA de los llanos, con menores rendimientos y limitadas por el acceso al agua.

Tabla 6-3: Indicadores relacionados con la estructura productiva del arroz mecanizado. Primer Semestre, Colombia 2007.

Rango (ha)	Área	Número UPA	%UPA	Área (Ha)	% Área	Área / UPA ³	% Prod.
0 -10		8744	68,2	37801	16,9	4,3	24,1
10-50		3161	24,6	71262	31,9	22,5	37,3
50-200		801	6,2	75892	33,9	94,7	23,7
>200		115	0,9	38398	17,2	333,9	14,9
Colombia		12821		223353			

Fuente: Censo Nacional del Arroz. 2007

De acuerdo al tipo de propiedad de las UPA, se encuentra que los propietarios con más de 10 hectáreas tienen el 79% del área total. Sin embargo los mayores rendimientos encontrados se presentan en las unidades productivas con áreas inferiores a las 10 hectáreas (ver **Tablas 6-4 y 6-5**). En el caso de las UPA arrendadas, las extensiones con más de 10 hectáreas son de 85,4%, y en este caso también los rendimientos de las UPA con menos de 10 hectáreas son superiores. El 48,3% de las UPA y el 68,8% del área cuentan con gastos en asistencia técnica, lo que permite afirmar que ésta se concentra en las UPA de mayor extensión. De acuerdo a la **Tabla 6-6**, en las unidades con menos de 10 hectáreas la asistencia técnica llega al 60,1% del área total, mientras que en las unidades con más de 50 hectáreas la asistencia técnica llega al 85,5% del área total.

³ Área promedio de cada Unidad Productiva de Arroz.

Tabla 6-4: Unidades productoras de arroz con tecnología mecanizada por tipo de propiedad. Colombia, primer semestre 2007. Para el caso de productores propietarios de tierra.

Área UPA (ha)	UPA	%UPA	Área	%Área	R (txha ⁻¹) ⁴
0-10	3699	72,2	16371	21	6,8
10-50	1139	22,2	24638	31,5	6,7
>50	283	5,5	37092	47,5	6,6
Total	5121		78101		

Fuente: Censo Nacional del Arroz, 2007.

Tabla 6-5 Unidades productoras de arroz con tecnología mecanizada por tipo de propiedad. Colombia, primer semestre 2007. Caso de productores arrendatarios de tierra.

Área UPA (ha)	UPA	%UPA	Área	%Área	R (txha ⁻¹)
0-10	4905	65,1	20975	14,6	6,6
10-50	2005	26,6	46250	32,1	6,3
>50	630	8,3	76852	53,3	5,8
Total	7540		144077		

Fuente: Censo Nacional del Arroz, 2007.

Estos indicadores controvierten el supuesto de que la asistencia técnica implica mayores rendimientos, poniendo en evidencia la importancia que tiene la disponibilidad de agua proveniente de los sistemas de riego de las UPA de la región centro que implican mayores rendimientos. La explicación de estos resultados demanda un análisis detallado que se sale del alcance de este trabajo.

Tabla 6-6: Asistencia técnica por grupos de área de las UPA

Área UPA (ha).	Área con AT	Área sin AT	% Área con AT
0-10	17.760	11.244	60,1
10-50	29.939	11.370	72,4
>50	49.809	8.450	85,5

Fuente: Censo Nacional del Arroz, 2007. AT: Asistencia Técnica.

6.2.6 Mercado del Arroz en Colombia

De acuerdo a la Superintendencia de Industria y Comercio (2012), el arroz blanco consumido es el resultado de un proceso de cultivo, procesamiento, almacenamiento y comercialización. En la cadena del arroz están presentes dos actores: los productores y los molinos que intervienen en todos los eslabones de la cadena. Los productores

⁴ Rendimiento en la producción cuantificado en toneladas por hectárea

cultivan y cosechan arroz paddy verde (arroz con cáscara), que a su vez es la materia prima de los molinos arroceros, que retiran la cascarilla, reducen el porcentaje de humedad y lo almacenan.

La molinería deja como principal producto el arroz blanco y como subproductos la cascarilla de arroz y el arroz integral. Estos dos últimos son utilizados como materia prima en otros procesos (combustión) o subproductos (alimentos para animales) (Espinal, *et al.* 2005).

De acuerdo con la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) del DANE, para el año 1992 existían 149 molinos de arroz, mientras que para el año 2005 existían alrededor de 100, indicando la tendencia a la concentración de las actividades de molienda de arroz en el país.

De acuerdo con la Superintendencia de Sociedades (2012), la relación de los industriales del arroz (molineros) frente a los productores (vendedores) es considerada como una estructura de mercado oligopsónica. Debido a que el arroz cosechado no tiene otro destino para ser procesado salvo el molino, por lo que el poder de negociación, la definición de precios y las cantidades de producción están determinadas por la demanda del producto por parte de las empresas molineras. A ello debe sumarse, que la existencia de pocos molinos grandes refuerza la estructura oligopólica de la industria arrocera, debido a que estas pocas empresas pueden fijar conjuntamente el precio de venta de los productos terminados y tienen capacidad para decidir sobre el precio de compra del arroz verde. Frente a esta estructura de comercialización del arroz, se encuentra el agravante de que la producción se concentra en el segundo semestre del año, en razón del régimen de lluvias monomodal que se presenta en los llanos orientales.

6.2.7 Costos de producción

Los costos de producción difieren de acuerdo con las características de cada cultivo, ya sea con riego o seco, tecnificado o manual. El cultivo de arroz tecnificado con riego, presenta los costos de producción más altos respecto a los otros (SiyC 2012). Estos costos se han incrementado desde \$830.000/ha-año en 2005 a \$1.200.000/ha-año en 2011 (MADR, 2005).

Tabla 6-7 Costos de producción de arroz de riego y seco por hectárea año. 2011.

	Riego	Secano	Riego	Secano
Rubro	% Costos		Costo miles pesos	
Asistencia Técnica	1	1	12	6
Arriendos	16	10	192	60
Preparación del terreno	19	27	228	162
Riego	8		96	
Fertilizantes	19	17	228	102
Protección al cultivo	19	25	228	150
Recolección	10	12	120	72
Otros	8	8	96	48
TOTAL			600	1200

Fuente: Superintendencia de Industria y Comercio, 2012.

De acuerdo con la **tabla 6-7** (con resultados mostrados por la Superintendencia de Industria y Comercio basados en las estadísticas de Fedearroz y sus seccionales regionales), los rubros de fertilizantes, protección al cultivo y preparación del terreno son los que representan mayor peso dentro de la distribución de costos. Por otro lado se encuentran notables diferencias en los costos entre los cultivos de seco y de riego puesto que el primero al ser menos intensivo, demanda menos insumos así como menores costos de la tierra. El costo del riego no es tan significativo como otros rubros que lo superan de manera apreciable tales como los agroquímicos. Es posible afirmar que la explotación intensiva que posibilita el riego, significa también la intensificación de inversiones, que al incrementarse de manera sostenida especialmente en la última década, amenaza los márgenes de ganancias de los productores. Los mayores rendimientos obtenidos con inversiones en insumos significan también el estrechamiento de los ingresos cuando los costos de venta tienden a ser estables.

7. Análisis de las variables

7.1 Análisis de las variables de precipitación y temperatura en los municipios seleccionados productores de papa

La falta de acceso a la información de rendimientos y precios de los cultivos seleccionados restringe el análisis al período 2000-2013. Sin embargo, se dispone de información climatológica en algunas estaciones de los municipios seleccionados que permite abordar un período de tiempo más amplio, lo que posibilita estudiar el comportamiento de las variables climatológicas seleccionadas. En el caso de la temperatura promedio se encuentran registros desde 1966 y en el caso de la precipitación total anual desde el año 1960. En el caso de la temperatura, se obtuvo información de las estaciones disponibles en Guatavita y Chocontá. En el caso de la precipitación se utilizó la información de las estaciones ubicadas en Carmen de Carupa, Chocontá, Cogua, Guasca, Carmen de Carupa, Sesquilé, Tausa, Villapinzón y Zipaquirá.

A pesar de que los escenarios de cambio climático determinan la reducción en la precipitación en el altiplano cundiboyacense, se observa un contraste con los registros encontrados para las provincias de Almeidas, Ubaté, Guavio y Sabana Centro. El comportamiento de la variable precipitación pone de manifiesto el incremento de la precipitación acumulada anual y en la frecuencia de los fenómenos extremos. Esta tendencia significa una creciente amenaza a los cultivos de papa en la región de estudio, ya sea por la afectación directa de un evento climático extremo o por el paulatino empeoramiento de la vulnerabilidad de los cultivos en razón de la aparición o intensificación de problemas fitosanitarios, el deterioro paulatino de la economía de los cultivos, el deterioro progresivo de suelos y las limitaciones de agua disponible.

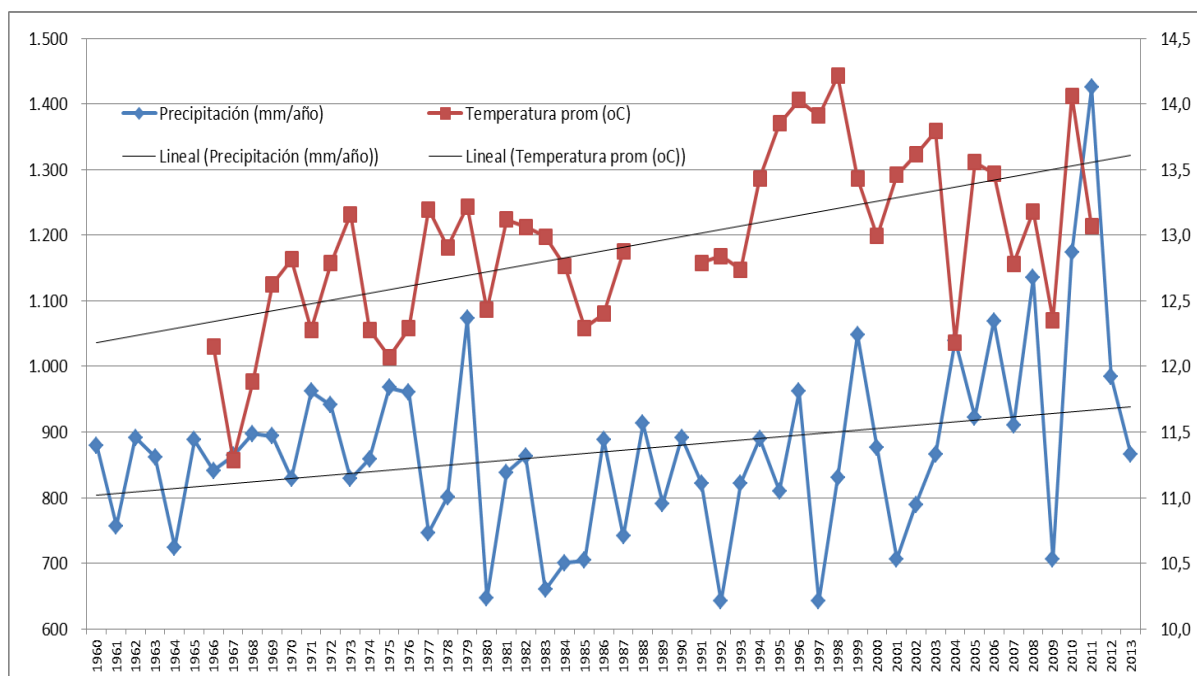


Figura 7-1: Precipitación y temperatura en estaciones climatológicas seleccionadas en la región de estudio en Cundinamarca: las provincias de Almeidas, Ubaté, Guavio y Sabana Centro. Años 1960-2013.

Para analizar las tendencias en el comportamiento de estas variables, se hace una clasificación por décadas (**tabla 7-1**), se calculan los promedios de temperatura anual, los registros de precipitación total anual y las desviaciones estándar de ambos. En todos los casos se observa una clara tendencia al aumento. En el caso de la precipitación en las estaciones de las provincias paperas referenciadas anteriormente se observa un promedio de 850 mm en la década del sesenta hasta 1.112 mm en los años promediados del 2000-2013. La desviación estándar muestra un aumento de 60 a 244 mm en las estaciones referenciadas. Estos registros muestran un sustancial cambio de la variabilidad climática en la región de estudio. En el caso de la temperatura el promedio en la década del sesenta es de 11,99°C hasta 13,57°C en el último intervalo estudiado (2010-2013), mientras que la desviación estándar pasa de 0,56 a 0,70.

Tabla 7-1: Promedios y variaciones estándar de precipitación y temperatura por décadas en la región de estudio.

Década	Promedio de Precipitación /año(mm)	Promedio de Temperatura (°C)	Desviación Estándar Precipitación	Desviación Estándar Temperatura
1960-1969	850	11,99	60,6	0,56
1970-1979	897	12,70	99,2	0,44
1980-1989	775	12,74	97,3	0,32
1990-1999	836	13,47	126,1	0,57
2000-2009	902	13,14	146,5	0,55
2010-2013	1.112	13,57	244,3	0,70

7.1.1 Comparación de variables para el cultivo de papa

Los valores de producción y área sembrada de papa en el departamento de Cundinamarca entre 2000 y 2013 se muestran en la **figura 7.2**, donde puede apreciarse el paulatino descenso del área sembrada, en cerca de 15.000 hectáreas y una producción de papa que ronda 1,2 millones de toneladas con significativas fluctuaciones en la producción alrededor de 200.000 toneladas al año.

Sobresale el caso de la producción del 2010 (calculada entre el segundo semestre de 2009 y el primero de 2010), que alcanzó 1,38 millones de toneladas y es el más alto de la serie, cabe mencionar que entre el año 2009 y el año 2010 se observó la influencia del fenómeno EL Niño moderado. Las series más altas de precipitación se encuentran en 2011 (segundo semestre de 2010 y primero de 2011 período en el que se observó la influencia del fenómeno La Niña moderada) y 2012 (primer semestre de 2011 y primero de 2012 período en el que se observó la influencia del fenómeno La Niña débil) que sobrepasaron los 1000 mm/año y acompañaron un notable decrecimiento en los rendimientos reportados en el año 2010. La alta producción del 2010, también estuvo acompañada del aumento del precio de venta al consumidor en un 3,5% lo que permite pensar en actividades especulativas en la comercialización. La alta producción se mantuvo en 2011 pero estuvo acompañada de una caída drástica en los precios que probablemente se debió a la sobreoferta del tubérculo (**figura 7.2**).

En la parte izquierda de la **figura 7-1** se encuentra la escala de rendimientos de las cosechas en toneladas por año ($txha^{-1}$) en Cundinamarca, y de temperatura en grados

celsius (°C) en el área seleccionada mientras que en la derecha están las unidades de la precipitación en milímetros de agua (mm/año) en el área seleccionada y de precios al consumidor en pesos constantes por kilogramo (\$/kg). Los registros de precipitación y temperatura se acomodaron a las cifras anuales de producción y área sembrada del DANE, en el sentido de que éstas se calculan entre el primer semestre del año en referencia y el segundo semestre del año anterior.

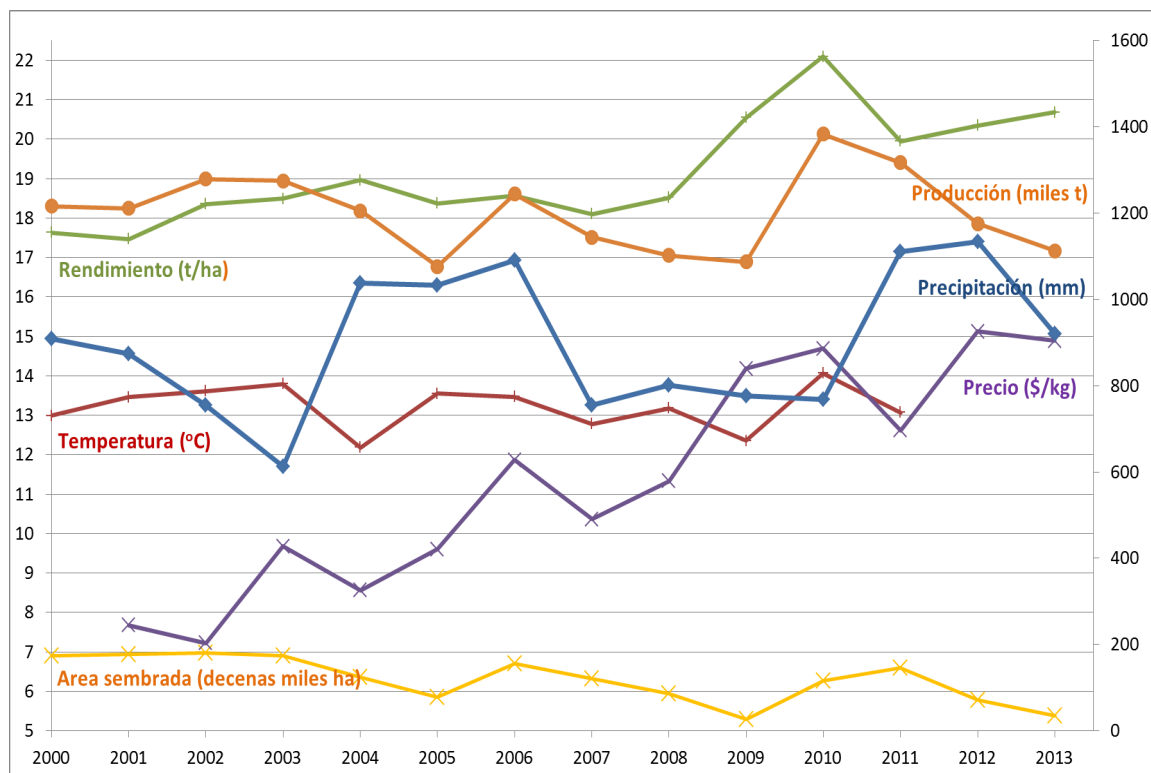


Figura 7-2: Variables climatológicas, rendimientos en las provincias de Almeidas, Ubaté, Guavio y Sabana Centro de Cundinamarca, producción y área sembrada en Cundinamarca y precios de papa. Años 2000-2013.

Fuente: El autor con datos de MADR (2015) y CAR (2015).

Contrario a lo que podría pensarse, los años con caídas en las áreas sembradas no siempre son precedidos de años con bajos precios. La caída del área sembrada en el 2005 (El Niño débil) sí estuvo precedida de un año con bajos precios, pero este comportamiento no es observable en las caídas del 2009 y 2013, lo que permite pensar que el precio de venta al consumidor no es la única variable que incide sobre las

decisiones de siembra de los productores. También pueden incidir variables como las expectativas sobre el clima, el rendimiento y el panorama de los costos de producción.

Las líneas de tendencia en la producción y área sembrada son decrecientes, lo que puede ser explicado parcialmente con el aumento paulatino de los rendimientos sumado a la caída del consumo *per cápita* de papa como fue mencionado anteriormente.

Los años con baja producción de papa en Cundinamarca (2005, 2008, 2009, 2013) no coinciden con los años en los que se encuentran incrementos de precios particularmente altos. Dicho de otra manera, de acuerdo a la **figura 7-2** los precios constantes mantienen una tendencia al alza, que no se ve alterada con los años de baja producción. Lo que sugiere la existencia de un oligopsonio en el mercadeo de la papa de acuerdo a las referencias consultadas anteriormente. (Ramírez y Martínez, 2004, Superintendencia de Industria y Comercio, 2011, Martínez, 2005)

En primer lugar se observa una tendencia creciente en el rendimiento del cultivo de papa, en el que se agrupan todas las variedades, incluyendo las de uso industrial que se caracterizan por tener cultivos altamente tecnificados y por rendimientos que alcanzan las 40 toneladas por hectárea. El rendimiento tiene un incremento desde el año 2007 en el que se registran 18 txha^{-1} hasta 22 txha^{-1} en el año 2010. Después de esto, el rendimiento cae a 20 txha^{-1} en el año 2011 y se recupera levemente en el año 2012.

De acuerdo con las entrevistas realizadas a agricultores de papa de Cundinamarca⁵, el notable crecimiento en los rendimientos de papa desde el 2008 que superan rendimientos de 20 txha^{-1} , se debe en buena medida a la introducción de nuevas variedades, entre las cuales aparece la *pastusa suprema*, variedad de aplicación industrial desarrollada en la Universidad Nacional de Colombia (Unimedios, 2013) y la variedad *pastusa superior* desarrollada por campesinos del oriente de Bogotá.

Los registros de precipitación oscilan en un intervalo entre los 600 mm (2003) y 1.100 mm (2012) por año. De la curva puede apreciarse una tendencia creciente que será analizada posteriormente.

⁵ Julio Gómez, Dirigente del comité regional de productores de papa de oriente y Pedro Briceño líder de la central cooperativa de productores de papa.

Los registros de temperatura disponibles que llegan hasta el año 2011, oscilan entre 12°C y 14°C. No se encuentra correspondencia predominante entre años de alta precipitación y bajas temperaturas.

En el caso de los precios constantes al consumidor, se encuentra una tendencia creciente en el intervalo de tiempo de estudio. Se tienen 203 pesos/kilo en el año 2.002, mientras que en el año 2.012 es de 926 pesos/kilo, lo que significa un incremento del 356%, que contrasta con el incremento de los rendimientos del 17%.

A partir del 2007 se observa un notable aumento de los rendimientos, de 18 txha⁻¹ a 22 txha⁻¹ en 2010, mientras que la precipitación se mantiene alrededor de 800 mm/año. A partir del aumento de las precipitaciones del año 2011 y 2012, hasta 1100 mm/año, los rendimientos disminuyen 2 txha⁻¹, lo que sugiere una posible afectación de los rendimientos de los cultivos con el aumento de la precipitación.

A partir de la información de campo recolectada, los rendimientos de la papa logrados a partir del 2007, causados presumiblemente con la introducción de nuevas variables, disminuyó luego (2011) por los niveles altos de precipitación que pudieron influir en el metabolismo de la planta o en la incidencia y severidad de enfermedades relacionadas con el aumento de la humedad y la saturación de los suelos, en particular la gota de la papa.

Puede pensarse a partir de los rendimientos hasta el año 2011, que el cultivo de papa en el área de estudio cuenta con un grado de resiliencia (ver definición en anexos) que le permitió mantener e incluso incrementar los rendimientos a pesar de las notables variaciones en el régimen de precipitación durante el período de estudio. No obstante, cabe preguntarse por la afectación progresiva en la vulnerabilidad de los cultivos con las continuas afectaciones de las variaciones del clima.

La comparación simultánea entre precios, rendimientos y precipitación plantea los siguientes cuestionamientos:

La primera suposición que se plantea desde las leyes de la oferta y la demanda, es que con los cambios (aumentos o disminuciones drásticas) en los regímenes de lluvia se afectan los rendimientos disminuyéndolos y estos a su vez, afectan los precios al alza. Esta suposición no se cumple en ninguno de los casos observados exceptuando el año

2003, en el que una caída de los rendimientos del 3% estuvo acompañada de incrementos del 20% en los precios. Se observa que las variaciones de la precipitación por lo general están acompañadas de variaciones drásticas en los precios sin que estén acompañadas de cambios proporcionales en los rendimientos, como sucede en los años 2002-03 (El Niño moderado), 2003-04 y 2006-07 (El Niño débil). Lo anterior permite pensar en ciclos especulativos relacionados con las variaciones drásticas de la precipitación que han significado aumentos notables de los precios al consumidor.

Se observa también que los incrementos de precios relacionados con los cambios del clima no se contraen de igual manera cuando pasa el efecto climático al siguiente año. En el año 2003 el precio se incrementó 87% en relación con una drástica caída de la precipitación que llegó a los 680 mm, mientras que no se observaba un cambio significativo en los rendimientos. En el año 2004 el precio se redujo 31% y lo mismo puede observarse entre los años 2005-07, 2009-11 y 2011-2013. El resultado, como se ha mencionado antes, ha sido el incremento del 44% en el precio al consumidor del kilogramo de papa durante el período de estudio (2000-2013).

Este comportamiento se corrobora con los trabajos previos abordados (Ramírez y Martínez, 2004, Superintendencia de Industria y Comercio, 2011, Martínez, 2005), que señalan que la estructura de comercialización es oligopsónica, lo que potencialmente generaría ciclos de especulación e incremento de precios. De acuerdo a esta hipótesis, puede suponerse que las variaciones del clima significan una mayor vulnerabilidad por especulación de precios para los sectores sociales con menores ingresos. Por lo tanto, en el contexto de la mitigación del cambio climático y sus efectos para la seguridad alimentaria, se puede sugerir la adopción de medidas que permitan establecer cadenas de comercialización de comercio justo, que aseguren precios de sustentación para los agricultores y controlen los ciclos especulativos. Estas medidas pasan por encadenamientos en postcosecha, distribución y transporte y comercialización al menudeo en condiciones de regulación de precios en concordancia con los escenarios del comportamiento del clima a corto plazo (menos de un año).

Contrario a lo que podría pensarse, los años con caídas en las áreas sembradas no siempre son precedidos de años con bajos precios. La caída del área sembrada en el 2005 sí estuvo precedida de un año con bajos precios, pero este comportamiento no es observable en las caídas del 2009 y 2013, lo que permite pensar que el precio de venta

al consumidor no es la única variable que incide sobre las decisiones de siembra de los productores. También pueden incidir variables como las expectativas sobre el clima, el rendimiento y el panorama de los costos de producción.

Las líneas de tendencia en la producción y área sembrada son decrecientes, lo que puede ser explicado con el aumento paulatino de los rendimientos y la caída del consumo *per cápita* de papa como fue mencionado anteriormente.

Tabla 7-2 Variaciones porcentuales anuales de las variables en las provincias de Almeidas, Ubaté, Guavio y Sabana Centro de Cundinamarca. Años 2000-2013.

	Precipitación	Rendimiento	Temperatura	Precio	Rend.- precio	ENOS
2001	-3,9%	-0,9%	-3,3%	-30,6%	D	La Niña débil
2002	-13,7%	5,1%	3,6%	-27,9%		Normal
2003	-18,7%	0,7%	1,2%	88,6%	D	El Niño moderado
2004	69,2%	2,5%	1,3%	-30,8%		Normal
2005	-0,4%	-3,1%	-11,7%	19,8%		El Niño débil
2006	5,7%	1,1%	11,3%	40,1%	D	Normal
2007	-30,9%	-2,6%	-0,6%	-25,6%	D	El Niño débil
2008	6,2%	2,3%	-5,1%	12,5%	D	Normal
2009	-3,1%	10,9%	3,2%	35,3%	D	Normal
2010	-1,1%	7,5%	-6,3%	3,5%	D	El Niño moderado
2011	44,8%	-9,7%	13,9%	-23,7%	D	La Niña moderado
2012	2,0%	2,0%	-7,1%	28,9%	D	La Niña débil
2013	-18,9%	1,6%	-100,0%	-4,0%		Normal

D: Año en los que se encuentra las misma tendencia entre rendimientos y precios.

De acuerdo con el comportamiento de las variables observadas, también se puede pensar en la adopción de especies mejoradas no garantiza necesariamente el aumento de la resistencia al clima. Las especies introducidas pueden significar el incremento de los rendimientos, pero las variaciones del clima que tenderían a ser cada vez más extremas, permite pensar que las incremento de los rendimientos se verían comprometidos por la combinación de factores dependientes del clima como: la afectación al metabolismo de la planta, la incidencia de plagas y enfermedades o la afectación de las condiciones del cultivo (inundaciones, erosión), que implican un contexto de alta complejidad y dinamismo que no puede ser enfrentado sólo con la introducción de especies mejoradas.

7.1.2 Comportamiento de las variables frente al fenómeno ENOS

Con el objeto de observar la relación entre las variables de estudio en el caso del cultivo de papa en la región de estudio y los fenómenos ENOS, se compararon las variables en los años afectados por los fenómenos El Niño y La Niña con las variables en años en los que no se presentaron estas influencias. La línea base se elaboró con los promedios de las variables desde el año 1987 en el caso de la temperatura y precipitación y a partir del año 1997 en el caso de rendimientos y precios. A partir de estos promedios, se calculó la variación año por año de acuerdo a la influencia de los fenómenos El Niño y La Niña, estas variaciones se promediaron en cada caso.

Tabla 7-3. Clasificación de años por tipos de fenómeno ENOS

Intensidad	Débil	Moderado	Fuerte
El Niño	94-95, 04-05, 06-07	86-87, 87-88, 91-92, 02-03, 09-10	88-89, 97-98
La Niña	95-96, 00-01, 11-12	98-99, 99-00, 07-08, 10-11	
Normal	89-90, 90-91, 92-93, 93-94, 96-97, 01-02, 03-04, 05-06, 08-09.		

Fuente: Climate Prediction Center. National Oceanic and Atmospheric Administration. 2017. http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

Tabla 7-4. Línea base de las variables a partir de los años normales

Variable	Precipitación	Temperatura	Rendimientos	Precio
Unidades	mm	°C	Txha ⁻¹	\$/kg
Promedio línea base (años normales)	855,2	13,1	18,6	577,8

De acuerdo a esta línea base, se calcularon las variaciones de cada año, los promedios de las variaciones para los años influenciados por los fenómenos El Niño y La Niña se presentan a continuación:

Tabla 7-5. Promedio de las variaciones porcentuales de los años ENOS frente a la línea base.

	Precipitación	Temperatura	Rendimientos	Precio
El Niño	-10,6%	3,8%	-7,4%	-9,7%
La Niña	9,3%	1,3%	-5,2%	7,4%

De acuerdo a los resultados, bajo la influencia del fenómeno El Niño aparece la disminución de la precipitación y el aumento de la temperatura, así como la caída de los rendimientos y los precios. Bajo la influencia de La Niña se encuentra el incremento de la

precipitación y de la temperatura, la disminución de los rendimientos y el aumento de los precios. En ambos casos se encuentra la caída de los rendimientos, aunque mas alta (-7,4) en los años bajo la influencia de El Niño. De lo anterior se puede plantear que la influencia de el fenómeno El Niño es más clara sobre los rendimientos y precios del cultivo de papa en la región y el período de estudio, por cuanto la caída de precipitación puede tener una influencia mas fuerte sobre los rendimientos.

7.1.3 Análisis por municipios productores

La información disponible a nivel municipal se restringe a información semestral de áreas, producción y rendimientos en los años 2007-2012, incluida en las encuestas nacionales agropecuarias realizadas por el DANE. Se seleccionaron las series con menos vacíos de información, mientras que en los casos en los que hay varias estaciones por municipios se promediaron los datos de temperatura y precipitación.

Tabla 7-6. Variaciones significativas en rendimientos.

	Incremento de rendimientos (2000-2013)	Semestre con mayor caída de rendimientos	% de caída de rendimiento en el peor semestre	Semestre con mayor precipitación
Chocontá	83,5%	2010B	-7%	2011A
Cogua	57,6%	2012B	-18,2%	2011A
Guasca	-1,2%	2012B	-36,4%	2011A
Sesquilé	31,6%	2012B	-20%	2011A
Villapinzón	72,2%	2009B	-6,7%	2011A
Zipacquirá	35,2%	2011A	-34,4%	2011A

A: Primer semestre del año. B: Segundo semestre del año.

En términos generales, se encuentra un crecimiento paulatino en los rendimientos entre 2009 y 2012 en la misma región (centro norte de Cundinamarca), lo que corrobora el incremento de los rendimientos en función de la introducción de nuevas variedades, a pesar de los notables incrementos de precipitación observados entre el segundo semestre del año 2010 y el primer semestre del 2011.

Los rendimientos del cultivo de papa en los municipios estudiados, salvo el caso de Guasca, tuvieron incrementos notables durante el período 2000 - 2010. No obstante se observa una drástica caída de los rendimientos entre el año 2011 y 2012. El primer semestre del 2012 es el período en el que más casos se presentaron, en particular en los municipios de Cogua, Guasca, Sesquilé, con lo que se puede afirmar que el exceso de precipitación reportado en el primer semestre de 2011 y el segundo semestre del 2010

afectó de manera directa a los cultivos de papa. No se puede descartar el efecto acumulado que pudieron tener las lluvias a lo largo del 2011 por el aumento de enfermedades como la gota.

Tabla 7-7. Máximos y mínimos en rendimientos y precipitaciones en los municipios seleccionados.

Municipio	Rendimiento mínimo (t/ha) - año - semestre	Precipitación mínima(mm) - año - semestre	Rendimiento máximo (t/ha) - año - semestre	Precipitación máxima (mm) - año-semestre
Chocontá	16 - 2007 - A	396 - 2007 - A	31 - 2012 - A	754 - 2011 - A
Cogua	15 - 2007 - A	292 - 2007 - A	25 - 2011	804 - 2010 - B
Guasca	14 - 2012 - A	263 - 2009 - B	22 - 2011	607 - 2011 - A
Sesquilé	18 - 2007 - A	350 - 2009 - A	25 - 2010 - B	732 - 2011 - A
Villapinzón	15 - 2006 - B	274 - 2009 - B	26 - 2010 - A	712 - 2011 - A
Zipaquirá	13 - 2011 - A	346 - 2009 - A	27 - 2009 - A	887 - 2011 - A

A: Primer semestre del año. B: Segundo semestre del año.

Los semestres con más baja pluviosidad no coinciden con los peores rendimientos, salvo el caso de Chocontá y Cogua, que en el primer semestre del 2007 (2007A) tienen rendimientos notablemente bajos. En el caso de los picos de precipitación tampoco se encuentra correspondencia con los picos de rendimientos salvo en el caso de Guasca.

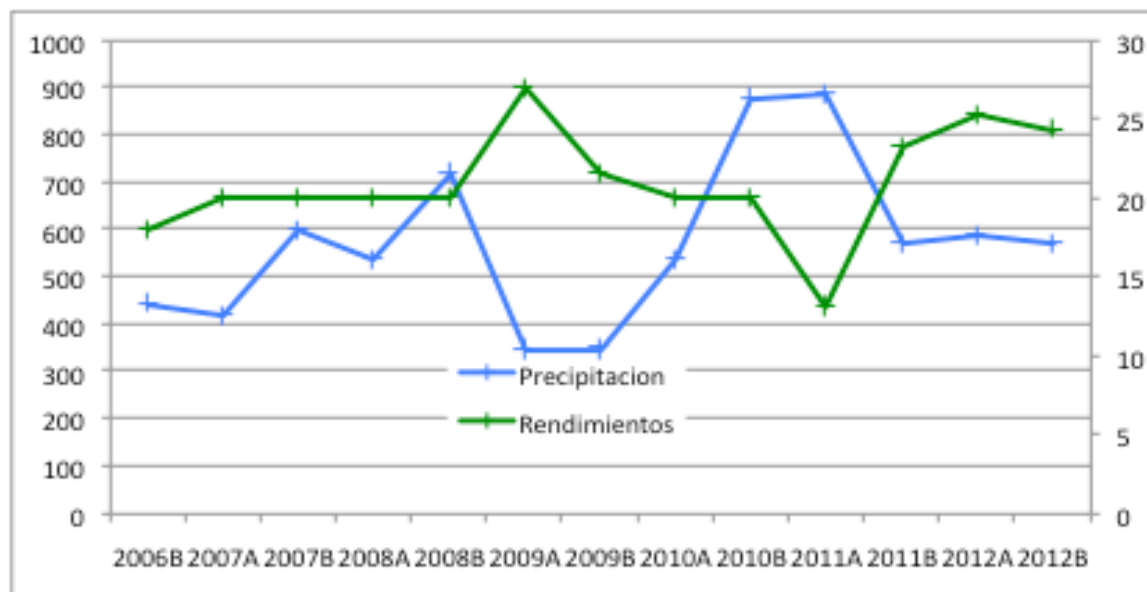


Figura 7-3: Precipitación y rendimientos semestrales del cultivo de papa en Zipaquirá. Años 2006-2012.

Por ejemplo en el caso de Zipaquirá se pueden observar las variables precipitación y rendimientos para el período en el que se obtuvo la información. De acuerdo con la **figura 7-3**, la caída de precipitación semestral durante el año 2009 cercano a los 350 mm estuvo acompañada del incremento del rendimiento hasta 27 toneladas por hectárea. El incremento de la precipitación en el segundo semestre de 2010 y el primer semestre del 2011, está acompañado con la caída de los rendimientos a 13 txha⁻¹ en el primer semestre del 2011. En los siguientes períodos la precipitación semestral promedio de 575 mm está acompañada de rendimientos alrededor de 24 txha⁻¹. Este comportamiento se hace claro desde el año 2009. No obstante se observan años (2006-2008) en los que los registros de rendimientos generan dudas sobre su confiabilidad, ante la clara inalterabilidad y las características mismas de los registros.

En el municipio de Cogua se observa la tendencia de aumento de rendimientos frente a la disminución de la precipitación en el año 2009, aunque con el incremento de la precipitación de los años 2010 y 2011 los rendimientos también se incrementan. Las caídas de los rendimientos de los semestres 2010A y 2012A aparentemente no tienen relación con la precipitación.

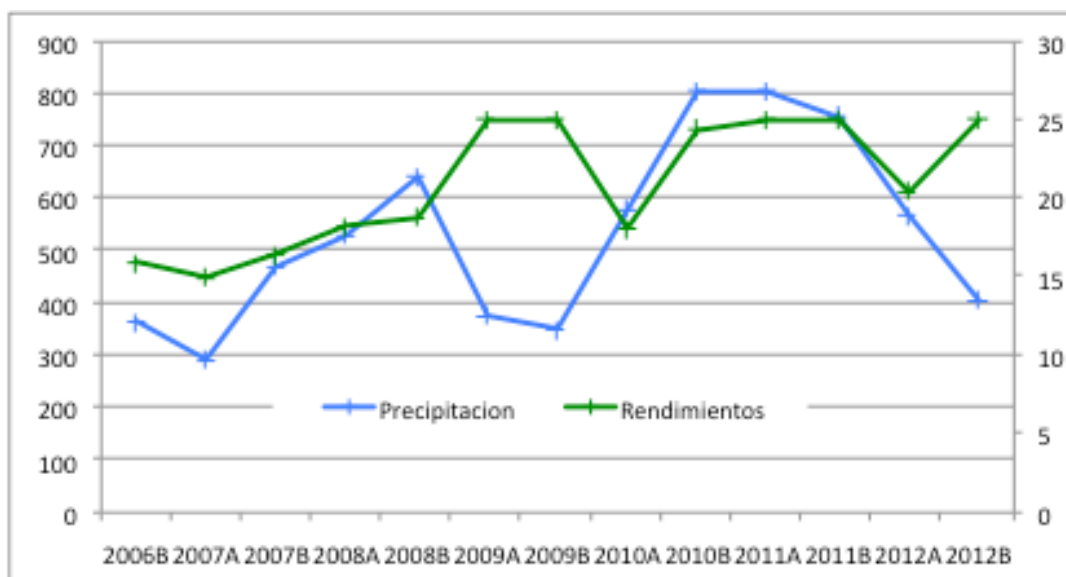


Figura 7-4: Precipitación y rendimientos semestrales del cultivo de papa en Cogua. Años 2006-2012.

Las variables de precipitación y rendimientos semestrales entre 2007 y 2012, en los municipios de Chocontá, Sesquilé, Villapinzón, Guasca, Zipaquirá y Cogua, presentan las siguientes tendencias:

Se observa un incremento en los rendimientos durante el primer semestre del año 2009, que oscilan entre el registro de Chocontá del 80% hasta el de Guasca en 13%. El promedio del incremento en el rendimiento en los municipios estudiados en el primer semestre del 2009 es del 36,3%.

De la comparación de los registros de precipitación en todos los municipios se encuentra un pico en el segundo semestre de 2008 que sobrepasa los 700 mm en Zipaquirá, y luego se encuentra un nuevo pico en el segundo semestre de 2010 que alcanza los 900 mm.

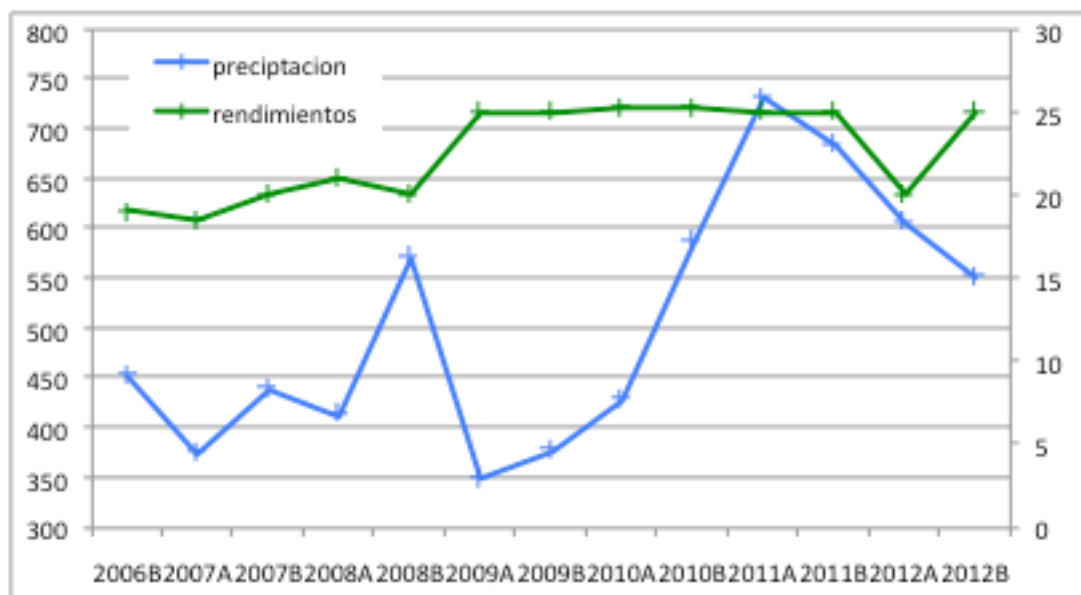


Figura 7-5: Precipitación y rendimientos semestrales del cultivo de papa en Sesquilé. Años 2006-2012.

En todos los casos estudiados se observa un pico en la precipitación el primer semestre del año 2011, que sobrepasa los 700 mm, en un período de precipitaciones notablemente altas que empieza en el segundo semestre del año 2010 y termina en el segundo semestre del año 2011. Este incremento de precipitación acompaña la caída de los rendimientos en la mayoría de los municipios entre los años 2011 y 2012. La caída del

rendimiento en el cultivo de papa en Sesquilé fue del 20% el segundo semestre de 2012 (**figura 7-5**); en Guasca, el 36% el primer semestre del 2012; en Zipaquirá, el 34% el primer semestre de 2011; en Cogua, el 18% en el primer semestre de 2012.

Cabe señalar que existen apreciables diferencias en los registros municipales, a pesar de que son regiones vecinas y cuentan con condiciones espaciales similares. Las diferencias pueden llegar a ser muy significativas en términos del volumen de precipitación anual y pueden no tener las mismas tendencias. En términos generales, Zipaquirá figura como el municipio con mayores registros de precipitación que llegan a los 1000 mm semestrales, mientras que Villapinzón registra los menores registros que pueden llegar a ser de 250 mm semestrales.

Por otro lado, se encuentran años en que los registros de precipitación municipales se distancian claramente de la tendencia regional. Por ejemplo en el segundo semestre del 2009, en el que la tendencia de las precipitaciones iba a la baja, en el municipio de Chocontá se encuentra un pico al alza, o en el primer semestre del año 2008 en el que la tendencia de la mayoría de los municipios es a la baja en las precipitaciones, en Guasca (**figura 7-6**) y Cogua se encontró un incremento en los registros de precipitación.

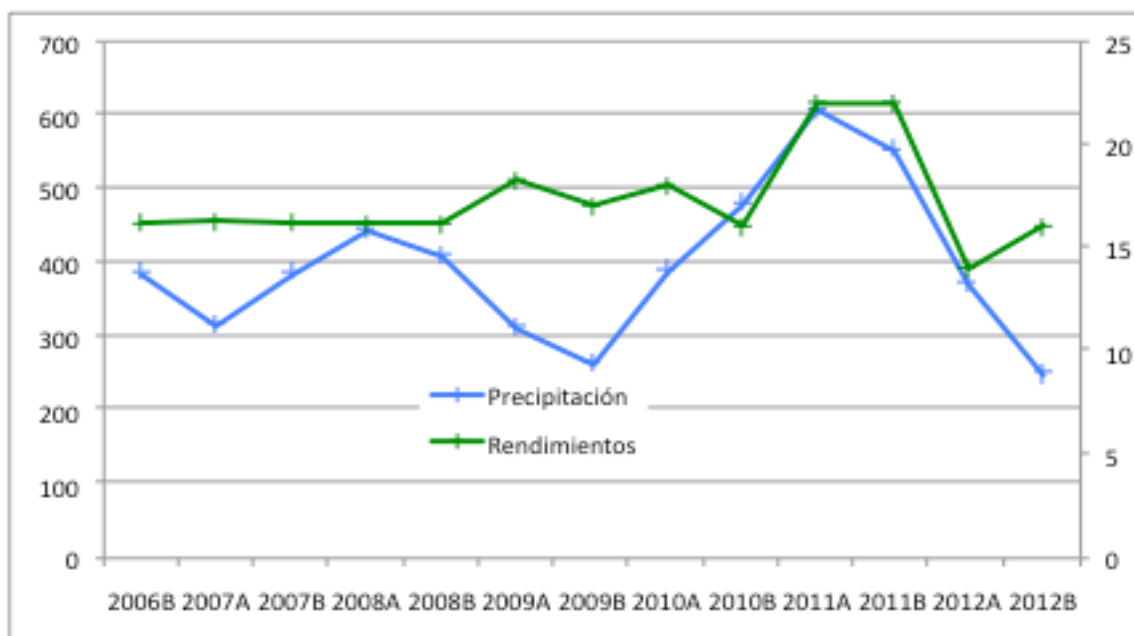


Figura 7-6: Precipitación y rendimientos semestrales del cultivo de papa en Guasca. Años 2006-2012.

Esta apreciación demuestra las limitaciones de los modelamientos a gran escala y sus interpretaciones locales. Existen notables diferencias en los comportamientos del clima en zonas que se encuentran en la misma región, por lo que la predictibilidad y el modelamiento pueden encontrar serias limitaciones a estas escalas. Lo anterior se suma al hecho de que existen importantes vacíos de información, que limita también los modelamientos, no sólo en términos climatológicos, sino también en los registros de producción de alimentos y áreas de cultivo, que ante las metodologías de muestreo también tienen limitaciones de precisión a escala municipal.

7.2 Análisis del cultivo de arroz

7.2.1 Análisis de la variabilidad climática en los promedios establecidos para municipios productores del arroz

En la **figura 7-7** se muestran las variables de precipitación y temperatura para los municipios priorizados en la producción de arroz mecanizado en el departamento del Tolima. Se puede apreciar inicialmente el aumento de los intervalos de precipitación por debajo de los 1000 mm anuales, de los 1150 mm en promedio en la década del 70 se pasan a 1074 mm en la primera década del siglo XXI, implicando una reducción del 6,6%.

Se observa que los años de baja precipitación se están intensificando en los últimos años. Se encuentra que en el año 1992 se encuentra un registro mínimo de 692 mm, patrón que empieza a intensificarse, en el año 1997 se encuentra un mínimo de 795 mm, mientras que entre los años 2004 y 2006 se tienen precipitaciones inferiores a 1000 mm. Los promedios por década tienden a disminuir, así como los años de precipitación baja tienden a aumentar.

Se observa relación entre los picos de precipitación y de temperatura, en los años de precipitación baja, la tendencia es al registro de temperaturas altas. El promedio por década de temperaturas se mantiene alrededor de los 26°C (26,4°C en los 70`s a 26,6°C en la primera década del 2000). Con la caída de la precipitación anual también se empiezan a registrar picos de temperatura promedio anual, sobrepasando los 27°C.

Del cálculo del promedio y desviación estándar de la precipitación y temperatura (**tabla 7-8**), se encuentra una tendencia decreciente en la precipitación, disminuyendo 47 mm entre las décadas del 80 y la primera del 2000. Mientras que la desviación estándar de esta variable aumenta de manera sostenida (149mm a 209 mm), lo que muestra la intensificación de los años lluviosos y especialmente de los períodos de sequía.

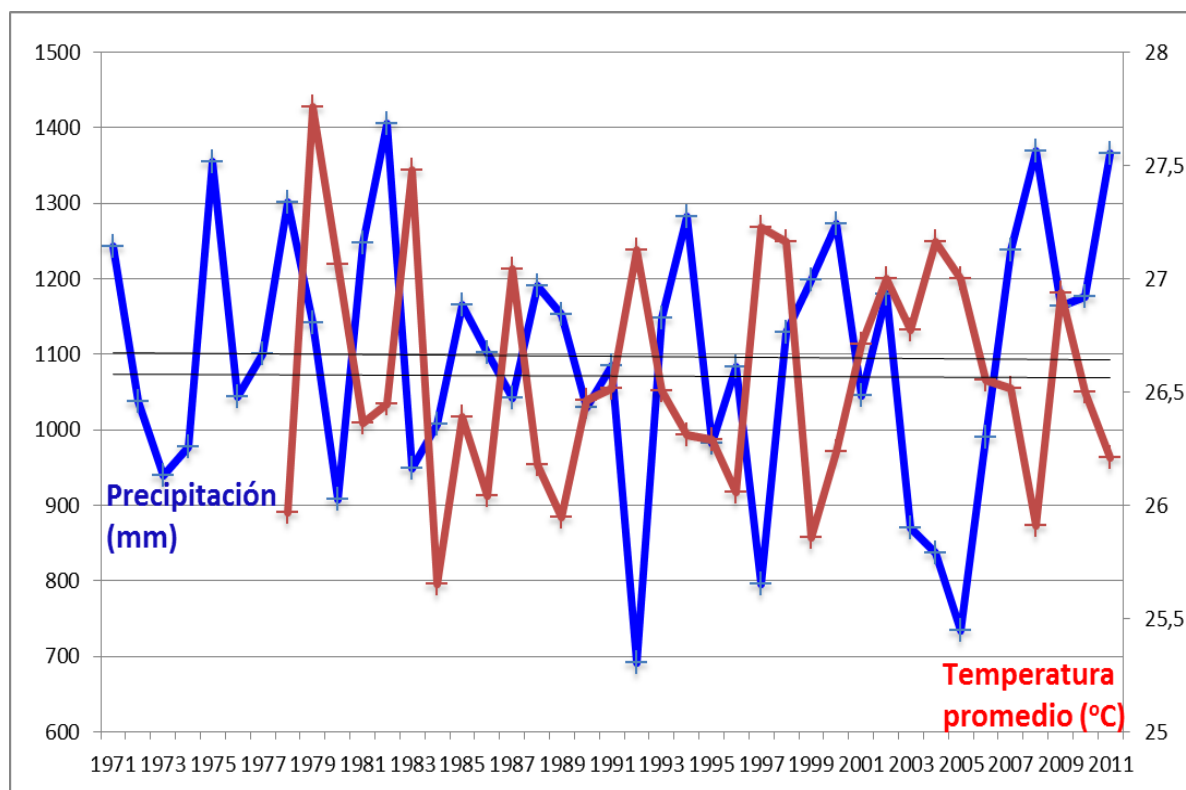


Figura 7-7: Precipitación y temperatura en estaciones climatológicas seleccionadas en municipios productores de arroz del Tolima. Años 1960-2013.

Tabla 7-8: Promedio y desviación estándar de variables en estaciones seleccionadas.

Década	Promedio P	Desv. Est. P	Promedio T	Desv. Est. T
1970-1979	1.115	145	26,6	1,27
1980-1989	1.117	149	26,5	0,57
1990-1999	1.042	180	26,6	0,47
2000-2009	1.070	209	26,7	0,39
2010-2013	1.074	241	26,4	0,20

7.2.2 Comparación de variables para el cultivo de arroz

En la **figura 7-8** se observa los valores de producción y área sembrada de arroz en el departamento del Tolima en el intervalo de estudio. A primera vista sobresale el incremento del área sembrada que se incrementó alrededor del 25% entre 2007 y 2009, que aparentemente buscaba compensar la caída de los rendimientos que se empezaron a observar en 2007. La caída en la producción se hace evidente en el año 2010 con 150 mil toneladas menos respecto al año anterior, que también estuvo acompañada con la caída del área sembrada de 10 mil hectáreas, lo que probablemente fue causada por la caída de los rendimientos y el incremento de los costos.

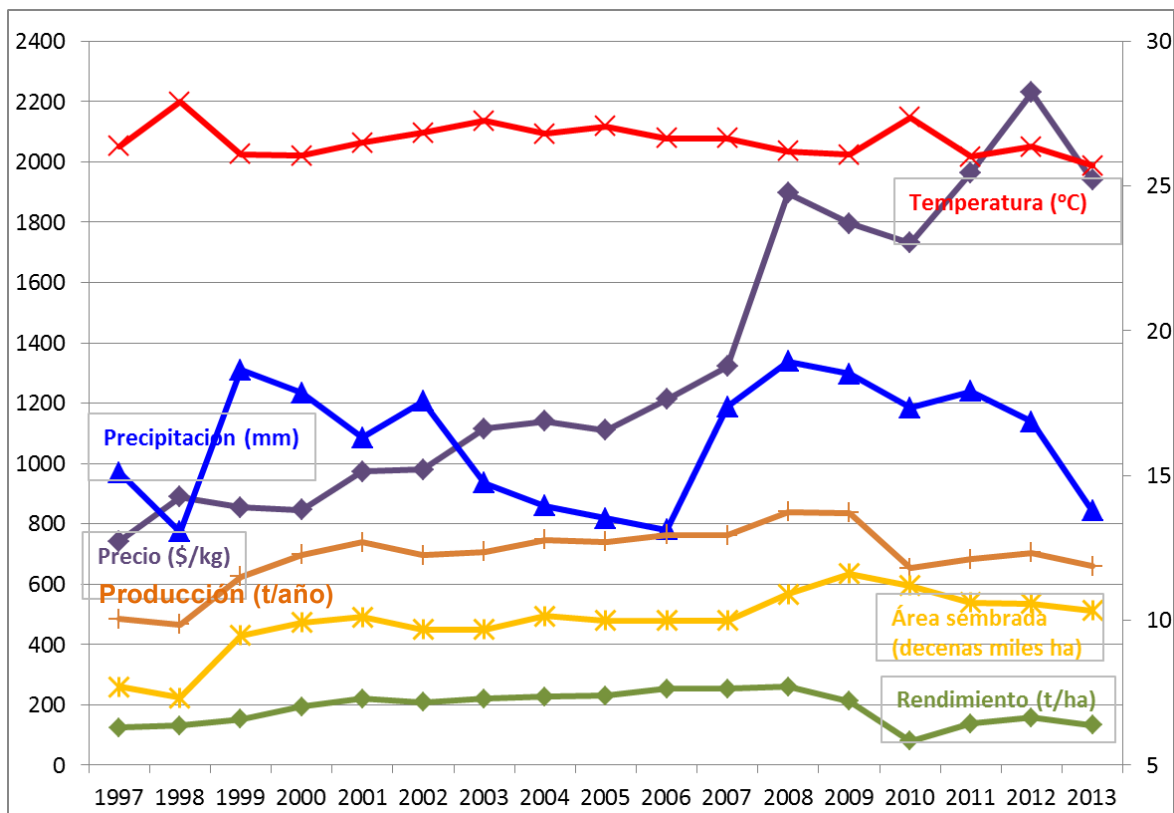


Figura 7-8: Variables climatológicas, rendimientos en las provincias de Ibagué y Suroriente del Tolima, producción y área sembrada en Tolima y precios de arroz. Años 2000-2013

Fuente: El autor con datos de MADR (2015) y CAR (2015).

A partir del año 2007 los precios se incrementaron de manera notable, llegando a casi duplicar los niveles del año 2005, lo que probablemente puede ser explicado con la caída de los rendimientos de la producción.

Con las drásticas caídas en la producción de arroz en el Tolima en el 2010 y en la producción a nivel nacional (20% entre 2009 y 2010), se podría pensar en importaciones que compensaran el mercado frente a la demanda y contuvieran el aumento de los precios. Sin embargo los registros de importaciones en el año 2010 fueron de 6.298 toneladas, el 0,28% del total nacional, en tanto que el precio bajó significativamente frente al año anterior (5%). Esto puede ser explicado con las operaciones de contrabando, lo que de acuerdo a la prensa⁶ de la época provenía de Ecuador en cantidades significativas pero sin cuantificar, práctica que pudo continuar hasta el 2013, años durante los cuales los niveles de producción se mantuvieron bajos rondando los 2,2 millones de toneladas. La caída en los rendimientos del arroz pudo generar déficits en el mercado interno y pudieron propiciar movimientos de contrabando desde otros países.

Del análisis conjunto de variables climáticas de precipitación (mm) y temperatura (°C), rendimiento (t/ha) y precio (\$/kg), en los municipios seleccionados del departamento del Tolima (**figura 7-8**), se encuentran las siguientes tendencias:

La serie de precipitación tiene un promedio de 1.082 mm en el intervalo de estudio (2000-2013). El valor mínimo se registra en el año 2006 con 778 mm y el máximo en 2008 con 1338 mm La serie muestra dos momentos de intensificación de lluvias: el primero entre los años 1999 al 2002 en el que se incrementan las precipitaciones llegando a tener un promedio de 1209 mm y el segundo momento desde el 2007 hasta el 2012, en el que se llega a un promedio de 1231 mm.

La serie de temperatura encontrada oscila entre los 25°C y 27°C, con un promedio de 26,5°C. Tiene dos picos, en los años 1998 y 2010, con temperaturas medias de 27,9°C y 27,4°C respectivamente.

La serie de rendimientos muestra un promedio de 7,07 ton/ha, con valor máximo en el intervalo de estudio de 7,64 t/ha reportado en el año 2007 y el mínimo de 5,84 t/ha en el

⁶ Contrabando como arroz. El Espectador. 25 de agosto de 2012.

año 2010. Los rendimientos muestran dos tendencias: la primera desde el año 1997 (primer año en el que se encuentran reportes) hasta 2008 en el que se encuentra un incremento sostenido de los rendimientos que pasaron desde 6,29 ton/ha hasta 7,70 ton/ha respectivamente. Desde el año 2009 hasta el 2013 se encuentra una significativa caída de los rendimientos, llegando a niveles similares a los del inicio de la serie (6,39 ton/ha).

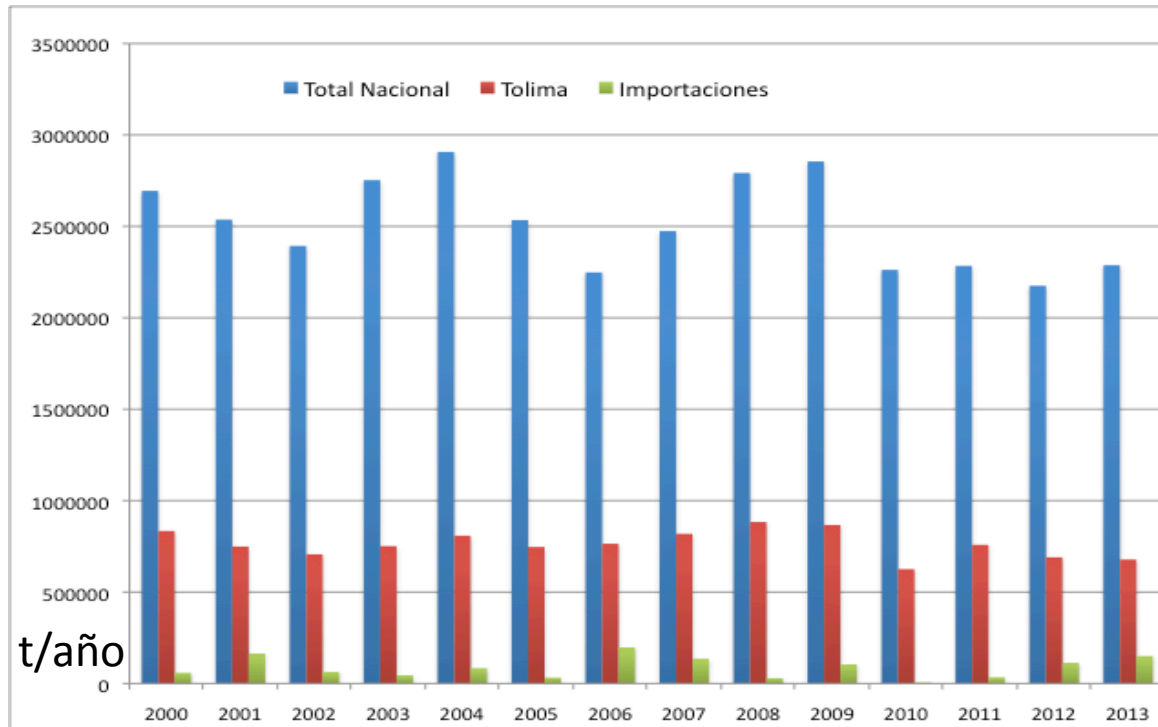


Figura 7-9: Producción de arroz total nacional y del Tolima e importaciones. Años 2000-2013.

Fuente: Dane y Fedearroz.

La serie de precios constantes al consumidor del arroz paddy blanco muestra una tendencia creciente, que empieza en \$400 en el año 2000 y termina alrededor de \$2500 pesos en el año 2013. La única caída de los precios se registra en el año 2010 equivalente al 18% del año anterior.

El aumento de la precipitación anual por encima de los 1000 mm anuales desde el año 2007, se sostiene hasta el año 2012 y coincide con una tendencia decreciente desde el año 2008 de los rendimientos que bajan de 7,5 ton/ha a menos 6,5 t/ha en el 2010. Con

el incremento del 12,8% de la precipitación entre los años 2007-2008 también se encuentra un incremento de los precios en 43%.

Al analizar las variaciones porcentuales anuales de las variables citadas, se encuentra correspondencia entre los regímenes de precipitación y rendimientos, con dos intervalos marcados: uno hasta el año 2008 en el que la disminución de la precipitación significaba el incremento de los rendimientos y viceversa. En el año 2001 por ejemplo, el decrecimiento de la precipitación en 12% se vio acompañado con el incremento del 4% en los rendimientos, evidenciando la influencia de la precipitación en los rendimientos del cultivo del arroz.

En el año 2007, año en el que se incrementa el 52,1% la precipitación respecto al año anterior, sobrepasando los 1000 mm/año, cambia la tendencia, y los rendimientos sufren una sensible caída. En el intervalo 2000-2008 el promedio del rendimiento nacional es de 7,22 ton/ha, mientras que en el intervalo 2009-2013 el rendimiento promedio es de 6,5 ton/ha, significando una caída del 10%. En este último intervalo la precipitación promedio fue 1140 mm, mientras que en el anterior fue de 1049 mm.

Tabla 7-9: Variaciones porcentuales anuales de las variables en el caso del arroz. Años 2000-2013.

Año	Precipitación	Temperatura	Rendimiento	Precio	Precipitación -rendimiento	Rendimiento -precio
2000	-5,9%	-0,2%	6,6%	-0,9%		
2001	-12,0%	1,7%	4,0%	15,0%		D
2002	11,1%	1,3%	-1,7%	0,8%		
2003	-22,5%	1,6%	1,6%	13,7%		D
2004	-8,0%	-1,6%	0,9%	2,3%		D
2005	-4,9%	0,9%	0,6%	-2,6%		
2006	-4,6%	-1,5%	3,2%	9,3%		D
2007	52,1%	0,0%	-0,2%	9,0%		
2008	12,7%	-1,7%	0,9%	43,4%	R	D
2009	-3,1%	-0,5%	-6,4%	-5,3%	R	D
2010	-8,7%	5,0%	-19,0%	-3,5%	R	D
2011	4,7%	-5,0%	10,0%	13,4%	R	D
2012	-8,1%	1,3%	3,4%	13,5%		D
2013	-26,0%	-2,5%	-3,9%	-13,0%	R	D

R: Año en el que se encuentra la misma tendencia entre precipitación y rendimientos.

D: Año en los que se encuentra las misma tendencia entre rendimientos y precios.

Fuente: el autor

En la **tabla 7-9** puede apreciarse la relación inversamente proporcional entre la precipitación y los rendimientos entre el año 2000 y el año 2007, donde al parecer las reducciones en la precipitación anual se relacionan con el aumento de los rendimientos. Esto puede ser explicado por la existencia de sistemas de riego en los municipios de estudio, en los que la disponibilidad de agua no es un limitante para la producción (Fedearroz, 2012).

A partir del año 2009 se encuentra un drástico incremento en el precio y una relación directa entre rendimiento y precios, en la que los incrementos en los rendimientos acompañan incrementos en los precios y viceversa. Se presume que la caída drástica total del rendimiento observada en los años 2009 y 2010, y que empezó en el año 2008 en algunos municipios productores (lo que se será estudiado en el siguiente capítulo), implicó un cambio en las políticas de importaciones y de comercialización del grano, mediante las cuales la caída de los rendimientos auspiciaba las importaciones del grano a menores precios.

La anterior situación pone de relieve la relación estrecha y potencialmente conflictiva entre la variabilidad climática, sus efectos y la implementación de políticas comerciales internacionales, lo que demuestra que la toma de medidas de adaptación a la variabilidad climática y la producción alimentaria pasa por un espectro más amplio que el mejoramiento de los rendimientos y del margen de rentabilidad.

7.2.3 Comportamiento de las variables frente al fenómeno ENOS

Con el objeto de observar la relación entre las variables de estudio y los fenómenos ENOS, se compararon las variables en los años afectados por los fenómenos El Niño y La Niña con las variables en años en los que no se presentaron estas influencias. La línea base se elaboró con los promedios de las variables desde el año 1987 en el caso de la temperatura y precipitación y a partir del año 1997 en el caso de rendimientos y precios. A partir de estos promedios, se calculó la variación año por año de acuerdo a la influencia de los fenómenos El Niño y La Niña, estas variaciones se promediaron en cada caso.

Tabla 7-10: Clasificación de años por tipos de fenómeno ENOS

Intensidad	Débil	Moderado	Fuerte
El Niño	94-95, 04-05, 06-07	86-87, 87-88, 91-92, 02-03, 09-10	88-89, 97-98
La Niña	95-96, 00-01, 11-12	98-99, 99-00, 07-08, 10-11	
Normal	89-90, 90-91, 92-93, 93-94, 96-97, 01-02, 03-04, 05-06, 08-09.		

Fuente: Climate Prediction Center. National Oceanic and Atmospheric Administration.

2017. http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

Los resultados de la línea base, calculada a partir de los promedios de las variables en los años normales se muestra a continuación:

Tabla 7-11: Línea base de las variables para el cultivo del arroz a partir de los años normales

Variable	Precipitación	Temperatura	Rendimientos	Precio
Unidades	mm	°C	Txha ⁻¹	\$/kg
Promedio línea base (años normales)	1042,7	26,4	7,01	1301,7

De acuerdo a los resultados anteriores, los promedios de las variaciones porcentuales en los años influenciados por los fenómenos El Niño y La Niña se muestran a continuación:

Tabla 7-12: Promedio de las variaciones porcentuales de los años ENOS frente a la línea base.

	Precipitación	Temperatura	Rendimientos	Precio
El Niño	-5,5%	1,74%	-1,5%	-5,3%
La Niña	17,9%	-1,0%	-1,0%	1,7%

De la tabla anterior, puede observarse el contraste del comportamiento de las variables de acuerdo a la influencia del tipo de fenómeno ENOS. Se corrobora la tendencia bajo la cual los años influenciados por El Niño tienden a ser más secos y calurosos, mientras que los influenciados por La Niña más lluviosos y con menor temperatura. En ambos casos los rendimientos se afectan de manera leve, mientras que en el caso de los años influenciados por El Niño se encuentra la tendencia a menores precios. Este último comportamiento puede verse condicionado por la tendencia a las importaciones en función de las expectativas del clima, lo que puede significar exceso de oferta y tendencia a la caída de precios. La poca relación observada entre los rendimientos y las variaciones de la precipitación se explica por la existencia de sistemas de riego en la región de estudio. El incremento de los precios en los años con la influencia del

fenómeno El Niño pueden estar relacionados con la sobreoferta condicionada por importaciones realizadas ante las expectativas de menores rendimientos en cultivos de secano a nivel nacional.

Con lo anterior, cabe resaltar que aunque la influencia directa de las variaciones climáticas (por ejemplo caídas anuales de precipitación) sobre los rendimientos puede menguarse ante mejoras tecnológicas como el riego, también existen influencias indirectas de la variación climática sobre los cultivos como la intensificación de enfermedades pueden significar importantes afectaciones a los rendimientos.

7.2.4 Análisis por municipios productores

Se grafican los registros de temperatura y precipitación de los municipios identificados como productores y que tienen estaciones climatológicas dentro de las condiciones altitudinales propias del cultivo. Los municipios seleccionados fueron Ibagué, Guamo, Saldaña y Piedras. En la mayoría de los casos se resalta la drástica caída en los rendimientos desde el segundo semestre del 2008 (B), en los municipios de Ibagué, Saldaña y Piedras. En el municipio del Guamo se registra la caída en los rendimientos desde el 2009B.

En términos generales los rendimientos en promedio en estos municipios oscilaban alrededor de 8 ton/ha hasta el 2008, con un pico de 8,38 en 2007A, luego cayeron a 6,24 en el 2012B. Las caídas en los rendimientos no ocurrieron al mismo tiempo en todos los municipios del departamento del Tolima.

Tabla 7-13: Año de caída de rendimientos mayores a 5% en el cultivo de arroz en municipios del Tolima.

Año de caída de rendimientos	Municipios (% caída de rendimiento)
2007B	Coyaima (16%) , Flandes (11,5), Espinal (6%), Lérica(7%), Chaparral (5,5%).
2008A	Armero-Guayabal (23%), Alvarado (22%), Ortega(11,5%).
2008B	Venadillo (16%)
2009A	Prado (6%), Purificación (14%), Saldaña(12,5%), Ambalema(23,5%), Ibagué (14,5%), Piedras (28%).
2009B	Valle de San Juan (17%)
2010A	Guamo (43%)

Fuente: el autor

Al graficar los resultados de la caída de rendimientos, puede observarse que existe un patrón general espacial. Las primeras caídas de los rendimientos se encuentran en Chaparral, Ataco y Coyaima en el sur, Lérica en el Norte, y Flandes y Espinal en el centro oriente del departamento. Dos años después, la caída de los rendimientos se registra en municipios que se encuentran en zonas hacia la planicie en la ribera del río Magdalena, lo que permite pensar que las pérdidas están relacionadas con plagas o enfermedades que pueden estar relacionadas con el incremento de lluvias durante el primer semestre del 2007 que superó los 1000 mm y que se mantuvo hasta el año 2011.



Figura 7-10: Caída de rendimientos por años en municipios del Tolima. 2007-2012.

Fuente: El autor

7.2.5 Vaneamiento de la panícula del arroz (VPA)

De acuerdo a las fuentes citadas, la caída de los rendimientos del arroz en la zona de estudio se debe a una enfermedad conocida como Vaneamiento de la Panícula del Arroz (VPA), consistente en la pudrición de arroz por la acción directa o combinada de varios factores, que van desde la acción de la bacteria *Burkholderia glumae*, la acción de ácaros u otros factores (Laing, 2015). Lo que sí parece coincidir en los diferentes esfuerzos por combatir esta enfermedad, es que las variaciones del clima han sido un factor determinante en el crecimiento de la incidencia del VPA.

De acuerdo con Laing (2015) esta enfermedad es causada por la acción bacteriana que se multiplica en condiciones favorables, causando pérdidas en el rendimiento de hasta el 80%. Estas condiciones oscilan entre los 32 y 37°C y una humedad relativa superior al 80%, las cuales pueden estimular la agresividad de las bacterias *Burkholderia glumae* y *B. gladioli* (LSU, 2009) y otros agentes patógenos (ICA, Res 2701 de 2011). Otras investigaciones realizadas plantean las posibles asociaciones del ácaro *Steneotarsonemus spinki* y el hongo *Sarocladium oryzae* (Fontagro, 2011). En todas las hipótesis, aún en debate, las condiciones climáticas se plantean como un catalizador del aumento de la agresividad de la enfermedad, donde no es la aparición de nuevos microorganismos, sino que son los que ya hacen parte de la población microbiana asociada al arroz los que aumentan su virulencia en condiciones climáticas específicas.

Además de la influencia de la incidencia del clima, se identifican las aplicaciones indiscriminadas de agroquímicos que ocasionan la disminución o desaparición de controladores biológicos, insectos benéficos y predadores dejando libre la proliferación de plagas capaces de generar resistencia y aumentar sus poblaciones aún bajo la presión de plaguicidas (Laing, 2015).

Esta enfermedad fue identificada por primera vez en Japón en 1956. Las primeras epidemias mundiales serias sucedieron en el continente asiático en los años 1995 y 1996 en los países de China, Taiwán, Corea, India, Filipinas y Tailandia. En Estados Unidos, en particular en los estados de Luisiana, Arkansas y Mississippi, se hizo presente en los años 1996 y posteriormente en 2005. El primer caso grave en Colombia se registró en el

departamento de Córdoba en el año 2006, registrándose pérdidas superiores al 40% en los lotes más afectados. En el 2008 se extendió a 7 departamentos incluyendo al Tolima, presentó incidencias serias en el departamento del Meta en el 2011 y llegó al Ecuador en el 2012 (Cely y Quiroz, 2012).

De acuerdo con Guzmán (2012), en el norte del Tolima, el efecto del vaneamiento desde 2006 hasta 2011 en promedio fue la disminución de cerca de 1500 kg/ha en las cosechas. En la revisión de los efectos del VPA en tres municipios del Huila (Palermo, Aipe, Campoalegre), se encuentran situaciones climáticas que los acompañaron: registros particularmente altos de las temperaturas mínimas entre 21,5°C y 23,5°C entre octubre y noviembre de 2011, registros bajos de temperaturas máximas entre 29°C y 31°C entre noviembre y diciembre de 2011, una baja radiación solar durante noviembre y diciembre de este año y la intensificación de las lluvias y de la humedad asociados al episodio final del fenómeno de la Niña de los años 2010-2011. De acuerdo con Pérez (2011), los factores climáticos que predisponen la aparición de la enfermedad durante la época de floración son altas temperaturas mínimas, alta humedad relativa superior al 80%, alta nubosidad y bajo brillo solar.

De acuerdo con la literatura especializada, aún no existe consenso sobre los métodos de tratamiento de la enfermedad, aunque se recomienda la protección con el uso de químicos, con dosis y en momentos adecuados, única tecnología disponible actualmente, debido a que en la actualidad no existen variedades resistentes obtenidas por mejoramiento genético o tecnologías biotecnológicas que controlen la bacteria (Cely y Quiroz, 2012). Para Guzmán (2012) se hace recomendable mejorar la comprensión sobre los efectos del cambio climático y mejorar la información disponible sobre el tema.

8. Reflexión final

Reiterando que el presente trabajo no pretende circunscribirse en un ejercicio de análisis climatológico, cabe señalar de acuerdo al estudio de las series, que las variaciones del clima se intensifican durante los últimos años y la tendencia observada es hacia la intensificación de las variables y al aumento de la frecuencia de extremos. Puede pensarse de acuerdo a lo anterior, que los modelamientos del cambio climático que delimitan tendencias a medio y largo plazo (50 años), contrastan con las tendencias de corto plazo, que de acuerdo a las observaciones realizadas pueden generar daños significativos a la cadena de suministro de alimentos. Durante las próximas décadas, en el tránsito hacia los escenarios del cambio climático, se considera que las variaciones del clima pueden ser indeterminadas, crecientemente intensas y con comportamientos caóticos.

Ante las limitaciones de información cuantitativa sobre el clima especialmente a nivel local, se hace necesario plantear mecanismos cualitativos que permitan seguir profundizando en la problemática de la influencia del clima sobre la cadena alimentaria. Se entiende que la capacidad de realizar pronósticos es limitada, mientras que las medidas estructurales para la mitigación de los efectos al cambio climático se encuentran aún por desarrollar y consolidar.

El fenómeno de variabilidad climática invita a plantear nuevos enfoques epistemológicos y metodológicos, en particular se hace necesario abordar integralmente la cadena alimentaria que va desde la producción hasta el consumo que permita entender las retroalimentaciones negativas que pueden afectar su vulnerabilidad tales como la especulación de precios o la intensificación de plagas y enfermedades.

Esto es particularmente relevante en el caso de la central de abastos de corabastos y los productores de papa o en el caso del arroz con el contrabando de arroz y la opacidad en las operaciones de comercialización. Las variaciones del clima pueden ser aprovechadas como coyunturas de especulación de precios, que terminarían afectando a los consumidores por lo general de poblaciones desfavorecidas de zonas urbanas, cuyos efectos sociales son incalculados. Esta estructura económica denominada como un oligopsonio deforma las condiciones básicas de libre mercado.

Acorde a lo anterior, puede inferirse que medidas de adaptación de la variabilidad climática y el cambio climático deben incluir el establecimiento de redes de comercialización que garanticen precios de sustentación a los agricultores y garanticen dinámicas de precios que permitan la accesibilidad a los alimentos a las poblaciones con mayor vulnerabilidad. En este sentido se plantea la necesidad de operar estructuras de almacenamiento, manejo de postcosecha y regulación de precios en alimentos básicos de la canasta familiar. Lo que implica el replanteamiento del papel de las instituciones en la disminución de la vulnerabilidad de las estructuras de comercialización y almacenamiento de alimentos frente a los eventos climáticos extremos.

Los enfoques que hacen énfasis en la adopción de tecnologías para el mejoramiento de la capacidad de adaptación al clima por parte de los productores muestran algunas limitaciones que merecen ser atendidas. En primer lugar, las tecnologías disponibles como son la informática, la biotecnología y las telecomunicaciones posibilitan la construcción de significativas respuestas a los retos que implican las variaciones del clima. Sin embargo, estas herramientas no responden al complejo panorama de afectaciones que significa este fenómeno, que se interrelacionan entre si y pueden potenciarse mutuamente. Estas afectaciones suceden a diferentes niveles, locales a globales, pasan por el metabolismo del cultivo y pueden llegar a estar relacionadas con procesos especulativos en la comercialización al menudeo.

Se observaron notables diferencias en las aproximaciones de la problemática planteada. No explícitamente en términos académicos, sino en las construcciones de conocimiento que se apoyan o no, en aportes técnico científicos mediados principalmente por casas

comerciales de agroquímicos, y que ponen de relieve lecturas y saberes campesinos que son funcionales en sus contextos.

De acuerdo a lo anterior, se hace necesario destacar los importantes avances realizados por el CIAT y otras instituciones basados en información de cultivos como la caña de azúcar; que sin embargo se caracterizan principalmente por ser de escala industrial, con importantes acumulados investigativos e información disponible. Lo que entra en contraste con vacíos de información en regiones enteras con predominio de economía campesina, en las que las condiciones climáticas o productivas puede ser un auténtico interrogante, como por ejemplo el caso de cultivos como la caña panelera.

La comprensión de la variabilidad climática, demanda también enfoques transdisciplinarios en su conjunto. Se identifican afectaciones relacionadas con el aumento progresivo de la vulnerabilidad en razón al estrechamiento de los márgenes de ingresos en las unidades productivas de alimentos, que se acentúan a su vez con fenómenos macroeconómicos y deformaciones en el mercado que afectan los precios de los agroquímicos considerados necesarios en la producción masiva de alimentos.

Estas dinámicas ocurren en un contexto de agotamiento de suelos y crecientes dificultades de acceso al agua con el deterioro de los agroecosistemas que sostienen las unidades productivas. En las zonas de estudio no se accedió a información que dimensionara este factor, si se encontraron menciones en las entrevistas relacionadas con fenómenos de compactación de suelos y marcadas limitaciones de agua en el caso del cultivo de arroz y el agotamiento progresivo de los suelos y la creciente agresividad de enfermedades en el caso de la papa. El conjunto de estos factores puede significar el sensible agravamiento de la vulnerabilidad de los cultivos frente a variaciones climáticas extremas que puede manifestarse en sensibles caídas en la producción de alimentos en horizontes temporales de medio plazo.

En las entrevistas realizadas a los productores de papa, sobresalieron varios aspectos que deben ser subrayados. El conocimiento técnico tiene un carácter importante pero limitado en las tomas de decisiones relacionadas con la producción. Existen saberes productivos logrados en experiencias en permanente diálogo con pares regionales. El conocimiento campesino, no responde a ámbitos especializados, sino a la obtención de ingresos en condiciones crecientemente adversas en términos ambientales (agotamiento

de suelos), económicos (encarecimiento de insumos y vulnerabilidad en la comercialización) y productivos (enfermedades). En este contexto los fenómenos climáticos extremos agravan las variables que de por sí representan graves tensiones en la producción campesina de papa.

Lo anterior permite pensar que las instituciones académicas, políticas y gremiales pueden encontrarse limitadas para enfrentar situaciones complejas e indeterminadas como las que surgen con la variabilidad climática.

Las dinámicas identificadas en este trabajo están afincadas en las problemáticas del mundo rural y campesino, que se manifiestan en la concentración de la riqueza y la propiedad de la tierra, exclusión de la participación política y el marginamiento de la economía campesina. En este contexto la variabilidad climática y el cambio climático pueden resultar factores que pueden llegar a acentuar los conflictos del mundo rural, en la medida en que generarían tensiones adicionales a las que acompañan a la producción campesina.

Se observa que las estrategias adaptativas pasan por varios ejes dependientes entre sí. El primero que responde a la crisis ambiental de los agroecosistemas que sostienen la productividad agrícola, en particular el estado de los suelos, el acceso a agua, y la implementación de tecnologías apropiadas. El segundo alrededor de la cadena de distribución, almacenamiento y comercialización, que garantice el funcionamiento de las unidades productivas y la estabilidad de precios al consumidor. El tercer eje pasa por la institucionalidad necesaria que permita responder a las situaciones de riesgo que presenta la variabilidad, y que debe contar con la suficiente capacidad de incidencia en el Estado y otras instituciones sociales que permita la construcción y consolidación de respuestas adecuadas y oportunas. El cuarto eje sobre los procesos de adaptación sobre el cultivo en sí mismo. Estas perspectivas invitan a elaboraciones académicas e institucionales que partan de enfoques holísticos y transdisciplinarios.

Las variaciones del clima observadas en los últimos años, cuyos efectos extremos han sido documentados ampliamente, también tienen efectos que paulatinamente están deteriorando la vulnerabilidad climática de la cadena alimentaria. La intensificación de los fenómenos climáticos extremos y el aumento de la frecuencia permiten afirmar que se

debe atender con premura esta problemática desde todos los esfuerzos académicos, técnicos y políticos.

9. Conclusiones

1. La información disponible en las fuentes consultadas no fue lo suficientemente amplia, ni contó con la calidad que permitiese análisis locales con series de tiempo amplias. En el caso de la producción de alimentos, la consecución de información fue notoriamente difícil, a lo que se suman las limitaciones de la calidad de ésta a nivel local. Estos antecedentes generan limitaciones sobre los alcances de las metodologías implementadas y las conclusiones logradas.
2. El análisis de las variables de producción, área sembrada, precipitación, temperatura, rendimientos y precios, ponen de relieve caídas relevantes de rendimientos en los últimos cinco años del período de análisis para el caso del arroz y durante el período 2010-2011 en el caso de la papa.
3. Para el arroz, en el caso de las provincias de Ibagué y Suroriente se encontró una enfermedad que aún se encuentra en investigación pero que ha afectado gravemente los rendimientos y que al parecer se encuentra relacionada con las variaciones del clima. Por otro lado, el cultivo de papa también se encontró afectado esta vez por los efectos de las altas precipitaciones ocurridas entre el año 2010 y 2011.
4. El cruce de las variables de rendimientos y precios corrientes, permiten pensar en dinámicas especulativas con los precios, lo que se ve reforzado con los trabajos previos que señalan estructuras oligopsónicas en los eslabones de comercialización. Esta situación puede magnificar los efectos de la intensificación de las variaciones del clima debido a que puede llegar a afectar económicamente a los productores y consumidores y por ende aumentar la vulnerabilidad climática de la cadena de suministro de alimentos.

5. Del estudio básico de las variables climatológicas aparecen destacables perspectivas. Se encuentra una clara tendencia hacia la intensificación de la variabilidad climática, cuantificada con el aumento de la desviación estándar sobre series decenales planteadas a partir de la información disponible. En el caso de las estaciones seleccionadas del Tolima se observa la disminución de la precipitación durante la primera década del siglo XXI, que se ve acompañada con la extensión de los períodos secos. En el altiplano, en particular en los municipios estudiados para el cultivo de papa, se observa el incremento de las precipitaciones que se hace observable también desde la primera década del siglo XXI, también se encuentra una tendencia creciente en los registros de temperatura en las que la variación estándar también aumentó.

A. Anexo: Contraste de variables climatológicas en municipios productores de papa

Para la aproximación de los comportamientos de las variables de producción fue necesario establecer promedios a partir de fuentes lo más aproximadas posibles. Sin embargo, debido a que los promedios de las series de datos muestran tendencias generales mientras que tienden a opacar el comportamiento singular cada estación, se consideró necesario estudiar las series de información de algunas estaciones que se encuentran en la región norte de Cundinamarca en las provincias anteriormente señaladas (Almeidas, Guavio, Sabana Centro y Ubaté).

Para el análisis, se tomó la información de las estaciones climatológicas ubicadas en Chocontá, Guatavita y Ubaté. Se observan notables diferencias en el comportamiento de la temperatura a pesar de que las estaciones se encuentran relativamente cerca y se ubican en parecidos niveles altitudinales. El promedio de las tres series muestra tendencia hacia el incremento de la temperatura. Las tres estaciones muestran importantes diferencias en su comportamiento en el mismo período de tiempo, lo que puede ser explicado por las características propias de las zonas en las que se encuentran las estaciones.

De la **tabla A-1**, puede apreciarse que existe una tendencia creciente de los promedios de temperatura en la estación de Ubaté, registrando un promedio de 11,9°C en la década del 70 y de 14°C en la primera década del 2000; sin embargo, esto no sucede en las estaciones de Guatavita y Chocontá donde se observan promedios por década que rondan los 14°C en el caso de Guatavita, y de 12,1°C en el caso de Chocontá.

No puede observarse lo mismo en la desviación estándar de los registros, lo que permite pensar en crecientes variaciones en los patrones medios, que significan registros de temperatura que se mueven cada vez más en los topes máximos y mínimos, implicando registros de calor y de frío paulatinamente más intensos. En los tres casos se observan desviaciones estándar crecientes, que ponen en evidencia la tendencia del aumento de la intensidad de las variaciones de temperatura.

Cabe anotar que en los registros no se incluye la temperatura de la década del 2010 debido a que están incompletos, pero que podrían mostrar significativos incrementos en la desviación estándar a raíz de los fenómenos de la Niña y el Niño (ENOS) registrados.

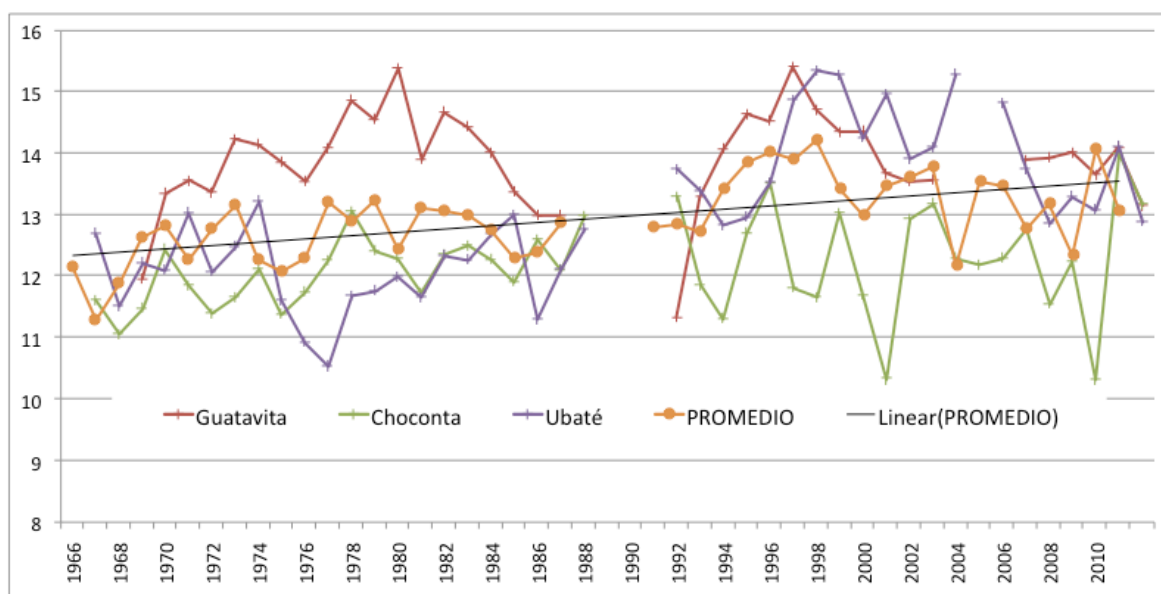


Figura A-1: Temperatura media anual en varios municipios de estudio 1966-2010

Tabla A-1: Promedio y desviación estándar de la variable de temperatura en tres estaciones seleccionadas

Década	Promedio de Temperatura (°C)			Desviación Estándar Temperatura		
	Guatavita	Chocontá	Ubaté	Guatavita	Chocontá	Ubaté
1970-1979	14,2	12,0	11,9	0,63	0,52	0,84
1980-1989	13,8	12,3	12,3	0,67	0,40	0,58
1990-1999	14,1	12,3	14,0	1,17	0,82	0,96
2000-2009	13,8	12,0	14,0	0,19	1,00	0,86

B. Anexo: Glosario de términos⁷

Adaptación. Ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. Se pueden distinguir varios tipos de adaptación, entre ellas la preventiva y la reactiva, la pública y la privada, o la autónoma y la planificada.

Atmósfera. Cubierta gaseosa que rodea la Tierra. La atmósfera seca está formada casi en su integridad por nitrógeno (71,8%) y por oxígeno (20,9%), junto con una serie de pequeñas cantidades de otros gases como argón, helio, dióxido de carbono y helio.

Cambio Climático. Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras.

Cambio en el uso de las tierras. Un cambio en el uso o gestión de las tierras por los humanos que puede llevar a un cambio en la cubierta de dichas tierras. La cubierta de las tierras y el cambio en el uso de las tierras pueden tener un impacto en el albedo, la evapotranspiración y las fuentes y los sumideros de gases de efecto invernadero u otras propiedades del sistema climático y puede tener igualmente consecuencias en el clima.

Clima. En sentido estricto, se suele definir el clima como “estado medio del tiempo” o, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo en términos de valores medios y variabilidad de las cantidades pertinentes durante períodos que pueden ser de meses a miles o millones de años.

⁷ Definiciones seleccionadas del Glosario de términos del IPCC 2001. UNISDR, 2009. Tercera comunicación nacional del Cambio Climático. IDEAM. 2016.

Desnutrición. Resultado de ingesta de alimentos que es insuficiente para atender continuamente a los requisitos dietéticos de energía, mala absorción de alimentos y/o la utilización biológica de los nutrientes consumidos.

Ecosistema. Sistema de organismos vivos que interactúan y su entorno físico. Los límites de lo que se puede denominar ecosistema son un poco arbitrarios, y dependen del enfoque de interés o estudio. Por lo tanto, un ecosistema puede variar desde unas escalas espaciales muy pequeñas hasta, en último término, todo el planeta.

ENOS. El niño oscilación del Sur. El Ciclo conocido como El Niño, La Niña - Oscilación del Sur – ENOS. El Niño y su fase opuesta La Niña, son las componentes oceánicas del ENOS y corresponden, en términos generales, a la aparición, de tiempo en tiempo, de aguas superficiales relativamente más cálidas (El Niño) o más frías (La Niña) que lo normal en el Pacífico tropical central y oriental, frente a las costas del norte de Perú, Ecuador y sur de Colombia. Estas alteraciones de la estructura térmica superficial y subsuperficial del océano están asociadas con el debilitamiento de los vientos alisios del Este y con el desplazamiento del núcleo de convección profunda del Oeste al Centro del Océano Pacífico tropical, en condiciones El Niño o con su permanencia e intensificación en el caso de La Niña. La componente atmosférica del ENOS, conocida con el nombre de la Oscilación del Sur, corresponde a la variación interanual del campo de presión atmosférica cerca de la superficie, en la región del Pacífico centro-occidental. Durante algunos años la presión atmosférica en el Pacífico central es mayor que en el occidental, en otros años ocurre lo contrario; esta alternancia interanual de las anomalías positivas y negativas de la presión atmosférica ha sido comprobada mediante la correlación inversa y bien definida entre los valores de presión atmosférica en Tahití (isla localizada en el centro del Pacífico) y Darwin (noroeste de Australia).

Escenario Climático. Representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se construye para ser utilizada de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico, y que sirva a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos.

Fenómeno meteorológico extremo. Fenómeno meteorológico raro en determinado lugar y época del año. Aunque hay diversas definiciones de «raro», la rareza normal de un fenómeno meteorológico extremo sería inferior o superior a los percentiles 10 ó 90 (respectivamente) de la función de densidad de probabilidad (fdp) observada. Por definición, las características de un estado del tiempo extremo pueden variar en función del lugar en sentido absoluto. Un fenómeno extremo, por sí solo, no puede ser atribuido simple y llanamente a un cambio climático antropogénico, ya que hay siempre una probabilidad finita de que haya sucedido de manera natural. Cuando una pauta de actividad atmosférica extrema persiste durante algún tiempo (por ejemplo, durante una estación), puede clasificarse como episodio climático extremo, especialmente si arroja un promedio o un total que es en sí mismo un valor extremo (por ejemplo, sequías o lluvias intensas a lo largo de una estación)

Inseguridad alimentaria. Situación que existe cuando las personas carecen de acceso seguro a cantidades suficientes de alimentos nutritivos para el crecimiento y desarrollo normal ya para una vida sana y activa. Puede estar causada por una falta de disponibilidad de comida, o un uso adecuado de los alimentos a nivel nacional. La inseguridad alimentaria puede ser crónica, estacional o transitoria.

Resiliencia. La capacidad de un sistema (humano o natural) para resistir, asimilar y recuperarse de los efectos de las amenazas de manera oportuna y eficiente, manteniendo o restituyendo sus estructuras básicas, funciones e identidad esenciales.

Sequía Meteorológica. Fenómeno que se produce cuando la precipitación ha estado muy por debajo de los niveles normalmente registrados, causando unos serios desequilibrios hidrológicos que afectan de manera adversa a los sistemas terrestres.

Sistema humano. Cualquier sistema en el que las organizaciones humanas juegan un papel predominante. A menudo, pero no siempre, el término es sinónimo de “sociedad” o “sistema social” (por ejemplo, sistema agrícola, sistema político, entre otros).

Variabilidad Climática. Hace referencia a las variaciones del estado medio y a otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, coeficiente de variación, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático.

Bibliografía

Ahmad, J., Dastgir, A., Shaukat, H. (2011). *Impact of Climate Change on Agriculture and Food Security in India*. International Journal of Agriculture, Environment & Biotechnology. Vol 4, No 2: June : 129-137.

Alfonso, O. y Alonso, C. (2012). *Estudio sobre los efectos de la variabilidad climática sobre la dimensión de la disponibilidad de alimentos en la seguridad alimentaria en Colombia e iniciativas de política*. Bogotá, Colombia: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. Departamento Nacional de Planeación DNP, Embajada Británica Bogotá, Gobierno de España.

Alston, J., Babcock, B. y Pardey, P. (Eds.). (2010). *The shifting patterns of agricultural production and productivity worldwide. The Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center*, Iowa State University, Ames.

Banco de la República. (2016) *Clasificaciones IPC*. Recuperado de: banrep.gov.co

Banco de la Republica. (2007). *El fenómeno de El Niño y su posible impacto en Colombia. Reportes del Emisor*. Bogotá, Colombia: Investigación e Información Económica.

Barrios, C. (2014). *Impacto de la variabilidad climática sobre el sector agropecuario y medidas de adaptación*. Equipo de modelación de cultivos y clima. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. Ministerior de Agricultura,. CIAT, CGIAR, CCAFS Climate Change, Agriculture and Food Security. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=VKzNYnvh-Ww>

Boshell, F. y León, G. (2011). *Contextualización de los efectos del Cambio climático en la Agricultura*. GIZ. Disponible en: infoandina.org

Brush, M. (2011). *Bacterial panicle blight: Causes & control measures*. LSU. Disponible en: www.mdpi.com/1422-0067/14/7/1377html

Butler, C. (2009) *Food security in the Asia-Pacific: climate change, phosphorous, ozone and other environmental challenges*. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition. 18 (4): 590-597

Cano, C. (2011). *Cambio Climático: Impacto sobre la inflación y la economía*. Manizales Colombia: Banco de la República, Acopi.

Cano, C. (2015) *La "dominancia" alimentaria de la inflación y la respuesta de la política macroeconómica*. Lima, Perú: Conferencia Regional sobre Desarrollo Social de América Latina y el Caribe. Banco de la República. CEPAL

Celi, R. y Quiroz, M. (2012) *El añublo bacterial del arroz*. CropLife Latin America. Disponible en: <http://www.croplifela.org/es/plaga-del-mes.html?id=218>

Cepal. (2011). *Volatilidad de precios en los mercados agrícolas (2000-2010): Implicaciones para América Latina y opciones de políticas*. Cepal, FAO, IICA.

Cevipapa. (2016). *Centro virtual de investigación de la cadena agroalimentaria de la papa*. Recuperado de: <http://www.cevipapa.org.co>

Ciat. (2012). *Análisis de información con enfoque AEPS-Big Data*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Fedearroz. Disponible en: ciat.cgiar.org

Comité permanente contra la desnutrición de las Naciones Unidas (SCN en inglés). (2010). *El Cambio Climático y la Seguridad Nutricional. Mensaje a los negociadores de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.

Cortés, C. (2013). *Uso del modelo AguaCrop para estimar rendimientos para el cultivo de papa en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá*. Bogotá, Colombia: FAO, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

DANE. (2002). *Censo Nacional del Cultivo de Papa*. Recuperado de: dane.gov.co

DANE. 2015. *El cultivo de la papa, Solanum tuberosum, alimento de gran valor nutritivo, clave en la seguridad alimentaria mundial*. Bogotá, Colombia: En boletín mensual, Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, DANE.

DANE. (2007). *Encuesta de calidad de vida en Bogotá*. Recuperado de: dane.gov.co

DANE. (2008). *Comunicado de prensa. Índice de precios al consumidor. 2007*. Recuperado de: dane.gov.co

DANE. (2009). *Comunicado de prensa. Índice de precios al consumidor. 2008*. Recuperado de: dane.gov.co

DANE. (2011). *Matriz de empleo en la base 2005 de las cuentas nacionales*. Bogotá, Colombia. Recuperado de: dane.gov.co

DANE. (2012). *Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado*. Bogotá, Colombia: Dane. Disponible en: http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=246&Itemid=

DANE. (2012). *Comunicado de prensa. Índice de precios al consumidor. 2011*. Recuperado de: dane.gov.co

DANE. (2014). *Encuesta Nacional de Calidad de Vida*. Recuperado de: dane.gov.co

DANE. (2016). *Comunicado de prensa. Índice de precios al consumidor. 2015*. Recuperado de: dane.gov.co

Fejióo C. y Arana, J. (2015) *Clima y sector agropecuario colombiano. Adaptación para la sostenibilidad productiva*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, CIAT.

Espinal, C., Martínez, H., & Acevedo, X. (2005). *La Cadena del Arroz en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica. 1991-2005. Documento de trabajo No. 52*.

FAO. (2011). *Viabilidad Climática y Seguridad Alimentaria y Nutricional*. Disponible en: fao.org

Fedearroz. (2011). *Manejo integrado del cultivo de arroz*. Bogotá, Colombia: Fedearroz. Amtec. FNA. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio de Agrocadenas Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112141728_caracterizacion_arroz.pdf

Fedearroz (2012a). *Estadísticas arroceras-costos*. (Archivo de datos). Disponible en: <http://www.fedearroz.com.co/costos.php>.

Fedearroz (2012b). *Estadísticas arroceras-precios*. (Archivo de datos). Disponible en: <http://www.fedearroz.com.co/new/precios.php>

Fopae. (2014). *Plan Regional Integral de Cambio Climático. Síntesis sobre la evaluación y proyección de la variabilidad interanual del clima relacionada con los fenómenos El Niño y La Niña*. Disponible en: http://www.fopae.gov.co/documents/10179/275986/INFORME+TECNICO_Proyecci%C3%B3n+variabilidad.pdf/7e78613d-364a-4456-913c-568c8cb32b9a

Guzmán, M. (2012). *Los efectos regionales del vaneamiento*. Fedearroz. Presentación en: www.slideshare.net/CIAT/vaneamiento-del-arrozencolombia

IDEA. (2010). *Análisis energético de la cadena productiva hasta la obtención del producto final como herramienta para comparar la sostenibilidad técnica, económica y ambiental de varios sistemas productivos y beneficio de la caña panelera en las regiones de La Hoya del Río Suárez (sistemas con beneficio a vapor), Cundinamarca (sistema*

tradicional) y *Antioquia (Cisneros - Centro de Acopio de Mieles – CAM)*. Instituto de Estudios Ambientales, Ministerio de Agricultura y desarrollo rural, Fedepanela.

ICA, (2011). *Resolución 2705 de 2011*. Bogotá, Colombia: Diario oficial No. 48.114 de 28 de junio de 2011.

IICA. (1999). *Acuerdo de competitividad de la cadena agroalimentaria de la papa. Colección de documentos IICA. Serie Competitividad No 14*. Bogotá, Colombia: IICA.

Ipaz y Ramírez. (2008). *Evaluación de un plan alternativo de manejo agronómico para mejorar la productividad, rentabilidad y sostenibilidad del cultivo de la papa*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

ICBF. (2011). *Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia*. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Recuperado de: dane.gov.co

IDEAM (2012). *Atlas climatológico nacional 2012*. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Disponible en: <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/019711/preliminares.pdf>

IDEAM (2015). *Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.*). PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA.

IFPRI (International Food Policy Research Institute). (2009). *Impact of Climate Change on Agriculture* Washington, D.C.: Factsheet on Latin America and the Caribbean.

IPCC. (2001). *Tercer informe de evaluación Cambio climático 2001*. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/mitigation/mitigation-spm-ts-sp.pdf>

IPCC. (2007): *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* Ginebra, Suiza: IPCC.

IPCC. (2013) . *Cambio Climático 2013. Bases Físicas*. Contribución del grupo de trabajo al I al quinto informe de evaluación el grupo intergubernamental de expertos sobre cambio climático. OMM. PNUMA.

Jarvis, A., Ramírez, F. y Zapata, E. (2011). *Impacts of climate change in crop production in Latin America*. En: *Crop Adaptation to Climate Change*, 44–56. Nueva York, USA.: John Wiley & Sons, Ltd y Blackwell Publishing Ltd.

Jones R. et al. (2004). *Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS*. Hadley Center for Climate Prediction and Research, UK.

Jones, P. y Thornton, P. (2003). *The potential impact of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055*. *Global Environmental Change* 13: 51–59.

Lagi, M., Karla, Z., Bar-Yam, Y. (2011). *The food crises and political instability in North Africa and the Middle East*. Cambridge, USA.: New England Complex Systems Institute.

Kalsmanovitz, S. y López, E. (2006). *La Agricultura Colombiana en el Siglo XX*. Bogotá, Colombia: Ed. Banco de la República.

Laing, D. (2015). *Explorando las causas del vaneamiento de la panícula de arroz en los trópicos de América Latina*. Disponible en: Slideshare.net. Marzo 10 de 2015.

<http://es.slideshare.net/douglaslaing1/presentacin-causas-vaneamiento-de-la-espiga-de-arroz-diciembre-31-2014-version-completo>

Lobell, D. y. Field, C. (2007). *Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming*. *Environmental Research Letters* 2 DOI:10.1088/1748-

9326/2/1/014002.

Gahukar, R. (2009). *Food Security: The challenges of climate change and bioenergy*. *Current Science*, vol. 96, No. 1, January.

Maletta, H. (2009). *El pan del futuro: cambio climático, agricultura y alimentación en*

América Latina. Debates en Sociología 34: 117–76.

Maya, A. (1995). *La fragilidad ambiental de la cultura*. Editorial Universidad Nacional: Instituto de Estudios Ambientales. IDEA. Bogotá, Colombia.

Martínez, H. (2005). *La cadena de la papa en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica. 1991-2005*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. MADR. Observatorio de Agrocadenas.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2005). *La cadena de la papa en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005*. Bogotá, Colombia: Documento de trabajo N° 100. Minagricultura.

MADR (2005). *La competitividad de las cadenas productivas en Colombia. Análisis de su estructura y dinámica (1991-2004)*. Bogotá, Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, IICA.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2014). *Anuario Estadístico del Sector Agropecuario. 2013. Resultados Evaluaciones Agropecuarias Municipales*. Bogotá. Colombia. Imprenta Nacional.

Montealegre, E. y J. Pabón, J. (2002). *Seguimiento, diagnóstico y predicción climática en Colombia*. Bogotá, Colombia. En: Meteorología Colombiana. Marzo, 2002. N°5. Pg 5

Nandakumar, R. y Long, X. (2009). *Burkholderia glumae and B. Gladioli causa Bacterial Panicle Blight (BPB) in Rice in the southern United States*. Department of Plant Pathology and Crop Physiology, LSU-Ag center plant disease. Vol. 93 No.9: 2009. Disponible en: Apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-93-9-0806

Nelson, F et al. (2009). *Food Security, Farming, and Climate Change to 2050: Scenarios, Results, Policy Options*. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.

Newton, A., Johnson, S. y Gregory, P. (2011). *Implications of climate change for diseases, crop yields and food security*. Euphytica. June.

Obando, et al. (2015). *Cambio y variabilidad climática en Colombia*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CGIAR, Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria. CCAPS.

Omitoyin, S., Tosan, F. (2012). *Potential impacts of climate change on livelihood and food security of artisanal fisherfolks in Lagos State*. Journal of Agricultural Science. Vol 4, No 9.

ONU. (1992). *Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. 1992*. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Ortiz, R. (2012). *El Cambio climático y la producción agrícola*. Banco Interamericano de - Desarrollo. Disponible en: iadb.org

Pabón J. (2010). *El Cambio Climático en Bogotá Región*. Bogotá, Colombia: Grupo de Trabajo "Tiempo, clima y sociedad" Universidad Nacional de Colombia.

Peng, S., J. Huang, J. E. Sheehy, R. C. Laza, R. M. Visperas, X. Zhong, G. S. Centeno et al. 2004. *Rice yields decline with higher night temperature from global warming*.

Pérez, C. (2011). *Avances en el manejo de la bacteria Burkholderia glumae*. Fedearroz. Disponible en: www.sildeshare.net/CIAT/avances-manejo-bacteriaburkholderiaglumae-colombia

PESA. (2011). *Seguridad Alimentaria Nutricional, Conceptos Básicos*. Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) en Centroamérica.

PNUD. (2009). *Glosario de Términos y conceptos relacionados con el cambio climático. Colombia*. Disponible en: pnud.org

Rodríguez, A. (2012). *Síntesis sobre la evaluación y proyección de la variabilidad interanual del clima relacionada con los fenómenos El Niño y La Niña*. Bogotá, Colombia: Plan Regional Integral de Cambio Climático PRICC. PNUD, IDEAM. Región Capital.

Rojas, E. (2011). *Evaluación del desarrollo del cultivo de papa bajo escenarios de variabilidad climática interanual y cambio climático, en el sur oeste de la Sabana de Bogotá*. Bogotá, Colombia. Trabajo de grado (Magister en ciencias – Meteorología). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/5242/1/edwinoswaldorojasbarbosa.2011.pdf>

Ruiz, J. (2010). *Cambio Climático en Temperatura, Precipitación y Humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolución*. (Panorama 2011-2100). Bogotá, Colombia: IDEAM, Subdirección de Meteorología.

Rush, M. (2011). *Bacterial Panicle Blight: Causes & control measures*. CIAT. LSU 2011.

Quiggin, J. (2010). *Climate variability, climate change, and agriculture*. Paper presented at the 2010 NZARES conference. Nelson, New Zealand. August 26-27, 2010.

Quintero, L. (2004). *Costos de producción de papa en Colombia. Documento de trabajo No 40*. Bogotá, Colombia: Observatorio de Agrocadenas, IICA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Ramirez, M., y Martínez, H. (2004). *Respuestas de la Oferta y la Demanda Agrícola en el Marco de un TLC con Estados Unidos*. Bogotá, Colombia: Observatorio de Agrocadenas IICA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Documento de trabajo No 49.

Retana J. (2010). *Posibles efectos de la fase cálida de El Niño Oscilación del sur en la agricultura de Costa Rica*. Recuperado de: <http://www.cne.go.cr/CEDO-CRID/CEDO-CRID%20v2.0/CEDO/pdf/spa/doc12652/doc12652-contenido.pdf>.

Su, Y., Weng, Y., Chiu, Y. (2009). *Climate change and food security in East Asia*. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition. 18 (4): 674-678

Superintendencia de Industria y Comercio. (2010). *Cadena productiva de la papa: Diagnóstico de la libre competencia*. Bogotá, Colombia.

Superintendencia de Industria y Comercio. (2012). *Estudios de Mercado. Diagnóstico del mercado del arroz en Colombia (2000-2012)*. Bogotá, Colombia.

Tubiello F. N., J.-F. Soussana y S. M. Howden. (2007). *Crop and pasture response to climate change*. Proceedings of the National Academy of Sciences 104: 19686–90.

Tungan, M., Rivington, M., Bellocchi, G. (2008). *Adaptation assesments for crop production in response to climate change in Cameroon*. Agronomy for Sustainable Development.

Tobón. J (2014). *Evaluación de los impactos potenciales de la variabilidad climática y el cambio climático en algunos indicadores para seguridad alimentaria en zonas productoras de mercados campesinos*. Bogotá, Colombia: Tesis Magister en Ciencias Meteorología. Universidad Nacional de Unimedios. (2013). *Papa pastusa suprema, nuevos usos y mayor área de siembra*. Bogotá, Colombia: Agencia de Noticias UN.

UNDP. (2009). *Documento de Discusión Nacional acerca de los Asuntos Claves en el Análisis del Sector Agricultura Adaptación*. Bogotá. United Nations Development Programme.

Valenzuela, E. y Kim, A. (2011). *Climate change and food security to 2030: a global economy-wide perspective*. Economía Agraria y Recursos Naturales. Vol 11,1. pp. 29-58.

Van der Mensbrugge, D. and Roson, R. (2010). *Climate, trade and development*. Paper presented at the 13th Global Economic Analysis conference, Penang, 9-11 June.

Yepes, D. (Ed.). (2005). *Consumo de alimentos en Bogotá. Déficit y canasta básica recomendada*. Bogotá, Colombia: ILSA.