

Efecto de los fenómenos de El Niño y La Niña en la precipitación y su impacto en la producción agrícola del departamento del Atlántico (Colombia)

Efeitos dos fenômenos *El Niño* e *La Niña* na precipitação e seu impacto na produção agrícola do estado do Atlântico (Colômbia)

Effect of the El Niño and La Niña Phenomena on Precipitation and Agricultural Production in the Department of Atlántico (Colombia)

Aida del Carmen Ruíz Cabarcas*

José Daniel Pabón Caicedo**

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Resumen

En la región, bajo condiciones de El Niño, se registran volúmenes de precipitación (VP) subnormales; y con La Niña, hay lluvias superiores a la normal. Se encontró que el ajonjolí y el plátano aumentan rendimientos si se presentan VP por encima de lo normal (generalmente bajo La Niña) durante el veranillo y en las dos estaciones de lluvias. Los VP por encima de lo normal en la estación seca inciden positivamente en los rendimientos de la yuca. El maíz incrementa sus rendimientos si en el veranillo se registran VP por encima de lo normal, y los reduce si se registran en la segunda temporada lluviosa. El frijol disminuye rendimientos si los VP en la 1.^a y 2.^a estación lluviosa están por encima de lo normal, y aumenta los rendimientos si estos lo están en el veranillo. Para el algodón los VP por encima de lo normal en la 2.^a estación lluviosa disminuyen los rendimientos. El sorgo no presentó respuesta notoria a las anomalías en la precipitación.

Palabras clave: clima y agricultura en el departamento del Atlántico, variabilidad climática en Colombia, variabilidad climática en el departamento del Atlántico.

Resumo

Na região, sob as condições de *El Niño*, registram-se volumes de precipitação abaixo do normal; e com *La Niña*, há chuvas superiores ao normal. Percebeu-se que o gergelim e a banana-da-terra aumentam rendimentos se há volumes de precipitação acima do normal (geralmente sob as condições de *La Niña*) durante o *veranillo* (fenômeno meteorológico no qual nos últimos dias de verão a temperatura aumenta consideravelmente). Os volumes de precipitação acima do normal na estação seca incidem positivamente na produção de mandioca. O milho aumenta os seus rendimentos se no *veranillo* registram-se volumes de precipitação acima do normal e os reduz se acontece na segunda temporada chuvosa. O feijão diminui a produção se os volumes de precipitação na primeira e na segunda estação de chuvas estão acima do normal, e aumenta os rendimentos se estas acontecem no *veranillo*. Para o algodão os volumes de precipitação acima do normal na segunda estação chuvosa diminuem os rendimentos. O sorgo não apresentou resposta notória às anomalias na precipitação.

Palavras-chave: clima e agricultura no departamento do Atlântico, variação climática na Colômbia, variação climática no departamento do Atlântico.

Abstract

The paper analyzes the impact of the El Niño and La Niña phenomena on both precipitation and agricultural production in the Department of Atlántico. Historically, droughts, anomalous rainy periods, and floods have constantly affected this region. Findings show that under El Niño conditions, rainfall is below average, while La Niña causes above-average rainfall. Sesame and banana yields increase when rainfall is above average (usually under La Niña conditions) during the short dry season and both the first and second rainy seasons. The above-average rainfall in the dry season has a positive impact on cassava yields. Corn yields increase if the recorded rainfall in the short dry season is above average and decrease under above-average precipitation in the second rainy season. Bean yields decrease when rainfall is above average during the first and second rainy seasons and increase when rainfall is above average in the short dry season. Cotton yields decrease in cases of above-average rainfall in the second rainy season, while sorghum does not present noticeable responses to precipitation anomalies.

Keywords: climate and agriculture in the Department of Atlántico, climate variability in Colombia, climate variability in the Department of Atlántico.

RECIBIDO: 10 DE OCTUBRE DEL 2012. ACEPTADO: 14 DE ENERO DEL 2013.

Artículo de investigación sobre los efectos climáticos de los fenómenos de El Niño y La Niña en el departamento del Atlántico y su impacto en la producción agrícola departamental, sin antecedentes investigativos en este campo.

* Dirección postal: Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, cra. 30 n.º 45-03, Aulas de Ciencias Humanas, edificio 212. Correo electrónico: aicruizca@unal.edu.co

** Dirección postal: Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, cra. 30 n.º 45-03, Aulas de Ciencias Humanas, edificio 212, of. 318. Correo electrónico: jdpabonc@unal.edu.co

Introducción

Con un área sembrada que supera las 26.000 hectáreas, la agricultura desempeña un papel importante en el departamento del Atlántico, aunque en la estructura económica actual, por su aporte al producto interno bruto —en adelante, PIB— regional (que junto con la silvicultura y la pesca representan el 3,84% del PIB departamental), este sector ocupe un puesto de menor relevancia. Su importancia radica en su papel en la seguridad alimentaria regional, en el empleo departamental (el sector ocupa el 7,5% de la mano de obra del departamento [Gobernación del Atlántico 2008]) y en el mantenimiento de procesos socioeconómicos de la región (comercio y agroindustria, entre otros). Por ello, cuando ocurren anomalías climáticas que afectan el sector, los impactos socioeconómicos (generalmente negativos) se transmiten de diversas formas a toda la estructura económica regional.

El clima y su variabilidad han incidido en la producción agrícola departamental, toda vez que la agricultura se desarrolla a la par con el ciclo anual de las lluvias. El plan de desarrollo del departamento del Atlántico para el 2008-2011 (Gobernación del Atlántico 2008) menciona que “las condiciones geográficas y climáticas condicionan el bajo desempeño del sector agrícola del departamento”. Esta afirmación, además de darle al clima un papel importante en la producción agrícola de la región, sugiere el grado de dependencia de los agricultores regionales del clima y de las anomalías climáticas.

Se tienen evidencias de que en el pasado el departamento del Atlántico ha sido afectado por condiciones climáticas anómalas. Ruíz Cabarcas (2012), con base en una revisión de material histórico de la región, señala la magnitud de los impactos de las fases extremas de la variabilidad climática en diversos aspectos del departamento del Atlántico. Destaca entre los diferentes sectores al agropecuario, que de manera recurrente se ve afectado, ya sea por sequías o por periodos muy lluviosos e inundaciones. A pesar de que los impactos negativos han traído consecuencias desastrosas para la comunidad del departamento, aún no se han abordado en profundidad el análisis de la manifestación regional de las fases extremas de la variabilidad climática y su impacto en la producción agrícola departamental. Se requiere contar con conocimiento detallado acerca del impacto de las condiciones climáticas anormales en la producción agrícola regional a fin de identificar opciones para la reducción de las consecuencias negativas de tal impacto.

Diversos autores han evidenciado las anomalías climáticas que los fenómenos de El Niño y La Niña ocasionan en diferentes regiones del mundo (Caviedes 2001) y de Colombia (IDEAM-DGPAD 2002), señalando igualmente los impactos que tales alteraciones de los patrones climatológicos causan en el medio físico-biótico y en diferentes sectores socioeconómicos. Una de las regiones señaladas en una visión general, tanto por la magnitud de las anomalías climáticas que generan los fenómenos mencionados como por los impactos, es la región Caribe, en donde está situado el departamento del Atlántico.

El presente trabajo expone los resultados del análisis del efecto climático de los fenómenos de El Niño y La Niña en el departamento del Atlántico y su impacto en la producción agrícola departamental. Parte de reconocer la relación clima-cultivos, con una descripción detallada de la relación de los calendarios de cultivo (se seleccionaron los más representativos) con el ciclo pluviométrico anual propio de la región. El análisis de la variabilidad climática interanual se hace tomando como indicador de esta a un índice de precipitación que señala los periodos en los que se observaron anomalías (déficit o exceso de precipitación). Para explorar la relación de estas anomalías con los fenómenos oceánicos de El Niño y La Niña, se estimó la correlación entre las series del índice de precipitación y el índice oceánico de El Niño —en adelante, ONI— y se espacializó este coeficiente para identificar los sectores en los que tal relación es más marcada. Finalmente, el impacto de las anomalías climáticas en los cultivos se valoró a través del coeficiente de correlación entre un índice de precipitación estacional y un índice anual de rendimientos de los cultivos estudiados.

Progreso en el conocimiento sobre el tema

La producción agropecuaria depende de diversos factores socioeconómicos (uso de la tierra, política económica, coyuntura del mercado, etc.) y naturales (tipo de suelo, relieve, clima). Como lo anotan Thompson y Perry (1997), tanto cultivos, pastos y bosques como animales dependen del clima. En la medida en que este sector se ubica en el sector primario es muy dependiente de los factores naturales, y el clima y sus alteraciones tienen una marcada incidencia en la producción agrícola (Parry, Carter y Knoiijn 1988; Shafer y Miedle 1994). La producción agrícola está relacionada de diferentes formas

con el clima y está controlada por la distribución espacial y por el cambio temporal de las variables climatológicas (Pabón Caicedo 2005). Las anomalías climáticas (por ejemplo, déficit de lluvia o exceso de la misma) inciden en las diferentes fases del periodo vegetativo de las plantas, con lo que afectan (positiva o negativamente) la producción. La teoría de la incidencia del clima en las diferentes fases de los cultivos es abordada por la fenología, que es la ciencia que estudia la relación entre los factores climáticos y los ciclos de los seres vivos. Para el caso de los cultivos, es importante la fitofenología, ya que cada planta tiene su estudio fenológico particular.

El desarrollo de las prácticas agrícolas (siembra, aporque, desyerbe, aplicación de fungicidas o fertilizantes, cosecha, etc.) y su resultado están igualmente asociados con el calendario climático. Cualquier alteración de las variables climatológicas en relación con la condición promedio puede afectar el desarrollo de tales prácticas y su éxito, con lo que finalmente se afecta la producción. Por otra parte, con las variaciones de humedad del aire y del suelo se asocia la aparición de determinadas plagas y enfermedades que atacan los cultivos (Petzoldt y Seaman 2005), haciéndolos menos productivos, o haciendo que se dañe el fruto por su poca resistencia al cambio ambiental.

Se tiene establecido que, de manera recurrente, el clima presenta alteraciones transitorias o cambios de largo plazo que afectan la producción agrícola. Así, por ejemplo, los fenómenos de El Niño y La Niña inducen anomalías climáticas en diferentes regiones del mundo que tienen marcada incidencia sobre la agricultura de tales regiones. Esto ha sido constatado para diferentes países (Caviedes 2001; Conde y Saldaña 2007; Gil y Olcina 1997, por mencionar algunos) y para Colombia (Caicedo 2007; IDEAM 1997, entre otros). Eakin (2000), por su parte, analizó el impacto de las anomalías climáticas en la producción de los pequeños agricultores de maíz de México, lo que incide en los precios y en los patrones socioeconómicos locales, y concluye resaltando la importancia del conocimiento sobre la variabilidad y la predicción climática. Magaña y Gay García (2002) reportan que, con motivo del evento de El Niño en 1997-1998 en México, hubo una reducción aproximada de 3 millones de toneladas de maíz y daños cercanos a los 460 millones de dólares. En un estudio en el que relacionan variabilidad climática-agricultura-PIB para Sudáfrica, Jury (2002) encontró que es fuerte el impacto de las fases extremas de ENSO en la agricultura y, a través de esta, en el PIB. Hu y Buyanovski (2003) mostraron el

importante efecto de la variabilidad interanual de la precipitación y de las temperaturas estacionales en la producción de maíz de Missouri. Exploraciones similares, que destacan la relación entre variabilidad climática y producción agrícola, han sido efectuadas para otras regiones del mundo; por ejemplo, la de Sun et ál. (2007) para la producción de grano (principalmente maíz) en Ceará (Brasil) y la de Roberts et ál. (2009) para el arroz en Luzon (Filipinas). Greenland (2005) exploró el impacto de esta última en la producción de la caña de azúcar en Louisiana, y encontró que las fluctuaciones de la producción anual están determinadas por las oscilaciones interanuales de la media de la temperatura máxima de agosto, de la media de la temperatura mínima de febrero, de la humedad del suelo del periodo abril-septiembre y de la ocurrencia de huracanes en el otoño.

Existen evidencias de las anomalías climáticas asociadas al fenómeno de El Niño y La Niña en el territorio colombiano (IDEAM 1998; IDEAM-DGPAD 2002; Puerta y Carvajal 2008). Por medio de estos estudios se pueden inferir las anomalías climáticas que se observan sobre el departamento del Atlántico. Del estudio de Puerta y Carvajal (2008) se desprende que en el sector del Caribe en el que está localizado el departamento del Atlántico la temperatura media del aire tiene una alta correlación positiva con las anomalías de temperatura de la superficie del mar (TSM), en el sector Niño 3.4, en tanto que para la precipitación esta correlación es negativa. Otros autores (IDEAM 1998; IDEAM-DGPAD 2002) han señalado que la región Caribe se afecta por el déficit de precipitación cuando en el Pacífico se observa el fenómeno de El Niño y, por el contrario, por excesos de lluvia cuando ocurre La Niña.

Aunque diversos autores (Nolivos Álvarez y Santos Dávila 2000; Caviedes 2001; Klauer 2006) han mostrado la relación entre el clima y la variabilidad climática con la producción agrícola, en el ámbito colombiano son escasos los estudios que han incorporado esta variable para explicar el comportamiento del desempeño del sector agropecuario. Solo debido a las desastrosas consecuencias socioeconómicas que trajo al país el evento de El Niño de 1991-1992 se ha impulsado el análisis de los impactos de las fases extremas de la variabilidad climática y su incidencia en diferentes sectores socioeconómicos del país, en particular la agricultura (2000; Caicedo 2007; IDEAM 1997; IDEAM-DGPAD 2002). De otra parte, Fernández (2009) mostró los efectos de las anomalías climáticas asociadas al fenómeno de El Niño sobre la producción de papa en el altiplano

cundiboyacense. El tema se ha explorado también para el café (Baldión-Rincón y Guzmán-Martínez 1994; Guzmán-Martínez y Baldión-Rincón 1997) y para la palma africana (Cadena et ál. 2006), entre otros.

Sobre el efecto climático de los fenómenos de El Niño y La Niña en el departamento del Atlántico, solo se pueden hacer inferencias a partir de los trabajos, ya arriba citados, realizados con una visión nacional general, ya que hasta el momento no se dispone de las particularidades regionales en este aspecto.

El área de estudio

El departamento del Atlántico está localizado entre los $10^{\circ} 16' 01''\text{N}$ - $11^{\circ} 04' 30''\text{N}$ y los $74^{\circ} 43'$ - $75^{\circ} 16'\text{W}$ (Gobernación del Atlántico 2008), en el norte del territorio colombiano (véase mapa de la figura 1). En su relieve predominan las tierras bajas y llanas. Se presentan sistemas orográficos, como la serranía de Piojó, al noreste (municipios de Piojó, Juan de Acosta y Tubará), con su mayor altitud en la loma la Vieja (530 msnm); la serranía

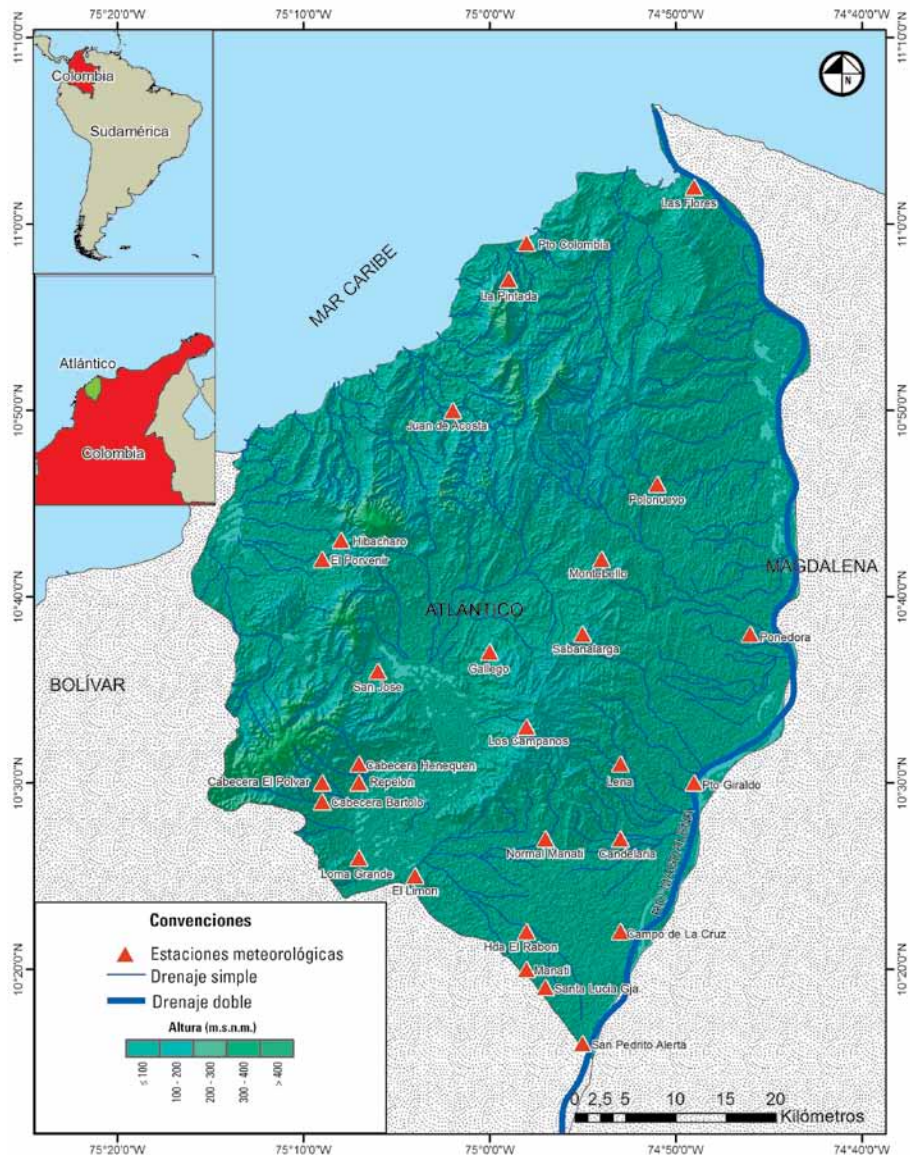


Figura 1. Localización y delimitación del departamento del Atlántico, con fisiografía, hidrografía y ubicación de las estaciones climatólogicas utilizadas para el análisis.

Datos: trabajo de campo 2010-2012.

de Luruaco (municipio de Luruaco), la loma del Caballo, en el sector norte de la serranía de Turbaco, al suroeste del departamento, y las lomas del Coco y Cabeza de Vaca (250 msnm), en Manatí. La mayor parte es una zona cenagosa encerrada entre la cuenca del río Magdalena y el canal del Dique; se presentan también corrientes, como los arroyos la Chorrera, Cucambito, Cascabel y Nisperal, y además el sistema del embalse del Guájaro y las ciénagas de Luruaco, el Totumo y Mallorquín.

El clima del departamento es cálido y seco. La temperatura media anual es del orden de los 28 °C, con temperaturas máximas absolutas que pueden alcanzar los 40 °C en horas del mediodía en algunos sectores. La precipitación anual está entre los 500 y los 1.500 milímetros (véase la distribución espacial en la figura 2), los cuales se distribuyen principalmente entre abril y octubre, con un repunte en mayo y el máximo principal en octubre; el periodo de diciembre a marzo es seco (el ciclo anual para diferentes sitios se presenta en la figura 2, a la derecha). En el mes de julio se presenta el llamado “veranillo de San Juan”, el cual no es totalmente seco. El departamento del Atlántico es una de las zonas con mayor radiación solar en el país: cerca de 2.500 horas de brillo solar al año y un promedio anual de radiación global neta entre 5 y 6 kWh/m² por día (IDEAM 2005).

El departamento del Atlántico se ha caracterizado por tener suelos aptos para la agricultura en una extensión de más de 700 km². En la actualidad, las tierras aptas para la explotación agrícola representan un 41% del área total del departamento, y de estas, el 16,6% están dedicadas a la agricultura. De la superficie cultivada, un 93,1% corresponde a cultivos transitorios y el 6,9% a cultivos permanentes, que en la mayoría de los casos se caracterizan por tener baja productividad, deficiente gestión y escasa utilización de herramientas tecnológicas (condiciones que la hacen más vulnerable a las fases extremas de la variabilidad climática). En tales circunstancias, el departamento del Atlántico presenta una baja oferta alimentaria, razón por la cual su abastecimiento depende en gran medida de los departamentos vecinos o del interior del país (Gobernación del Atlántico 2002).

En la economía del departamento del Atlántico, la agricultura, junto con la silvicultura y la pesca representan el 3,84% del PIB departamental; el sector ocupa el 7,5% de la mano de obra del departamento (Gobernación del Atlántico 2008). La agricultura regional tiene estrecha relación con el clima, principalmente, con la precipitación, ya que solo una pequeña parte del departamento cuenta con distritos de riego

(distritos de Manatí/Candelaria, Repelón y Santa Lucía), con los que se reduce la dependencia de las lluvias para el manejo de cultivos.

En el departamento del Atlántico, el sector rural se encuentra conformado en su mayoría por campesinos, cuya principal actividad es la agricultura, enfocada en los cultivos de pan coger; en los monocultivos, como yuca, guandú, maíz, melón, ahuyama, tomate, guayaba, mango, y en la ganadería extensiva. Esta economía se basa en la agricultura y, en menor escala, en la ganadería y el comercio. La posibilidad de sacar adelante las actividades agrícolas en este departamento depende en grado importante de las condiciones climatológicas, cuya variabilidad impone situaciones favorables y adversas, como se describe adelante.

Materiales y métodos

El modelo conceptual que fundamenta el presente trabajo contempla tres componentes: condiciones del Pacífico tropical (condiciones como El Niño o La Niña), variabilidad climática regional (anomalías climáticas) y producción agrícola del departamento del Atlántico. Acorde con ello, se realizó el análisis de las siguientes variables:

- Las condiciones del océano Pacífico tropical (fenómenos de El Niño y La Niña): con el ONI.
- La variabilidad climática en el departamento del Atlántico: con la variabilidad de un índice de precipitación mensual, calculado a partir de los datos de las estaciones climatológicas establecidas en la región.
- Producción agrícola del departamento de Atlántico: con los rendimientos de los principales cultivos de la región (sorgo, maíz, plátano, yuca, frijol, ajonjolí y algodón) en agregado departamental.

La variabilidad climática en este caso se representa únicamente con la variabilidad del índice de precipitación, lo que no significa que se desconozcan variables como la temperatura del aire, la radiación solar y la humedad del aire y del suelo en el desarrollo de los cultivos. Se descartó el análisis de las demás variables debido a que pocas estaciones disponen de datos sobre estas, y los existentes presentan problemas de calidad. Sin embargo, es posible asumir la variabilidad de la precipitación como representativa de la variabilidad climática regional, partiendo del hecho de que es la precipitación la que presenta las oscilaciones más marcadas a través de los años.

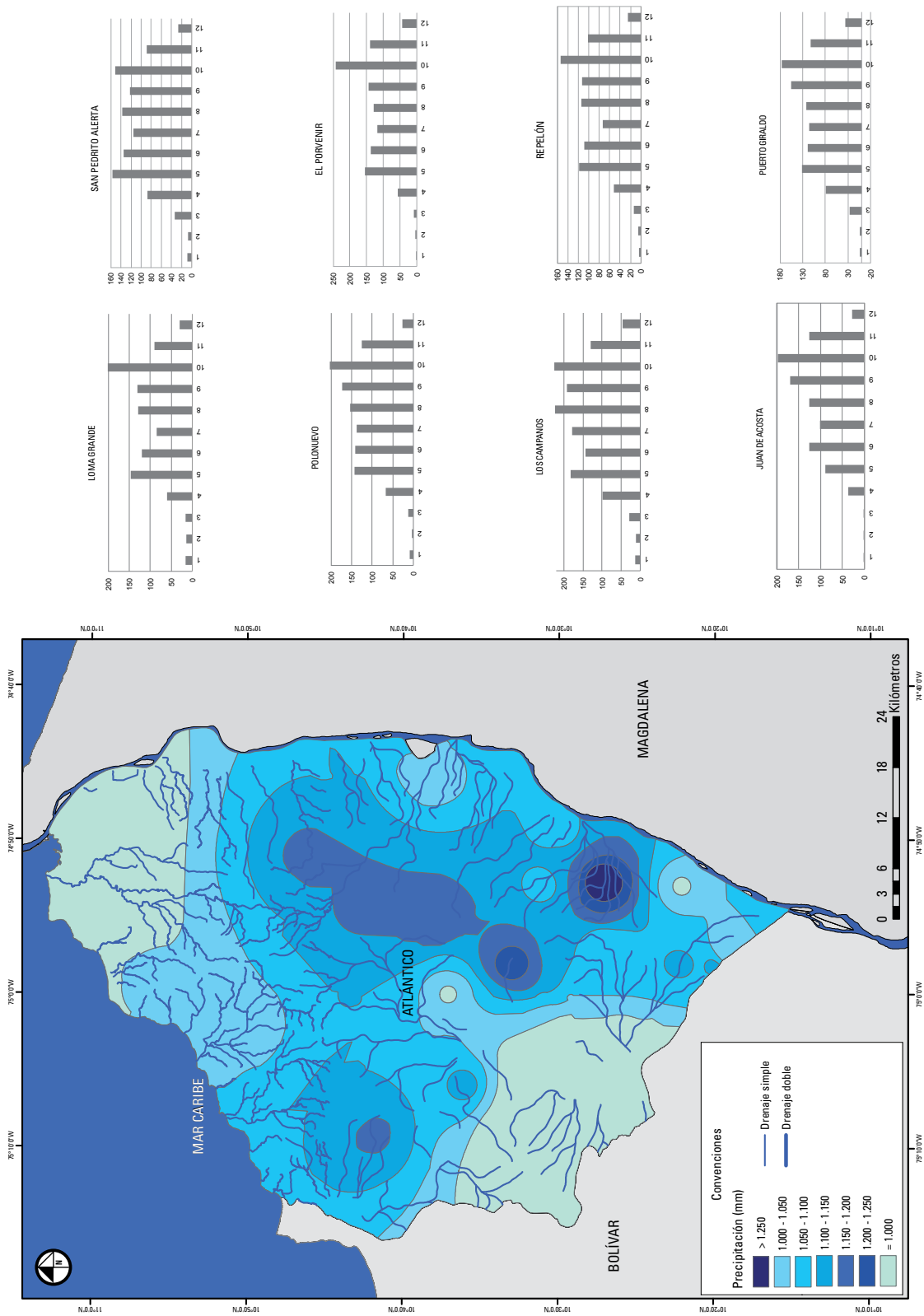


Figura 2. Distribución espacial de la precipitación anual (izquierda) y ciclo anual de la precipitación (derecha) en el departamento del Atlántico. Datos: trabajo de campo 2010-2012.

El ONI se tomó de la base de datos de la National Ocean and Atmosphere Administration (NOAA), de los Estados Unidos¹, consultada el 30 de mayo del 2011, lo que corresponde a la versión anterior a la publicada en el primer semestre del 2012. Para el análisis en el presente trabajo se tomó el ONI del periodo 1966-2010, lapso para el cual hay datos de precipitación en la región. Los datos de precipitación mensual de las estaciones pluviométricas y climatológicas localizadas en el área del departamento del Atlántico fueron facilitados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Los datos correspondientes a los rendimientos de los principales cultivos, correspondientes al periodo 1976-2003, fueron las estadísticas agropecuarias de organismos especializados, como el Ministerio de Agricultura, la Secretaría de Agricultura y de Planeación Departamental y los anuarios de la Gobernación del Atlántico.

Se contó inicialmente con series de datos de precipitación mensual de 37 estaciones pluviométricas/pluviográficas/climatológicas, distribuidas como se ve en la figura 1. La verificación de estas series se centró en identificar, con la diferencia de los promedios de diversos periodos, la existencia de heterogeneidades. En general la mayor parte de las series resultaron ser homogéneas.

Un alto número de las series de precipitación mensual presentaron datos faltantes. Algunas mostraron largos periodos con vacíos que no permitían generar datos (años con vacíos de más del 10% no se utilizaron para el análisis). Para las series con pocos vacíos se generaron datos faltantes con base en la relación establecida entre los promedios multianuales de dos estaciones (una de referencia y la del dato faltante). La generación de datos faltantes con este método se realizó solo para pares de estaciones que contaron con coeficientes de correlación superiores a 0,6. Después de este procedimiento, quedaron solo 22 aptas para realizar el análisis (véanse los detalles del procedimiento de control de calidad de los datos en Ruíz Cabarcas 2012).

Una vez asegurada la calidad de las series de datos, se organizaron series estacionales de precipitación, acumulando en cada año los volúmenes de lluvia de la estación seca (diciembre-enero-febrero-marzo), de la primera lluviosa (abril-mayo-junio), del veranillo de San Juan (julio) y de la segunda lluviosa (agosto-septiembre-octubre-noviembre).

El análisis de la variabilidad de la precipitación se realizó con series de un índice de precipitación estacional, el cual se calculó de la siguiente forma:

$$IP_{ij} = \frac{P_{ij} - \bar{P}_i}{\sigma_i}$$

Donde: IP_{ij} es el índice de precipitación de la estación i (seca, primera lluviosa, veranillo de San Juan, segunda lluviosa), del el año j ; P_{ij} es el volumen de precipitación de la estación i del año j ; \bar{P}_i es el promedio multianual de precipitación de la estación i para el periodo 1961-1990, y σ_i es la desviación estándar de la serie de precipitación de la estación, seca o lluviosa, i .

En el análisis de la relación entre la variabilidad de la precipitación y los rendimientos se hizo necesario organizar los datos de los rendimientos de los cultivos en un índice que mostrara la variabilidad interanual de estos y hacerlo comparable con el índice de precipitación. Dado que la serie de rendimientos de todos los cultivos presentan una marcada tendencia creciente, se aprovechó el cálculo del índice para eliminar dicha tendencia y dejar solo las oscilaciones interanuales. Este índice se calculó así:

$$IDR_j = R_j - \bar{R}_j^t$$

Donde: IDR_j es el índice de rendimientos de un cultivo dado para el año j ; R_j es el rendimiento del cultivo en un año j , y \bar{R}_j^t es el valor de la tendencia de los rendimientos correspondiente al año j , el cual se calcula por la regresión lineal de dicha tendencia. Los IDR_j se organizaron en series cronológicas interanuales de tal manera que se pudiera comparar su comportamiento con el del IP_{ij} .

Para identificar la relación entre las condiciones del Pacífico tropical, el clima del departamento del Atlántico y la producción agrícola de la región se efectuó la comparación visual con la ayuda de gráficos del comportamiento de las series y el cálculo del coeficiente de correlación (Wilks 1995) entre los índices mencionados. De esta manera se elaboraron gráficos comparativos entre el comportamiento del ONI y del IP mensual y se calcularon los respectivos coeficientes de correlación. De igual manera se procedió con las series estacionales de IP y las del IDR . Finalmente, se elaboraron mapas de la distribución espacial de los coeficientes de correlación a fin de identificar los sectores del departamento en los que el comportamiento de la precipitación está más relacionado con las fluctuaciones departamentales de los rendimientos.

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

Análisis de la relación clima-cultivos en el departamento del Atlántico

Los resultados del análisis efectuado inicialmente sobre la relación entre el ciclo anual de precipitación, la fenología (los periodos de floración y fructificación) y el calendario de prácticas agrícolas se presentan en la figura 3, en la que se puede establecer cuál de las estaciones —seca (noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo), primera lluviosa (abril, mayo y junio), veranillo (julio) y segunda lluviosa (agosto, septiembre, octubre)— es la más importante para cada cultivo y cuál podría generar algún efecto notorio en la producción. Los cultivos de la región tienen las siguientes particularidades:

El sorgo es una planta que se desarrolla en 6 meses, requiere de temperaturas superiores a los 21 °C y agua entre los 500 y 600 mm (incluyendo la humedad almacenada en el suelo) para dar rendimientos óptimos. Por su estructura resiste a la sequía, pero si se expone a largos periodos de esta, disminuye su rendimiento (Gómez y Sarmiento 1975). La siembra del sorgo se realiza en dos periodos, el primero de septiembre a octubre y el segundo entre abril y mayo, con el objetivo de apro-

vechar las precipitaciones de las dos fases lluviosas de la región. Las lluvias son importantes para la floración y la fructificación, pero para la recolección de la mazorca se requieren condiciones secas, desarrollándose este último proceso del cultivo en los meses de enero-febrero (Sorgo1) y agosto (Sorgo2).

La yuca es un arbusto que tiene rendimientos máximos entre los 25-29 °C, siempre que haya humedad en el suelo. La siembra se realiza al comienzo de las fases de lluvias. A pesar de ser un cultivo de secano, la yuca no tiene igual rendimiento con deficiencia de humedad, aunque las plantas crezcan y puedan dar algo de producción. Suele cosecharse entre los 7 y los 10 meses (Finagro s.f.). En el Atlántico este cultivo se presenta dos veces al año, de manera que una de esas siembras (Yuca1) se desarrolla bajo condiciones relativamente secas, mientras que la otra (Yuca2) dispone de abundante recurso hídrico. La diferencia de condiciones de humedad imprime características particulares a los tubérculos cosechados en una u otra de las campañas².

2 Los tubérculos de la primera cosecha son generalmente de menor grosor, con la cáscara delgada y fuertemente adherida

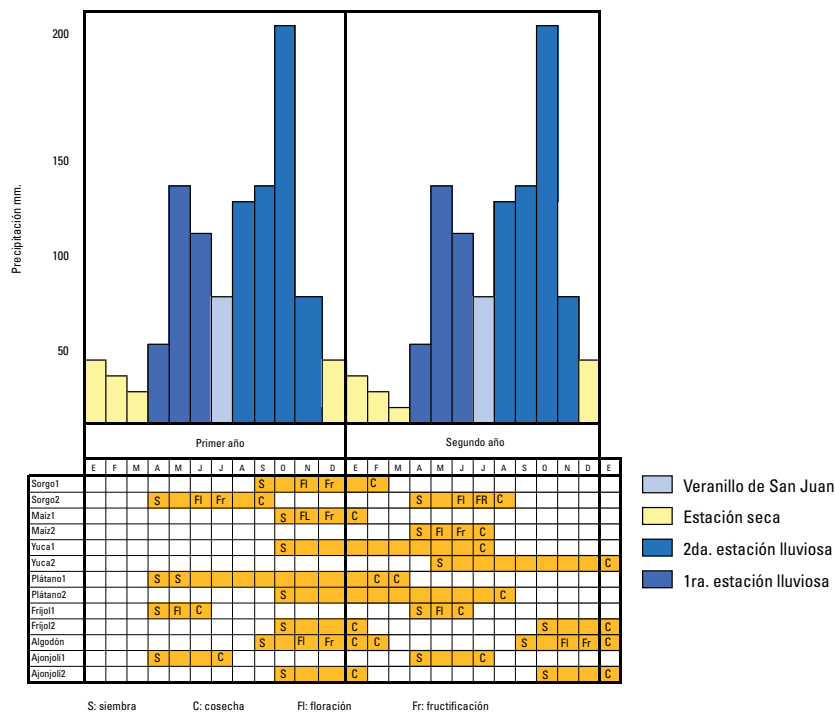


Figura 3. Ciclo anual de la precipitación en las estaciones Loma Grande y Repelón (Atlántico), y los calendarios de los principales cultivos de la región. Datos: trabajo de campo 2010-2012.

Para este cultivo, la segunda temporada de lluvias parece ser importante, sin embargo, la reducción de estas es deseable en la fase de recolección.

El maíz es un cultivo que requiere una temperatura de 25 a 30 °C, bastante incidencia de luz solar y agua en el orden de unos 5 mm al día. Las lluvias son muy necesarias en periodos de crecimiento, pero cuando la mazorca está madura debe disminuir la cantidad de agua para facilitar la etapa de recolección (Finagro s.f.). El cultivo del maíz en el departamento del Atlántico tiene un periodo vegetativo de tres meses, de manera tal que durante el año se presentan dos campañas:

- La primera se siembra en octubre para aprovechar que la oferta de agua de octubre-noviembre supla las necesidades de la germinación y el desarrollo del cultivo y para que la fructificación coincida con el periodo seco que facilita la recolección.
- La segunda siembra aprovecha las lluvias que inician en abril y en el veranillo de San Juan para la cosecha.

El plátano, si bien crece y se produce durante todo el año, tiene épocas de siembra en abril-mayo y en octubre, cuya producción se obtiene a los 11 meses; por tal razón se tienen dos épocas del año con mayor oferta, que corresponden a los meses de enero-marzo y de agosto. Al igual que los anteriores cultivos, la época propicia para la siembra del plátano es al comienzo de la época de lluvias. Según estudios de Corpoica, para el óptimo rendimiento del plátano se requiere una temperatura de 26 °C y precipitaciones de 120 a 150 mm de lluvia mensual, bien distribuidas. Las raíces superficiales del plátano suelen afectarse con el más mínimo déficit de agua, así como también con las inundaciones, pues se destruyen las raíces y se reduce el número de hojas y la actividad floral (Palencia, Gómez y Martín 2006).

El cultivo de algodón, cuya duración es de 6 meses, se siembra en los primeros días del mes de septiembre para que la planta aproveche las lluvias de la segunda temporada lluviosa, la estación más importante para este cultivo. La cosecha se recoge a partir del cuarto mes, en temporada seca, en la cual se espera que haya escasa o nula precipitación para que la mota sea almacenada en óptimas condiciones. Según Finagro (s.f.),

a la pulpa en comparación con los de la segunda siembra, que es de mayor tamaño (grosor) y cuya corteza se puede separar con facilidad.

tradicionalmente en los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, Guajira, Magdalena, Sucre, Casanare, Meta, Guaviare y Vichada las siembras de algodón inician a mediados de cada año y se recolecta la producción entre diciembre y marzo del siguiente año.

El cultivo del ajonjolí es anual, y prospera en regiones cálidas con temperaturas entre 24 y 30 °C, radiación solar alta, precipitaciones entre 300 y 400 mm, suelos franco arenosos y con drenaje eficiente (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Observatorio Agrociencias Colombia 2005). El ajonjolí en el departamento del Atlántico tiene un periodo vegetativo de 4 meses y para su siembra se aprovecha la oferta hídrica que se presenta en las épocas de lluvia; la primera siembra del año se realiza en el mes de abril y se recolecta en julio, aprovechando la época seca del veranillo de San Juan; la segunda siembra se efectúa en el mes de octubre para esperar cosecha en el mes de enero, en plena temporada seca.

El frijol tiene una duración aproximada de 3 meses entre su siembra y cosecha, dándose la primera en temporadas lluviosas y la segunda en el periodo seco. La primera siembra se presenta en la primera temporada de lluvias, en el mes de abril, y se recolecta en el veranillo de San Juan; la segunda siembra se realiza en el mes de octubre y se cosecha en diciembre, aprovechando la primera temporada seca. Este cultivo no requiere de mucha agua y sus rendimientos se ven afectados por los excesos de pluviosidad en las épocas de siembra.

La variabilidad interanual de la precipitación en el departamento del Atlántico

En la figura 4 se grafican las secuencias de los índices de precipitación calculados para las diferentes estaciones climatológicas distribuidas en la región y las suavizaciones que permiten visibilizar la variabilidad interanual (fluctuaciones de la línea azul gruesa) diferenciándola de la intraestacional (oscilaciones de la línea azul delgada). Por limitaciones de espacio, se incluyen las secuencias para seis estaciones, de las 22 analizadas, sin embargo, estas son representativas de la variabilidad de la precipitación del departamento del Atlántico, teniendo en cuenta que la expresión de esta variabilidad es similar en toda la zona. (Los gráficos para las 22 estaciones se pueden consultar en Ruíz Cabarcas 2012).

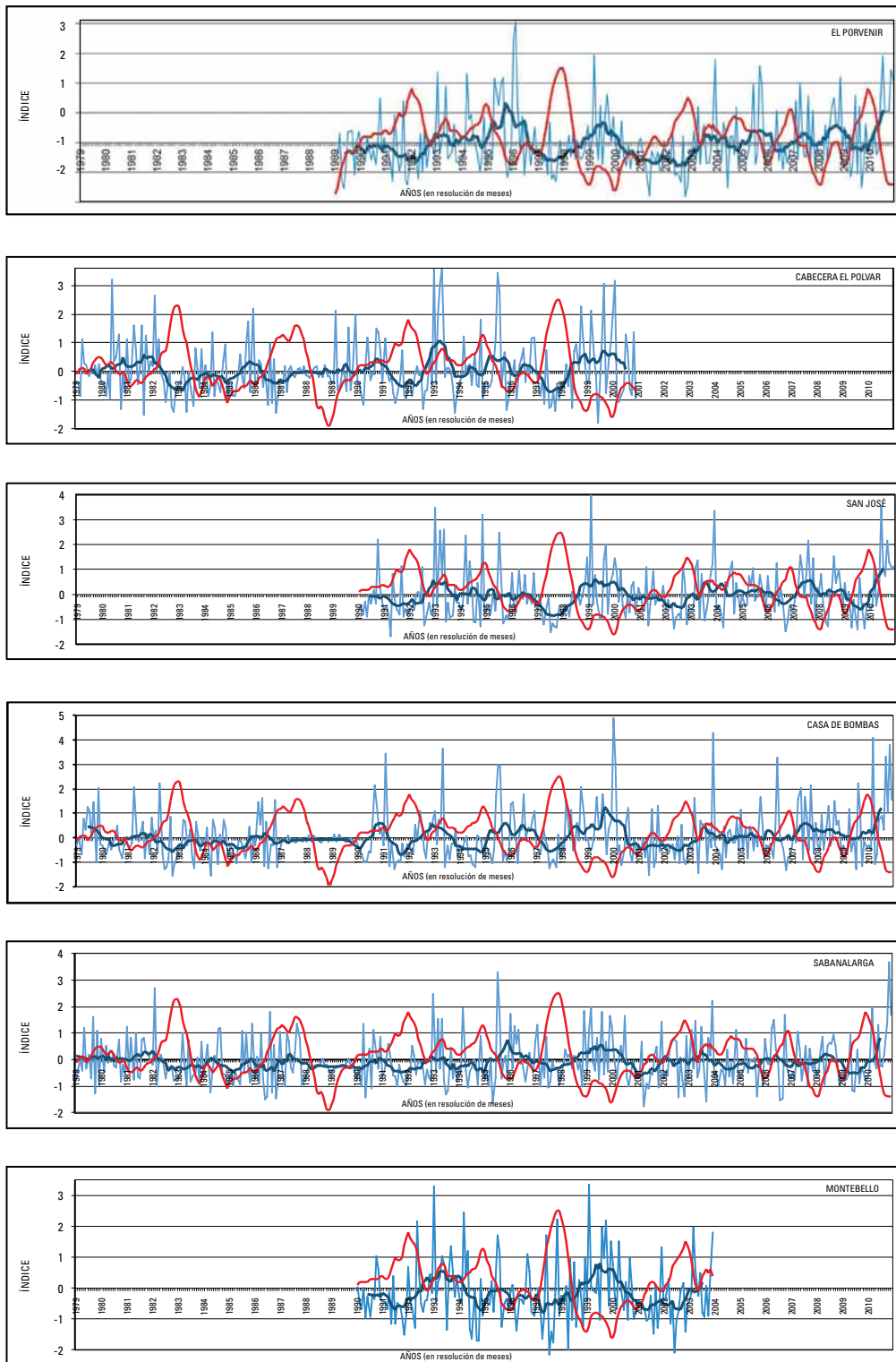


Figura 4. Serie de los índices *IP* para diferentes estaciones climatológicas del departamento del Atlántico (línea azul delgada), con la correspondiente suavización con media móvil de 11 puntos (línea azul gruesa), comparada con la secuencia del ONI (línea roja). Datos: trabajo de campo 2010-2012.

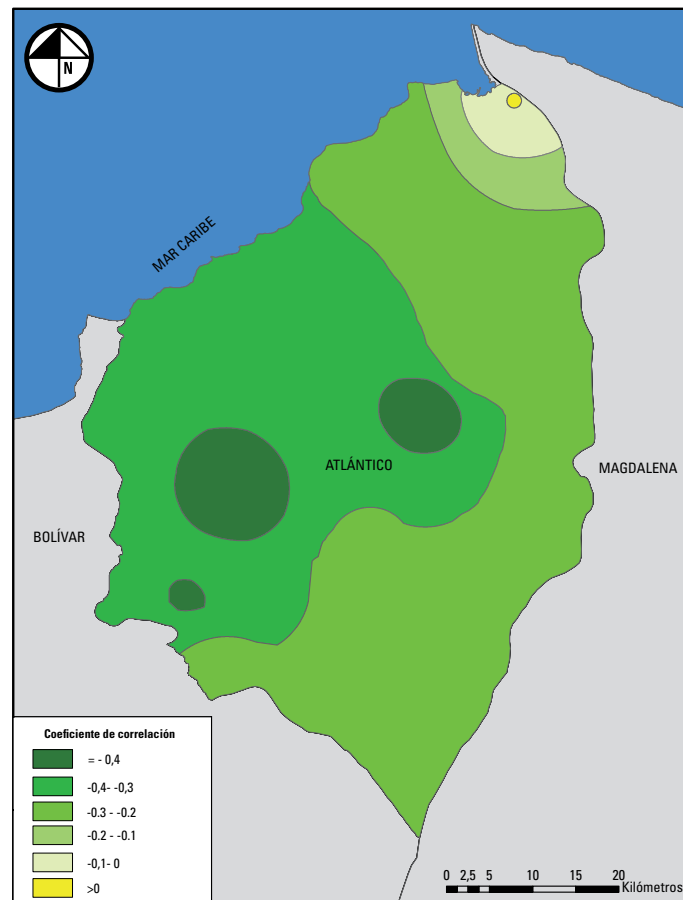


Figura 5. Distribución espacial del coeficiente de correlación entre la serie del ONI y las del IP en diferentes puntos del departamento del Atlántico. Datos: trabajo de campo 2010-2012.

En la variabilidad interanual del IP (figura 4) es posible identificar a simple vista la sucesión de periodos con lluvias escasas (predominio de valores negativos) y periodos con lluvias abundantes (predominio de valores positivos extremos), lo cual demuestra que recurrentemente la región se ve afectada por este tipo de anomalías climáticas.

Al efectuar la comparación de la variabilidad interanual del IP con las oscilaciones del ONI se puede establecer una relación inversa: a fases positivas del ONI corresponden fases negativas de la variabilidad interanual del IP, y viceversa. Esto significa que bajo condiciones del fenómeno de El Niño (valores positivos altos del ONI) se disminuye la precipitación en la región, y bajo la influencia de La Niña (valores negativos de ONI) se incrementa la precipitación regional.

El cálculo de los coeficientes de correlación entre la variabilidad interanual de la precipitación de cada estación y la del ONI arroja coeficientes entre -0,3 y -0,5, lo

que corrobora de manera cuantitativa dicha relación inversa. En la figura 5 se presenta la distribución espacial de estos coeficientes de correlación. En esta se muestra que hay una marcada respuesta de la precipitación a las condiciones de El Niño o La Niña en el sector occidental y en el centro del departamento, especialmente en los municipios de Repelón, Luruaco y Sabanalarga (sobre los que se aprecian núcleos con coeficientes de correlación relativamente altos).

El impacto de la variabilidad de la precipitación en el rendimiento de los cultivos

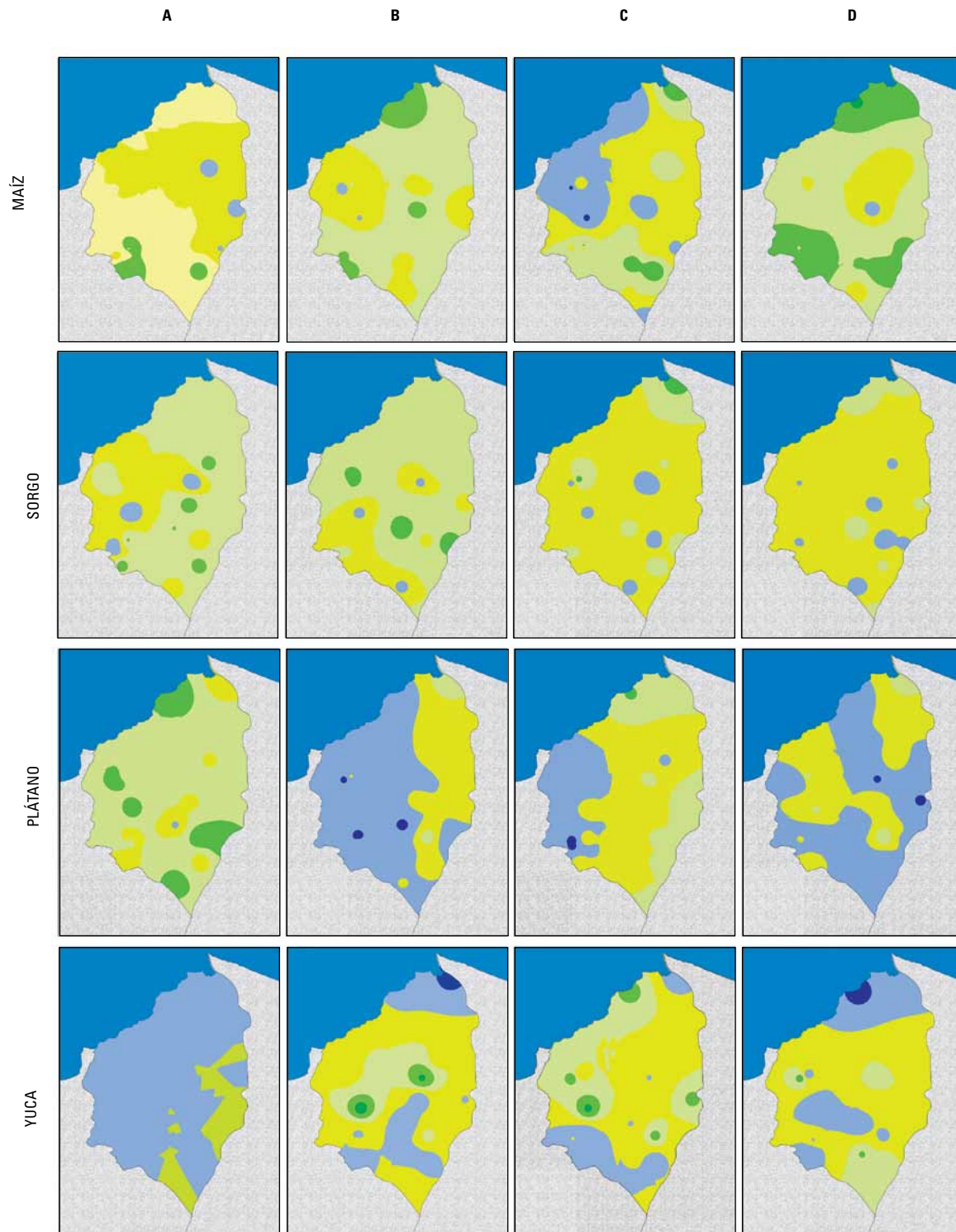
La tabla 1 presenta los coeficientes de correlación (r) entre el comportamiento interanual del IP estacional y el del IDR de diferentes cultivos (con desfase de un año, es decir, el año anterior del IP vs el año dado de IDR) para cada uno de los 22 puntos analizados.

Tabla 1. Coeficiente de correlación (*r*) entre las series del IDR de diferentes cultivos y las del *IP* de las cuatro estaciones climáticas para los 22 puntos de medición.

Loma Grande								
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjoli	Frijol
1	Temporada seca	-0,5	-0,3	0,1	0,6	-0,1	0,0	0,1
	1ra. Temp. lluvia	-0,3	0,1	0,2	0,4	0,1	0,0	-0,1
	Veranillo	-0,1	0,0	0,1	0,4	0,1	0,6	-0,1
	2da. Temp. lluvia	-0,3	0,0	0,0	0,4	0,2	-0,1	-0,1
Normal Manatí								
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjoli	Frijol
2	Temporada seca	-0,1	-0,1	-0,2	0,2	0,2	0,1	-0,2
	1ra. Temp. lluvia	0,1	0,0	0,3	0,3	0,2	0,7	-0,2
	Veranillo	-0,3	0,1	0,1	0,2	-0,5	0,2	0,2
	2da. Temp. lluvia	-0,2	0,1	0,3	-0,2	-0,3	0,0	-0,3
Ponedera								
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjoli	Frijol
3	Temporada seca	0,2	-0,1	-0,1	0,1	0,4	0,1	-0,2
	1ra. Temp. lluvia	0,1	0,0	0,1	0,2	0,4	0,5	-0,5
	Veranillo	0,2	0,1	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	0,4
	2da. Temp. lluvia	-0,2	0,0	0,5	0,1	0,0	0,1	0,3
Sabanalarga								
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjoli	Frijol
4	Temporada seca	0,0	-0,3	0,1	0,4	0,3	0,3	-0,2
	1ra. Temp. lluvia	-0,3	-0,1	0,1	0,4	-0,2	0,0	-0,5
	Veranillo	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,5	0,2
	2da. Temp. lluvia	0,3	0,3	0,0	0,1	0,2	0,5	-0,1
Los Campanos								
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjoli	Frijol
5	Temporada seca	-0,2	-0,2	0,2	0,4	-0,1	0,5	-0,3
	1ra. Temp. lluvia	0,0	-0,4	0,6	0,5	0,1	0,3	-0,4
	Veranillo	-0,1	-0,1	0,2	0,2	-0,4	0,4	0,0
	2da. Temp. lluvia	0,0	-0,2	0,4	0,4	-0,3	0,4	-0,4
Puerto Giralto								
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjoli	Frijol
6	Temporada seca	0,2	0,0	-0,4	-0,1	0,3	-0,2	0,0
	1ra. Temp. lluvia	-0,1	-0,3	0,4	0,1	0,7	0,4	-0,2
	Veranillo	0,2	-0,1	0,0	0,1	0,2	-0,1	0,5
	2da. Temp. lluvia	-0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4
Lena								
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjoli	Frijol
7	Temporada seca	0,1	0,1	-0,4	-0,1	0,4	0,2	-0,1
	1ra. Temp. lluvia	0,0	0,1	-0,1	-0,1	0,3	0,2	-0,1
	Veranillo	0,2	0,3	0,0	-0,3	-0,3	-0,2	0,3
	2da. Temp. lluvia	-0,1	0,3	-0,2	0,3	0,1	0,3	-0,4
Polonuevo								
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjoli	Frijol
8	Temporada seca	0,2	-0,3	0,0	0,0	-0,1	0,2	-0,2
	1ra. Temp. lluvia	-0,2	-0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,0
	Veranillo	-0,2	0,0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3
	2da. Temp. lluvia	0,1	0,2	0,1	0,0	0,2	0,6	0,0
San Pedrito Alerta								
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjoli	Frijol
9	Temporada seca	0,0	0,0	-0,1	0,3	0,1	0,1	-0,2
	1ra. Temp. lluvia	-0,1	-0,1	0,3	0,1	-0,1	0,2	-0,3
	Veranillo	0,4	0,2	-0,2	0,1	0,4	0,5	0,3
	2da. Temp. lluvia	-0,1	-0,2	0,4	0,0	0,0	0,6	-0,3
Hacienda El Rabón								
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjoli	Frijol
10	Temporada seca	-0,1	0,0	-0,4	0,0	0,1	0,0	-0,1
	1ra. Temp. lluvia	0,1	0,3	0,2	0,0	0,1	0,4	-0,5
	Veranillo	0,0	0,2	0,0	0,2	-0,2	0,6	-0,2
	2da. Temp. lluvia	0,1	0,3	0,3	-0,2	0,4	0,2	0,2
Candelaria								
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjoli	Frijol
11	Temporada seca	-0,3	-0,3	0,1	0,3	-0,6	-0,3	0,2
	1ra. Temp. lluvia	-0,2	-0,1	0,1	0,3	0,6	0,6	-0,4
	Veranillo	-0,4	-0,1	0,0	0,3	-0,7	-0,1	0,0
	2da. Temp. lluvia	-0,4	0,0	0,4	-0,1	0,8	0,1	-0,1

		El Porvenir						
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjolí	Frijol
12	Temporada seca	0,0	0,2	-0,3	0,5		0,0	0,0
	1ra. Temp. lluvia	0,3	-0,1	0,6	0,0		0,7	-0,1
	Veranillo	0,5	0,3	0,4	-0,3		0,6	0,3
	2da. Temp. lluvia	-0,1	0,2	0,4	-0,3		0,4	-0,3
		Cabecera Bartolo						
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjolí	Frijol
13	Temporada seca	0,2	0,4	0,0	0,1	-0,2	-0,2	-0,1
	1ra. Temp. lluvia	-0,3	-0,1	0,4	0,2	-0,1	0,2	-0,2
	Veranillo	-0,1	-0,1	0,6	0,5	0,0	0,5	-0,3
	2da. Temp. lluvia	-0,5	0,1	0,3	0,3	-0,2	-0,2	-0,2
		Cabecera El Polvar						
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjolí	Frijol
14	Temporada seca	-0,2	0,3	-0,1	-0,3	-0,2	-0,5	-0,2
	1ra. Temp. lluvia	-0,2	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0
	Veranillo	0,0	0,1	0,6	0,2	-0,2	0,7	-0,1
	2da. Temp. lluvia	-0,2	0,3	0,2	0,1	-0,3	0,0	-0,1
		San José						
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjolí	Frijol
15	Temporada seca	0,0	0,4	-0,3	0,3		0,2	-0,1
	1ra. Temp. lluvia	0,2	0,3	0,4	-0,7		0,3	0,0
	Veranillo	0,5	0,3	0,1	-0,6		0,5	0,5
	2da. Temp. lluvia	-0,1	0,2	0,0	0,5		0,1	-0,1
		Cabecera Henequen						
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjolí	Frijol
16	Temporada seca	-0,3	-0,3	0,2	0,6	-0,1	-0,1	-0,3
	1ra. Temp. lluvia	0,0	0,0	0,7	0,3	0,2	0,5	-0,3
	Veranillo	-0,2	0,1	0,1	0,5	-0,2	0,5	-0,2
	2da. Temp. lluvia	-0,3	0,0	0,4	0,1	-0,6	-0,2	-0,1
		Repelón						
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjolí	Frijol
17	Temporada seca	-0,2	0,0	-0,1	0,2	0,3	0,0	0,0
	1ra. Temp. lluvia	-0,2	0,0	0,3	0,1	0,4	0,2	0,0
	Veranillo	0,0	0,0	0,1	0,2	-0,2	0,3	0,0
	2da. Temp. lluvia	-0,4	0,2	0,2	0,2	-0,4	0,3	-0,1
		Casa de Bombas						
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjolí	Frijol
18	Temporada seca	-0,3	0,0	-0,2	0,2	-0,2	0,1	-0,3
	1ra. Temp. lluvia	0,1	0,0	0,5	0,1	0,5	0,4	-0,3
	Veranillo	-0,1	0,0	0,3	0,4	-0,3	0,4	-0,1
	2da. Temp. lluvia	-0,2	0,3	0,3	-0,1	-0,5	0,2	-0,2
		Hibácharo						
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjolí	Frijol
19	Temporada seca	0,1	0,1	-0,2	0,0	0,0	-0,3	0,2
	1ra. Temp. lluvia	0,0	-0,3	0,2	0,0	0,4	0,2	0,1
	Veranillo	0,1	-0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,0
	2da. Temp. lluvia	0,0	0,0	-0,1	0,3	0,0	-0,3	0,1
		Las Flores						
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjolí	Frijol
20	Temporada seca	-0,2	-0,1	0,1	0,4	0,2	0,4	-0,5
	1ra. Temp. lluvia	-0,1	-0,2	-0,1	0,6	0,5	0,0	-0,3
	Veranillo	-0,3	-0,3	-0,1	0,3	-0,2	-0,2	-0,3
	2da. Temp. lluvia	-0,3	0,0	-0,1	0,3	-0,1	0,1	-0,4
		Puerto Colombia						
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjolí	Frijol
21	Temporada seca	0,0	0,0	-0,3	0,2	-0,2	-0,3	0,0
	1ra. Temp. lluvia	-0,4	-0,2	0,3	0,3	0,1	0,0	-0,2
	Veranillo	0,4	0,0	-0,2	-0,2	0,4	0,0	0,2
	2da. Temp. lluvia	-0,5	-0,1	0,3	0,6	-0,1	0,3	-0,3
		Montebello						
	Fases ciclo anual	Maíz	Sorgo	Plátano	Yuca	Algodón	Ajonjolí	Frijol
22	Temporada seca	0,1	0,4	-0,2	0,4		0,0	0,0
	1ra. Temp. lluvia	0,1	0,2	0,3	-0,5		0,0	0,2
	Veranillo	0,2	0,3	0,0	0,2		0,5	-0,3
	2da. Temp. lluvia	0,0	0,0	0,5	-0,2		0,5	-0,4

Datos: trabajo de campo 2010-2012.



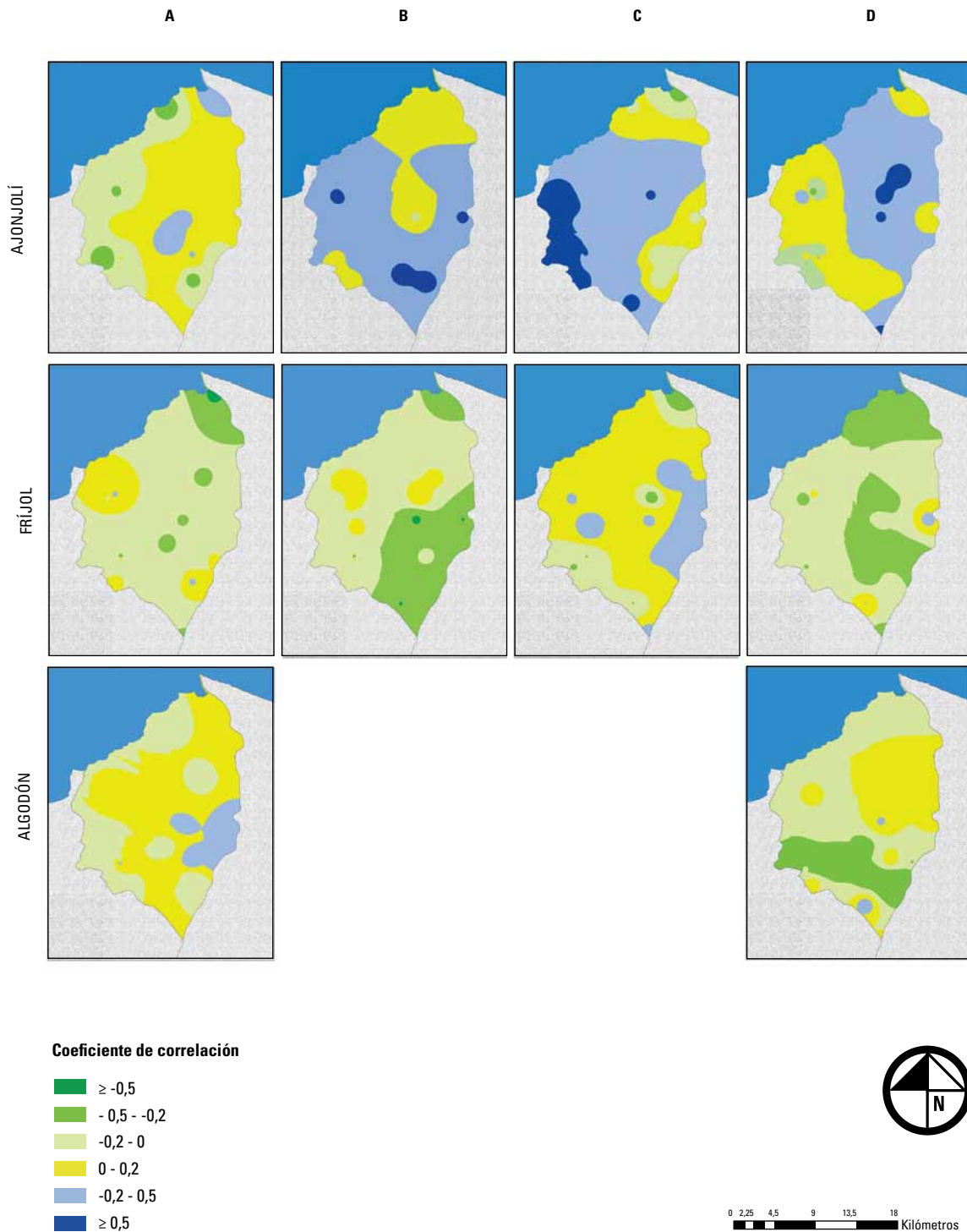


Figura 6. Distribución espacial de los coeficientes de correlación con desfase de un año entre los IDR de diferentes cultivos y el IP correspondiente a la temporada seca (a), primera estación lluviosa (b), veranillo de San Juan (c) y segunda lluviosa (d).

Datos: trabajo de campo 2010-2012.

Nota: el algodón se cultiva en la segunda lluviosa y se cosecha en la primera temporada seca. Para toponimia, ver figura 5.

La figura 6, que sintetiza la distribución espacial de estos coeficientes para diferentes cultivos, muestra una ausencia generalizada de correlación entre la variabilidad interanual del *IP* estacional y las fluctuaciones interanuales del IDR del maíz, ya que predominan valores de r entre $-0,2$ y $0,2$. Sin embargo, para las dos temporadas lluviosas se percibe una débil relación inversa entre sectores del norte y el sector sur-occidental; en la relación del *IP* de la segunda temporada lluviosa con los IDR aparece, incluso, un pequeño núcleo con $r < -0,5$ (o sea, una relación más notoria) al norte. En el caso de la estación del veranillo, una ligera relación directa se localiza al noroccidente, e incluso aparecen núcleos en donde esta relación es más acentuada ($r > 0,5$).

La relación de las oscilaciones del *IP* del veranillo y de la segunda temporada de lluvias con los IDR del sorgo (figura 6) es prácticamente inexistente en todo el territorio del departamento. Solo para la estación seca y para la primera temporada lluviosa hay sectores en los que la relación podría ser apenas perceptible (valores de r entre $-0,5$ y $-0,2$ y entre $0,2$ y $0,5$)

En lo que se refiere al plátano (figura 6), una débil relación directa (coeficientes de correlación de $0,2$ a $0,5$) entre los IDR y el *IP* de las dos temporadas lluviosas cubre una gran extensión del departamento, e incluso aparecen algunos núcleos en los que dicha relación es más fuerte ($r > 0,5$). En la temporada seca, en casi todo el territorio no se presenta relación entre los *IP* y los IDR, en tanto que en el veranillo de San Juan una relación directa es perceptible hacia el occidente del departamento, con un núcleo en el suroccidente, en el que tal relación es muy notoria.

Es posible observar en la misma figura que los *IP* de la estación seca en casi todo el departamento tienen una débil relación con los IDR de yuca. En las demás temporadas, el cubrimiento de esta relación se reduce notoriamente y solo quedan algunos núcleos aislados en los que la relación es más marcada (véase, por ejemplo, la primera temporada de lluvias, en la que aparece un núcleo en el que la relación directa está al norte y dos núcleos con fuerte relación inversa en la parte central de departamento; o, el veranillo de San Juan, cuando la relación se nota en el centro-occidente).

La relación de los *IP* de la estación seca con los IDR (figura 6) de algodón prácticamente no existe en todo el territorio del departamento. Los *IP* de la segunda temporada de lluvias en una franja al sur afectan débilmente los IDR departamentales.

De acuerdo con la figura 6, existen pequeños núcleos que muestran una débil correlación (r de $0,2$ a $-0,2$) entre la variabilidad interanual del *IP* estacional y las fluctuaciones interanuales del IDR del ajonjolí en la temporada seca, que se hallan dispersos en buena parte del departamento. Para las dos temporadas lluviosas y el veranillo de San Juan se percibe una débil relación directa entre las dos variables en grandes extensiones del departamento, exceptuando sectores del norte y centro durante la primera temporada lluviosa; del norte, occidente y suroccidente en la segunda temporada de lluvias, y del norte y el suroriente en el veranillo de San Juan. La relación se muestra más estrecha con núcleo con $r > -0,5$ al sur, al oriente y occidente en la primera lluviosa; al centro y extremo sur en la segunda lluviosa, y al centro, sur y occidente (en una mayor franja) en el veranillo.

También es posible inferir que los rendimientos del frijol son poco sensibles a las variaciones de los *IP* de las diferentes temporadas en todo el departamento, el que está cubierto en su mayor parte con valores de coeficiente de correlación muy bajos. Solo la variabilidad de los *IP* de las épocas lluviosas de áreas relativamente extensas al norte y al oriente tiene una débil relación con los IDR.

Conclusiones y recomendaciones

En el análisis de la relación clima (precipitación) y agricultura departamental se pudo establecer que aunque hay un componente tecnificado basado en riego, gran parte de los principales cultivos del sector agrícola regional planifican de acuerdo con el ciclo anual de la precipitación, lo que expone al sector directamente a los embates de las anomalías climáticas.

El análisis de las series del *IP* mensual permitió mostrar la recurrencia de anomalías extremas en el comportamiento de este; las que mediante análisis comparativo con la serie del ONI presentan una clara concordancia con las fases cálida (El Niño) y fría (La Niña) del ciclo ENOS. A pesar de la evidente relación, los coeficientes de correlación calculados para las series suavizadas del *IP* mensual vs series del ONI fueron relativamente bajos; sin embargo, una relación inversa es perceptible ($r < -0,4$) en el sector centro-occidental del departamento, en donde, según esto, la respuesta de la precipitación regional a los procesos en el océano Pacífico es más marcada.

Así, se estableció que los fenómenos de El Niño y La Niña generan en alto grado las oscilaciones interanuales de la precipitación de las diferentes regiones del departamento. Bajo condiciones de El Niño, en la región se registran volúmenes de precipitación por debajo de lo normal; en condiciones de La Niña, hay lluvias por encima de la norma (es necesario considerar que el efecto de estas últimas se suman a las inundaciones generadas por las crecientes del río Magdalena como consecuencia de las abundantes lluvias que ocurren en toda la cuenca bajo la influencia del fenómeno de La Niña, factor que no se incluye en las series de precipitación analizadas en el presente trabajo).

Las anomalías climáticas recurrentes asociadas al efecto de los fenómenos de El Niño y La Niña en la región afectan el sector agrícola departamental, en términos generales, de la siguiente manera: bajo la influencia de eventos de La Niña las abundantes lluvias inundan los cultivos y disminuyen el rendimiento de los mismos; bajo los efectos del fenómeno de El Niño los déficit de precipitación y eventos de sequías reducen la producción de los diferentes cultivos. Sin embargo, no todos los cultivos han reaccionado de igual forma ante las fases extremas mencionadas.

Se encontró que el ajonjolí y el plátano aumentan sus rendimientos si se presentan volúmenes de precipitación por encima de lo normal (generalmente bajo La Niña) durante el veranillo de San Juan y en las dos estaciones de lluvias. En el caso de la yuca, volúmenes de precipitación por encima de lo normal en la estación seca tienen una incidencia positiva en los rendimientos. Entre tanto, el maíz incrementa sus rendimientos si en el veranillo de San Juan se registran volúmenes de precipitación por encima de lo normal y los reduce si llueve por encima de lo normal en la segunda temporada lluviosa. El frijol disminuye sus rendimientos si los volúmenes de precipitación en la 1^{ra} y 2^{da} estación lluviosa están por encima de lo normal, y los aumenta si la precipitación en el veranillo de San Juan está por encima de lo normal. Para el algodón, las precipitaciones por encima de lo normal en la 2^{da} estación lluviosa disminuyen los rendimientos. El sorgo no presentó una respuesta notoria a las anomalías en la precipitación.

Lo anterior permite constatar que, en efecto, las fases extremas de la variabilidad climática asociadas a los fenómenos de El Niño y La Niña tienen un impacto importante en la producción agrícola del departamento del Atlántico. Una forma de reducir este impacto negativo es adaptar la agricultura regional a las condiciones

anómalas que recurrentemente imponen estas fases extremas.

En el desarrollo de este trabajo fue posible detectar la ausencia o limitada existencia de aspectos fundamentales para avanzar en propuestas y acciones concretas para una adaptación. Se encontró, por ejemplo, limitaciones en el conocimiento detallado del clima regional (no hay conocimiento de la causa de la diferenciación de la distribución espacial de la precipitación en la región: ¿por qué hay un núcleo seco sobre la zona de Repelón?, por ejemplo) y del papel de los sistemas orográficos en la conformación del mismo. También se pudo establecer que aunque se dispone de estadísticas sobre la producción agrícola, estas no son completas, y se presentan consolidadas para el departamento. No se dispone de información de la producción agrícola detallada por municipio. Adicionalmente, el conocimiento sobre la relación clima y cultivos regionales se queda en lo general de los rangos de temperatura y humedad requerida por estos y no hay información en cuanto a cómo reaccionan frente al *stress* hídrico o sobre la resistencia de cada especie o variedad a situaciones de déficit o de abundancia de humedad.

Con este diagnóstico, y con base en las conclusiones obtenidas a partir del trabajo expuesto en los capítulos anteriores, se recomienda desarrollar las siguientes acciones:

- Desarrollar investigaciones en el área de meteorología y de climatología que expliquen en detalle las diversas causas de la distribución particular de las variables climatológicas en el departamento.
- Explorar la resistencia al *stress* hídrico (exceso o déficit) de las diferentes especies cultivadas en el departamento y sus variedades, con el fin de utilizar este conocimiento para planificar las siembras en fases de El Niño (déficit hídrico) o La Niña (exceso de humedad).
- Establecer un sistema de información de la producción agrícola, por lo menos en escala municipal (con resolución de corregimientos), en el que se reporte detalladamente como mínimo el área de siembra, área cosechada, plagas y enfermedades observadas, fenómenos hidrometeorológicos registrados y la producción.
- Ante el anuncio del advenimiento de un fenómeno de El Niño (La Niña), propiciar el cultivo de las especies que, según el presente trabajo, se ven menos afectadas por el déficit (exceso) de humedad.

- Prestar mayor atención al sector occidental del departamento, en donde la señal de efecto de los fenómenos de El Niño y La Niña en la precipitación es más marcada. Considerar que bajo condiciones de La Niña, el sector oriental se ve afectado además por las crecidas del río Magdalena que inundan gran parte de dicho sector.

Reconocimientos y agradecimientos

El trabajo investigativo base de este artículo se enmarca en la línea de Impacto Socioeconómico de la Variabilidad Climática en Colombia, del grupo de investigación Tiempo, Clima y Sociedad, del departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Colombia.

Para el logro de los resultados fue importante la cooperación del IDEAM, que suministró la información climatológica, y el apoyo de entidades como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), y la Secretaría de Planeación Departamental del At-

lántico (sección de Estadística), entidades que aportaron la información sobre la producción agrícola regional. La Secretaría de Desarrollo Económico del departamento, por intermedio de la Subsecretaría de Gestión Agropecuaria, facilitó la información relacionada con las prácticas agrícolas culturales y los datos de producción de la región.

En el desarrollo del trabajo se contó con apoyo financiero parcial de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia, a través de la División de Investigación, Sede Bogotá (DIB), convocatoria Apoyo de la DIB a Tesis de Investigación en Postgrados-Cuarto Corte.

Se expresa un especial agradecimiento a los señores Policarpo Ruiz Polo y José Manuel Charrys Meza, asistentes técnicos agrícolas de la UMATA de Repelón, por la información sobre las actividades agrícolas de la región. De igual manera se agradece a Yenny Viviana Sánchez Alcalá, geógrafa del grupo de investigación Tiempo, Clima y Sociedad, por su apoyo en la elaboración de los mapas presentados en este artículo.

Aida del Carmen Ruíz Cabarcas

Licenciada en Ciencias de la Educación, Especialidad Ciencias Sociales, de la Universidad del Atlántico (Colombia); magíster en Geografía de la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente es docente de Ciencias Sociales en la Secretaría de Educación del Distrito de Bogotá. Sus líneas de investigación son: amenaza y riesgo naturales e inducidos antrópicamente, y dimensión biogeofísica y socioeconómica del cambio global.

José Daniel Pabón Caicedo

Ph. D. en Meteorología del el Instituto Hidrometeorológico de Odessa (Ucrania), docente de la Universidad Nacional de Colombia.

Referencias

- Baldión-Rincón, José y Orlano Guzmán-Martínez. 1994. Condiciones climáticas en la zona cafetera en los años 1991, 1992 y 1993 y su influencia en las cosechas de café. *Cenicafé Avances Técnicos* 203:1-8. ISSN 0120-0178.
- Cadena, Martha, José Daniel Pabón Caicedo, Andrea Devis, Igor Málikov, Javier Reyna y Javier Ortiz. 2006. Relationship Between the 1997/1998 El Niño and 1999/2001 La Niña Events and Oil Palm Tree Production in Tumaco, Southwestern Colombia. *Advances in Geophysics* 6:195-199.
- Caicedo, Edgar. 2007. El fenómeno de El Niño y su posible impacto en Colombia. *Reportes del emisor: investigación en información económica* 92:1-4. ISSN 0124-0625. Bogotá: Banco de la República.
- Caviedes, Cesar. 2001. *The Niño in History: Storming through the Ages*. Gainesville: University Press of Florida.
- Conde, Cecilia y Sergio Saldaña. 2007. Cambio climático en América Latina y el Caribe: impactos, vulnerabilidad y adaptación. *Revista Ambiente y Desarrollo (CIPMA)* 23 (2): 23-30. Santiago de Chile.
- Corporación Andina de Fomento (CAF). 2000. Las lecciones de El Niño 1997-1998. *Memorias del fenómeno El Niño 1997-1998, retos y propuestas para la región Andina*. 5 vols. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.
- Eakin, Hallie. 2000. Smallholders Maize Production and Climate Risk: A Case Study from México. *Climate Change* 45 (1): 19-36.
- Fernández, Mery. 2009. *Efecto del fenómeno El Niño en el agrosistema de papa y sus impactos socioeconómicos en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá para el periodo de 1976-2006*. Tesis de Maestría en Ciencias (Meteorología), Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Fondo para el financiamiento del Sector Agropecuario (FINAGRO). s.f. *Sistema de Información sectorial (SIS)*. http://www.finagro.com.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-9&p_options (consultado en mayo del 2012).
- Gil, Antonio y Jorge Olcina. 1997. *Climatología general*. Barcelona: Ariel.
- Gobernación del Atlántico. 2002. *Economía departamental retrospectiva y perspectiva*. Barranquilla: Departamento Administrativo de Planeación.
- Gobernación del Atlántico. 2008. *Plan de Desarrollo del Atlántico 2008-2011: "Por el Bien del Atlántico. Unidos, Todo se Puede Lograr"*. Barranquilla: D. E. I. P.
- Gómez, Hernán y Adonias Sarmiento. 1975. *El cultivo del sorgo*. Tesis de grado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Medellín. http://www.bdigital.unal.edu.co/38/6/11-_5_Capi_5.pdf (consultado en mayo del 2012).
- Greenland, David. 2005. Climate Variability and Sugarcane Yield in Louisiana. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 44:1655-1666.
- Guzmán-Martínez, Orlando y José Vicente Baldión-Rincón. 1997. El evento cálido del Pacífico en la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 48 (3): 141-155.
- Hu, Qi y Gregory Buyanovski. 2003. Climate Effects on Corn Yield in Missouri. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 42:1626-1635.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 1997. *Posibles efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno El Niño en el periodo 1997-1998 en Colombia*. Bogotá: IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 1998. *Posibles efectos naturales y socio-económicos del fenómeno Frio del Pacífico (La Niña) en Colombia en el segundo semestre de 1998 y primer semestre de 1999*. Bogotá: IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2005. *Atlas climatológico de Colombia*. Bogotá: IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)-DGPAD. 2002. *Efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno El Niño en Colombia*. Bogotá: IDEAM.
- Jury, Mark. 2002. Economic Impacts of Climate Variability in South Africa and Development of Resource Prediction Models. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 41:46-55.
- Klauer, Alfonso. 2006. *El Niño-La Niña: el fenómeno océano-atmosférico del Pacífico sur, un reto para la ciencia y la historia*. Lima: El Cid.
- Magaña, Victor y Carlos Gay García. 2002. Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos. *Gaceta Ecológica* 65:7-23.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Observatorio Agrocadenas Colombia. 2005. *La cadena de las oleaginosas en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica, 1991-2005*. Documento de Trabajo n.º 62. http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112162648_caracterizacion_oleaginosas.pdf (consultado en mayo del 2012).
- Nolivos Álvarez, Indira y José Luis Santos Dávila. 2000. *Estudio del impacto de los eventos El Niño 1991-1992 y 1997-1998 sobre los rendimientos de cultivos de arroz y maíz en el litoral ecuatoriano*. Quito. <http://www.dspace.espol.edu>

- ec/bitstream/123456789/1823/1/3626.pdf (consultado en mayo del 2012).
- Pabón Caicedo, José D. 2005. Sobre la relación del clima con los sectores agrícola y pecuario. *Notas del curso de Climatología Tropical*. Grupo de Investigación Tiempo, Clima y Sociedad. Bogotá: Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Colombia.
- Palencia, Gildardo, Raúl Gómez y José Martín. 2006. *Manejo sostenible del cultivo del plátano*. Bucaramanga: Corpoica-Produmedios. <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/publicaciones/Cultivodelplano.pdf> (consultado en mayo del 2012).
- Parry, Martin, Timothy Carter y Nicolaas Knoijin, eds. 1988. *The impact of Climatic Variations on Agriculture: Assessments in Cool Temperate and Cold Regions*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Petzoldt, Curtis y Abby Seaman. 2005. *Climate Change Effects on Insects and Pathogens*. Geneva: New York State Agricultural Extension Station. <http://www.climateandfarming.org/pdfs/Factsheets/III.2Insects.Pathogens.pdf> (consultado en mayo del 2012).
- Puerta, Olga Lucía y Yesid Carvajal. 2008. Incidencia de El Niño-Oscilación del Sur en la precipitación y la temperatura del aire en Colombia, utilizando el Climate Explorer. *Ingeniería y Desarrollo* 23:104-118.
- Roberts, Martha, David Dawe, Walter Falcón y Rosamond Neylor. 2009. El Niño-Southern Oscillation: Impacts on Rice Production in Luzon, the Philippines. *Journal of Applied Meteorology* 48:1718-1724.
- Ruíz Cabarcas Aida. 2012. *Análisis del impacto de los fenómenos El Niño y La Niña en la producción agrícola del departamento del Atlántico*. Tesis de Maestría en Geografía. Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Shafer, Carl y James Mjedle. 1994. Weather, Agricultural Production and Prices. En *Handbook of Agricultural Meteorology*, ed. John F. Griffiths, 299-308. New York: Oxford University Press.
- Sun, Liqiang, Huilan Li, Neil Ward y David Moncunill. 2007. Climate Variability and Corn Yields in Semiarid Ceará, Brazil. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 46:226-240.
- Thompson, Russell y Allen Perry. 1997. *Applied Climatology: Principles and Practice*. London-New York: Routledge.
- Wilks, Daniel. 1995. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. New York: Academic Press.