

EL COSTO ECONÓMICO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA PERUANA: EL CASO DE LA REGION PIURA Y LAMBAYEQUE

INFORME FINAL

Roger Loyola & Carlos Orihuela

Resumen:

El objetivo de este estudio fue determinar el costo del cambio climático (CC) en la agricultura de los departamentos de Piura y Lambayeque para el periodo 2010-2100. Para ello, se utilizaron algunos cultivos comunes representativos de ambas regiones, tales como arroz, maíz amarillo, limón, y mango. Adicionalmente se consideró en Lambayeque la caña de azúcar y en Piura el plátano y el algodón.

Utilizando una variante del modelo agronómico se estableció la relación de cada uno de estos cultivos con la temperatura y la precipitación. A partir de los parámetros estimados, se proyectaron las futuras producciones antes cambios en los niveles de temperatura. No se hizo lo mismo para la precipitación por su bajo nivel de explicación encontrado. Dadas las restricciones de información, se estimó el cambio del beneficio asociado únicamente a las variaciones en el ingreso de cada cultivo. Los resultados sugieren que el costo del CC es significativo, especialmente a largo plazo, cuando los umbrales de temperatura de los cultivos deberán ser alcanzados. Esta situación resultó ser más evidente en Piura que en Lambayeque.

INDICE

1.	INTRODUCCION	3
2.	DIAGNOSTICO	5
2.1	Economía de Piura y Lambayeque	5
2.2	Temperatura y precipitación de Piura y Lambayeque	9
2.3	Precios	12
3.	REVISION DE LITERATURA	14
4.	MARCO TEORICO	17
5.	EL MODELO	19
5.1	El modelo agronómico	19
5.2	El modelo para la agricultura de Piura y Lambayeque	20
6.	RESULTADOS	23
7.	PLAN DE INCIDENCIA EN POLITICAS	33
8.	CONCLUSIONES	34
9.	RECOMENDACIONES	36
10.	REFERENCIAS	38

Gráficos

Gráfico 1	Valor bruto de la producción agrícola por departamento para el año 2009 (millones de soles corrientes)	5
Gráfico 2	Producto bruto regional, Producto bruto regional agrícola, valor bruto de la producción regional agrícola	7
Gráfico 3	Temperatura promedio mensual de los departamentos de Piura y Lambayeque	9
Gráfico 4	Precios constantes (base 1994) por cultivo en la región Piura durante el periodo 1994-2009	11
Gráfico 5	Precios constantes (base 1994) por cultivo en la región Lambayeque durante el periodo 1994-2009	12
Gráfico 6	Producción de mango vs temperatura máxima en Lambayeque	23
Gráfico 7	Producción de limón vs temperatura máxima en Lambayeque	23
Gráfico 8	Producción de caña de azúcar vs temperatura máxima en Lambayeque	24
Gráfico 9	Producción de arroz vs temperatura máxima en Lambayeque	24
Gráfico 10	Producción de maíz amarillo duro vs temperatura mínima en Lambayeque	24
Gráfico 11	Producción de plátano vs temperatura máxima en Piura	26
Gráfico 12	Producción de limón vs temperatura mínima en Piura	26
Gráfico 13	Producción de algodón vs temperatura máxima en Piura	27
Gráfico 14	Producción de mango vs temperatura mínima en Piura	27
Gráfico 15	Producción de arroz vs temperatura máxima en Piura	27
Gráfico 16	Producción de maíz amarillo duro vs temperatura mínima en Piura	28

Cuadros

Cuadro 1	Estructura (%)del valor agregado bruto del departamento de Lambayeque durante el periodo 2003-2009	6
Cuadro 2	Estructura (%)del valor agregado bruto del departamento de Piura durante el periodo 2003-2009	6
Cuadro 3	Características básicas de productos agrícolas según departamento	10
Cuadro 4	Variación de ingresos en Lambayeque y Piura (soles 2009)	31
Cuadro 5	Pérdidas en relación al VBP del año 2009 en Lambayeque y Piura	31

Anexos

Anexo 1	Test de modelos pooled vs modelos anidados	40
Anexo 2	Comparación de modelos pooled en Lambayeque y Piura por cultivo	41
Anexo 3	Comparación de modelos series de tiempo en Lambayeque y Piura por cultivo	45
Anexo 4	Tasa de crecimiento de los precios nominales por cultivo y departamento para el periodo 1994-2009	52
Anexo 5	Variación de ingresos (soles constantes 2009)	53

1. INTRODUCCION

Existe un consenso científico que el clima global presentará cambios significativos para los próximos años como resultado del aumento en el nivel de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI). El origen del proceso de cambio climático (CC) es aun materia de discusión aunque el consenso generalizado ha establecido que el origen es humano.¹

Se prevé que la temperatura promedio mundial aumentará leve y gradualmente lo cual es suficiente para generar consecuencias -mayormente negativas- en la sociedad mundial. El informe Stern (Stern et al, 2006) señala que si no se toman providencias los costos globales del cambio climático (CC) equivaldrían a una pérdida de al menos el 5% del PBI global anual, siendo que en un escenario más pesimista, estas estimaciones podrían alcanzar un 20% o más.

A pesar que se han realizado numerosos estudios sobre el tema, todavía existe incertidumbre respecto a las implicancias del CC y su efecto sobre los ecosistemas. Por ejemplo, se espera que incrementos en temperatura ayuden a aliviar problemas debido a bajas temperaturas, como enfermedades respiratorias, sin embargo, se pueden agudizar la presencia de enfermedades proclives a aumentos de temperatura.

A pesar de ello, parecería existir consenso en que la región Latinoamericana será una de las más vulnerables, sobre todo el sector agrícola (IPCC, 2007; CEPAL, 2009; Fisher et al, 2009). Esto debido a que la proyectada alteración de temperatura y precipitación deben afectar el rendimiento de los cultivos, dependiendo de la situación de cada cultivo en particular. Es decir, si el cultivo se encuentra en el umbral de temperatura que puede soportar, un incremento de la misma reduciría las posibilidades de producción, sino es así, es posible esperar incrementos.

Es importante mencionar que esta situación generaría -en general- pérdidas significativas tanto para el sector agrícola como en sectores económicos altamente dependientes del clima como pesca, salud, entre otros. En Tol (2009) se puede ver como se produce este tipo de comportamiento

¹ El año 2010 el PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences) efectuó una encuesta en Estados Unidos a 1372 investigadores del clima, de los cuales el 98% está convencido que el CC tiene un origen humano.

Tol (2002) señala que las pérdidas en la América Latina por un incremento de 2.5 °C en la temperatura media global podría ser del 0.76 del PBI agrícola sin adaptación. Si por el contrario se esperasen prácticas adaptativas en los agricultores, el PBI agrícola podría crecer en 0.55% para los mismos niveles de temperatura. Esta situación muestra la importancia del tema, por lo que la determinación de lo qué ocurriría en este sector es indispensable para justificar la eventual implementación de medidas correctivas.

Así como sucede en el contexto global, no queda claro cuál será el probable efecto del CC sobre la agricultura peruana. Es factible que ocurran impactos positivos en el corto plazo, cuando los cambios en la temperatura y la precipitación sean marginales, sin embargo en plazos mayores, donde las variaciones se vuelvan significativas se tengan efectos negativos. Estos efectos pueden ser reducidos si se considera la posibilidad de que los agricultores se adapten a las nuevas situaciones, ya sea optando por cultivos más resistentes a los cambios o por emigrar hacia zonas con condiciones más propicias.

El conocer este tipo de situaciones es importante para la sociedad en la medida que es necesario tomar providencias ante las posibles consideraciones negativas que el CC puede provocar en la actividad productiva. Para ello es importante tener una idea de la dimensión económica que esta situación significa, en la medida que las acciones paliativas que se requieren representan un costo para la sociedad que es necesario evitar, por lo que la justificación económica se convierte en unos de los elementos importantes para poder tomar una decisión adecuada.

El presente trabajo supone que el CC generará impactos económicos negativos en el sector agrícola, siendo los departamentos de Piura y Lambayeque los más afectados por esta situación. Esto porque las condiciones en que se realiza esta actividad, especialmente en la zona costera, se hace en una situación de temperaturas altas, lo que podría estar llevando a que los cultivos alcancen sus umbrales de temperatura y precipitación.

En estos departamentos el sector agrícola, tiene un dinamismo importante, jugando un rol importante tanto en el consumo interno con cultivos como el arroz, algodón, caña de azúcar, así como aquellos que son parte de la canasta exportadora como el mango, el banano orgánico, entre otros más. Además de ello es importante de considerar es que la presencia del FEN recurrentemente provoca serias pérdidas en los productores

agrícolas por lo que se puede afirmar que en esta zona existe un reconocimiento por parte de los agricultores de tener variables climáticas con pocas alteraciones.

En este sentido, el objetivo del estudio es medir los impactos económicos del CC para los departamentos de Piura y Lambayeque. Para ello se analiza el comportamiento de una canasta de cultivos para cada uno de los departamentos en análisis, que represente en la medida de lo posible, la agricultura comercial de ellos. Por ello, en primer lugar se hace una descripción del lugar mostrando el comportamiento de la producción agrícola y de los cultivos en cuestión. Después se hace una discusión sobre los modelos teóricos utilizados en el caso de la agricultura, la misma que sirve de base para la discusión metodológica que se presenta a seguir. Finalmente, se presentan los resultados y las conclusiones.

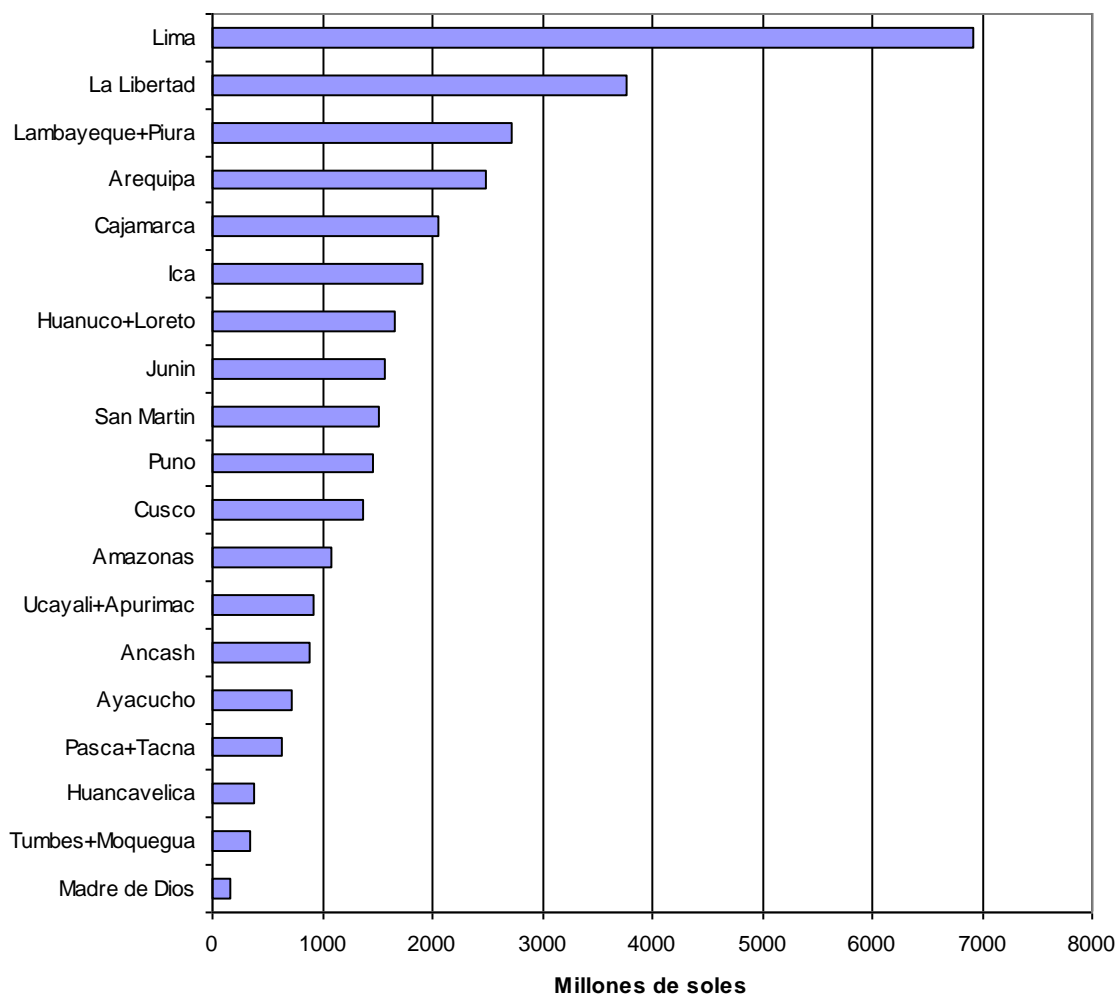
2. DIAGNOSTICO

En este capítulo se hace una breve descripción de las características de las regiones analizadas poniendo especial énfasis en el sector agrario. Se describe las características climáticas del lugar, así como se establecen las necesidades para cada uno de los cultivos a ser analizados.

2.1 Economía de Piura y Lambayeque

Conforme al Grafico 1, después de Lima, los departamentos con mayor VBP agrícola del Perú -en términos relativos- son La Libertad, Lambayeque y Piura (año 2009). El grueso de la producción agrícola de esta zona del norte del país está destinado básicamente a la agro-exportación. Más aun, las amplias extensiones (en comparación al resto del país) de los cultivos de estos lugares explican en parte los mayores ingresos agrícolas de estos tres departamentos.

Grafico 1: Valor bruto de la producción agrícola por departamento para el año 2009 (millones de soles corrientes)



Fuente: INEI (2010a)

Las principales actividades económicas de Piura y Lambayeque recaen en los sectores comercio, manufactura y transportes, los cuales concentran prácticamente la mitad del valor agregado bruto para cada departamento (Cuadro 1 y Cuadro 2). La contribución de tales actividades ha sido creciente durante los últimos años a raíz del crecimiento económico experimentado por el país.

Si bien existen otros sectores con peso relativo mayor al de la agricultura, como la manufactura, comercio y otros servicios, esta actividad es la más importante de aquellas relacionadas directamente con la variabilidad climática (pesca, hidroenergía y eventualmente, turismo). Por ello este estudio eligió concentrarse en la agricultura de Lambayeque y Piura.

Cuadro 1: Estructura (%) del valor agregado bruto del departamento de Lambayeque durante el periodo 2003-2009

Variables	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Agricultura, Caza y Silvicultura	13.8	8.9	10.1	9.9	10	10.6	10.7
Pesca	0.5	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.1
Minería	1.2	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5
Manufactura	12.9	11.9	11.9	11.7	12.1	12.2	11.8
Electricidad y Agua	0.8	1	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8
Construcción	5	5.4	5.4	6	6.4	6.1	6.6
Comercio	25.5	27.7	27	27.3	26.7	26.5	26
Transporte y Comunicaciones	10.8	11.8	11.9	11.7	12.6	12.7	12.2
Restaurantes y Hoteles	2.9	3.1	3.1	3	3	3.1	3
Servicios Gubernamentales	6	6.5	6.8	6.9	6.4	6.1	6.9
Otros Servicios	20.4	22.2	21.3	21	20.3	20.2	20.4

Fuente: INEI (2010b)

Cuadro 2: Estructura (%) del valor agregado bruto del departamento de Piura durante el periodo 2003-2009

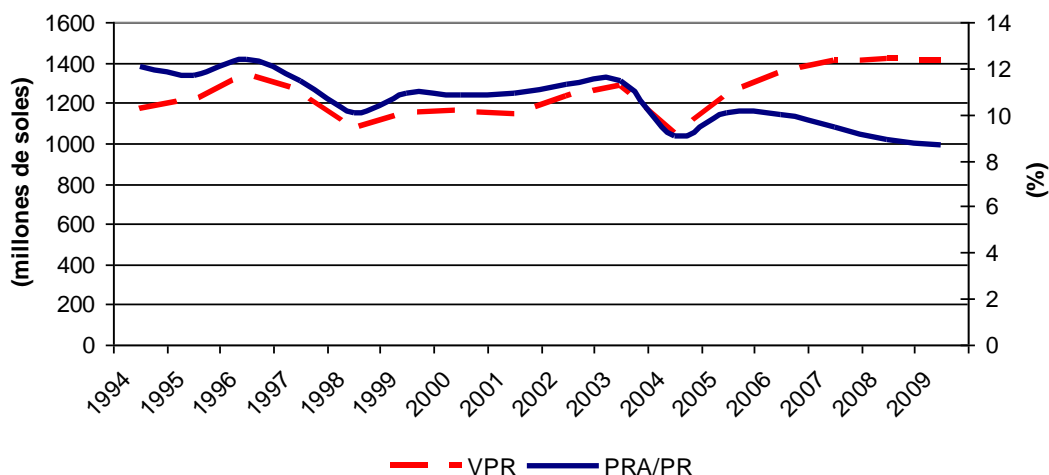
Variables	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Agricultura, Caza y Silvicultura	9.7	9.1	10	10	9.1	7.7	7.3
Pesca	3.9	4.3	4.1	5	5	5.5	5.1
Minería	5.7	5.4	5.8	5.4	5.2	5.7	6.1
Manufactura	21.2	21.7	20.3	21	21.5	21.5	20.1
Electricidad y Agua	1.5	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7	1.5
Construcción	5.4	6.5	6.8	7.3	8.2	8.3	9.1
Comercio	17.4	16.7	16.7	16.3	16.1	16.3	16.4
Transporte y Comunicaciones	7.7	7.6	7.7	7.3	7.9	7.9	7.8
Restaurantes y Hoteles	3.9	3.7	3.7	3.5	3.5	3.6	3.6
Servicios Gubernamentales	6.4	6.3	6.5	6.4	6.1	5.8	6.5
Otros Servicios	17.4	17	16.8	16.2	15.8	16.1	16.4

Fuente: INEI (2010b)

La actividad agrícola en la región Piura-Lambayeque depende principalmente de los siguientes cultivos: arroz, maíz, limón, caña de azúcar, y mango. En términos constantes, el valor bruto de la producción agrícola regional (VPR) ha sido creciente durante el periodo de estudio, lo cual se explica por un mayor nivel de producción de todos los cultivos, los cuales están asociados tanto a la demanda interna como externa.

Sin embargo, la fracción (%) del PIB regional agrícola (PRA) como parte del PIB regional (PR) ha sido mayormente decreciente en el periodo en análisis. Esto no tiene su origen en un menor VPR sino a la mayor participación de otros sectores en el PR, tales como servicios y manufactura (Gráfico 2).

Gráfico 2: Producto bruto regional, producto bruto regional Agrícola, valor bruto de la producción regional agrícola



Fuente: INEI (2010a)

Elaboración propia

A continuación se describe brevemente la actividad agrícola en cada uno de los departamentos -en base a los cultivos seleccionados.

En el aspecto económico, el PBI agrícola de Piura representa entre el 3 y 5% del PBI agrícola nacional, siendo uno de los más representativos de la costa norte del país. La dinámica del PBI agrícola de la región ha sido positiva desde el 2001 hasta el 2007, creciendo a una tasa promedio anual de 6.5%, aunque en el año 2008 ocurrió un descenso debido a la caída del 50% en la producción de algodón rama, uno de los productos más importantes para la región.

De la variedad de cultivos en esta región se ha considerado -en función a la alta participación de estos cultivos en la producción regional y nacional- el algodón rama, limón, mango, plátano y arroz en cáscara, siendo éste último el que ha sido producido en mayor cantidad.

Cabe mencionar que en el caso de la caña de azúcar, ésta no se comercializa como materia prima sino como producto industrializado (azúcar rubia y azúcar blanca), por lo que su precio chacra no está disponible. De esta forma, su importancia en la región depende del precio *al por mayor* del derivado. Esto se debe a que las cooperativas como Pomalca, Tumán, Cayaltí y Pucalá siembran caña de azúcar en grandes extensiones para producir sus derivados. Por ello, la producción de caña de azúcar es mínima por parte de los pequeños agricultores. Debido a los problemas de las cooperativas, la producción de este cultivo ha tenido algunos altibajos aunque con una recuperación importante los últimos años.

El área cosechada de los cultivos en análisis, si bien para los últimos años ha descendido, ocupa un importante porcentaje del total de áreas cosechadas (70%). En el caso de la región Lambayeque, el sector agrícola sufrió una caída en el año 2004 explicada por la caída de la producción de arroz cáscara y caña de azúcar, sus principales cultivos, pero se espera que la tendencia sea creciente. De la variedad de cultivos de esta región se ha seleccionado el algodón rama, arroz en cáscara, caña de azúcar, mango y limón.

2.2 Temperatura y precipitación de Piura y Lambayeque

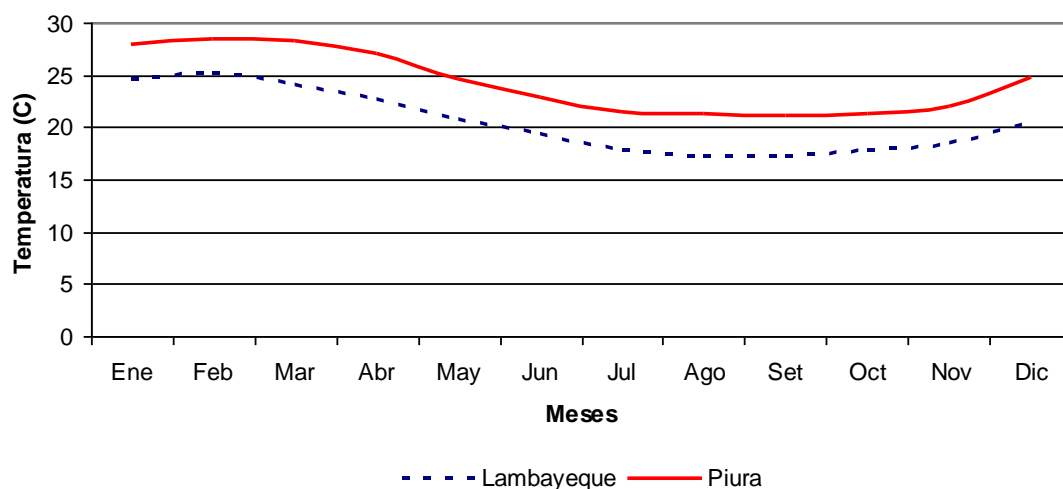
Por su ubicación geográfica, el clima de la región Piura debería ser tropical. Sin embargo, la presencia de la Cordillera de los Andes y las corrientes marinas de Humboldt y El Niño generan un clima sub-árido tropical, cálido y húmedo, con bajos mantos de nubosidad y fina precipitación pluvial o garúa en invierno. La temperatura fluctúa entre 15 y 40°C, siendo la temperatura media 26°C. Las precipitaciones pluviales también muestran variaciones en la costa generalmente baja dentro de los 100 y 500 msnm.

El clima de la región Lambayeque se caracteriza por ser subtropical, seco, sin lluvias, con fuertes vientos denominados ciclones cuya ocurrencia es cada 7, 10, o 15 años. La temperatura en verano fluctúa entre 20 y 30°C, llegando en casos extremos a 35°C, mientras que en invierno la temperatura oscila entre 15 y 24°C.

En síntesis, los niveles de temperatura promedio en Piura son más elevados con respecto a Lambayeque (Gráfico 3). Esto hace suponer que algunos cultivos de Piura estarían más cerca de sus respectivos umbrales de temperatura, de manera que un

aumento de temperatura promedio anual podría tener repercusiones más significativas sobre la producción agrícola de Piura con relación a Lambayeque.

Gráfico 3: Temperatura promedio mensual de los departamentos de Piura y Lambayeque (año 2010)



Fuente: INEI (2011)

Un aspecto que es importante resaltar es que el régimen hídrico de los cultivos en ambos departamentos está regulado. En otras palabras, los cultivos no dependen directamente del régimen de lluvias. Esto sugiere que la variable climática de mayor incidencia en la producción agrícola debería ser la temperatura, siendo que el papel de la precipitación se reflejaría en la disponibilidad anual del recurso, lo que tendría menos posibilidad de afectar el desarrollo de los cultivos.

A seguir se presentan las características básicas de productos agrícolas (Cuadro 3), señalándose las épocas para la siembra y la cosecha, así como las temperaturas mínimas, máximas y óptimas para cada uno de los casos. Nótese que no se presentan temperaturas únicas sino intervalos para la mayor parte de las variables señaladas. Esta consideración es importante se señalarla porque cuando se hacen estimaciones econométricas se asume que el comportamiento de las variables es continuo y no en segmentos que es como se presenta la información agronómica.

Cuadro 3: Características básicas de los principales productos agrícolas según departamento

Cultivo	Característica	Lambayeque	Piura
Arroz	Nombre científico	Oryza Sativa L.	Oryza Sativa L.
	Época siembra	Enero-Marzo	Enero-Marzo
	Época cosecha	Mayo-Agosto	Mayo-Agosto
	Temperatura mínima	ND	ND
	Temperatura máxima	ND	ND
	Temperatura optima	22 - 26 °C.	ND
Maíz	Nombre científico	Zea Mays L	Zea Mays L
	Época siembra	Abril - Octubre	Abril - Octubre
	Época cosecha	Setiembre - Febrero	Setiembre - Febrero
	Temperatura mínima	ND	ND
	Temperatura máxima	ND	ND
	Temperatura optima	15 - 25 °C	ND
Limón	Nombre científico	Citrus uarantifolia	Citrus uarantifolia
	Época siembra	Todo el año	Todo el año
	Época cosecha	Todo el año	Todo el año
	Temperatura mínima	12 °C.	12 °C.
	Temperatura máxima	38 °C.	38 °C.
	Temperatura optima	18-30 °C.	18-30 °C.
Mango	Nombre científico	Mangifera indica L	Mangifera indica L
	Época siembra	Todo el año	Todo el año
	Época cosecha	Noviembre - Febrero	Noviembre - Febrero
	Temperatura mínima	16 °C	16 °C
	Temperatura máxima	35 °C	35 °C
	Temperatura optima	24 - 28 °C	24 - 28 °C
Caña de azúcar	Nombre científico	Saccharum officinarum	
	Época siembra	Enero-Marzo	
	Época cosecha	Planta: 21 meses, Soca: 15-18 meses	
	Temperatura mínima	ND	
	Temperatura máxima	ND	
	Temperatura optima	27°C	
Plátano	Nombre científico		Musa paradisíaca
	Época siembra		Todo el año
	Época cosecha		Todo el año
	Temperatura mínima		16 °C
	Temperatura máxima		30 °C
	Temperatura optima		22 - 25 °C
Algodón	Nombre científico		Gossypium barbadense
	Época siembra		Enero- Abril
	Época cosecha		Julio-Noviembre
	Temperatura mínima		ND
	Temperatura máxima		ND
	Temperatura optima		25 - 32 °C

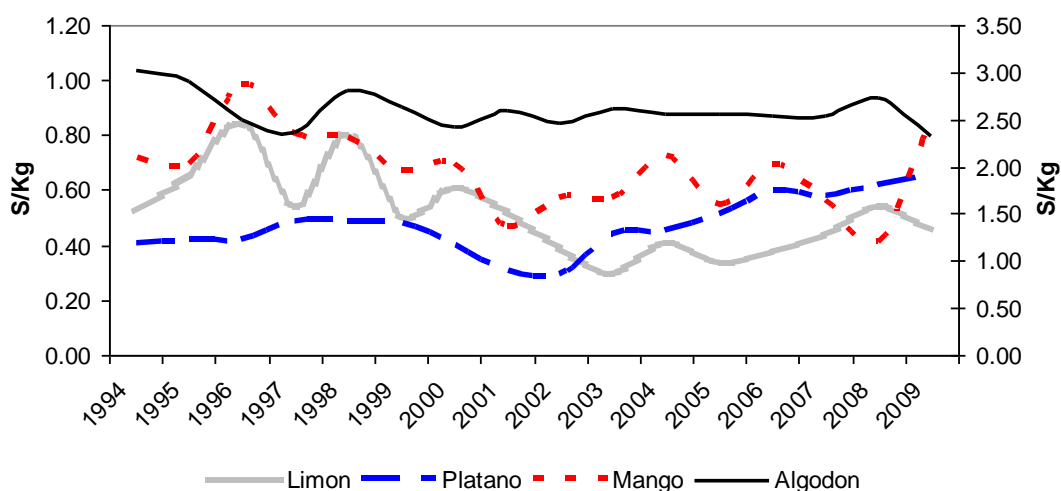
Fuente: Elaboración propia

2.3 Precios

Otro aspecto relevante son los precios chacra de los cultivos en Piura y Lambayeque. Para analizar la evolución de estos precios durante el periodo 1994-2009 tanto para Piura como Lambayeque (Gráfico 4 y Gráfico 5, respectivamente) se obtuvo la serie de precios (chacra) -en términos nominales- de todos los cultivos a partir de los cuales se determinaron sus respectivos precios reales. Para ello se utilizó el Índice de Precios al Consumidor (IPC) año base 1994. Este IPC fue obtenido de INEI (2010b) mientras que los precios chacra nominales provinieron del portal web del MINAG.

En términos reales, tanto para Piura como Lambayeque, los precios tuvieron un comportamiento inestable, la cual es explicada por la lógica misma de la actividad, donde después de un buen año se presenta el efecto contrario. Parecería que en los últimos años, los precios tendieron -en cierta forma- a estabilizarse. En el caso de Piura, el algodón fue el único cultivo cuyos precios reales fueron relativamente estables (Gráfico 4).

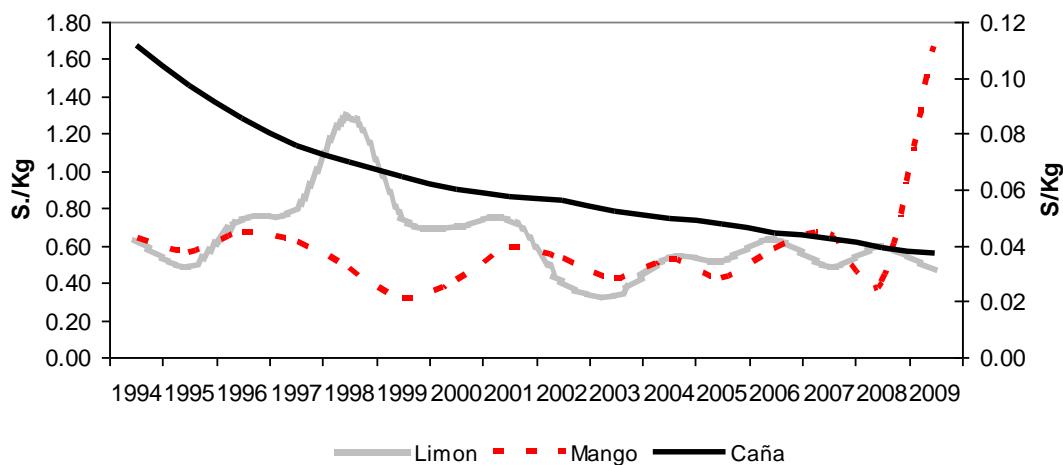
Gráfico 4: Precios constantes (base 1994) por cultivo en la región Piura durante el periodo 1994-2009



Fuente: Elaboración propia

En el caso de Lambayeque se ha evidenciado una disminución significativa en el precio de la caña de azúcar, caso contrario al sucedido con el mango que en los últimos años se evidencia un incremento importante. Es importante mencionar que este crecimiento, aun cuando es importante, no alcanza los precios que se tiene en Piura.

Gráfico 5: Precios constantes (base 1994) por cultivo en la región Lambayeque durante el periodo 1994-2009



Fuente: *Elaboración propia*

Es costumbre proyectar los precios conforme a la tendencia observada durante un cierto periodo. Aplicar esto para el caso de los productos agrícolas no sería necesariamente apropiado. Asumir que el patrón de precios observado durante un periodo se repetirá en el futuro es muy discutible. Los precios no solo dependen de la oferta y demanda sino también de la coyuntura económica y social, regulaciones, y en el caso del sector agrario, de las condiciones climáticas imperantes y/o futuras.

Es muy difícil y cuestionable prever razonablemente los eventos futuros, sobre todo en el largo plazo. La construcción de escenarios suele ser la solución, sin embargo ello genera una mayor confusión sobre los resultados al basarse nuevamente en supuestos discutibles.

Proyectar precios mayores o precios menores tampoco es la mejor opción. Un menor precio futuro de cierto cultivo significaría que el agricultor opte por dirigir sus recursos a la siembra de otro cultivo que le resulte más rentable. Asimismo, un mayor precio futuro de un cultivo dado podría conllevar a que el agricultor pretenda especializarse en dicho cultivo y desestime otros cultivos. De esta forma, las proyecciones en simultáneo de los precios reales de un grupo de cultivos pueden conllevar a inconsistencias en los comportamientos.

Naturalmente, esto puede ser, en parte, solucionado con las proyecciones de variables climáticas, de manera que sea posible inferir las condiciones futuras en los cultivos lo que a su vez permitiría predecir razonablemente las futuras canastas de cultivos que serán más rentables en el futuro. Sin embargo, esto asume el conocimiento del beneficio futuro, lo cual también implica la predicción no solo del precio real del cultivo, sino también de sus costos, lo cual nuevamente es discutible, sobre todo cuando la información de costos es muy limitada, incluso en el presente.

Por estos motivos y a efectos de proyectar los precios de los cultivos en análisis se asumirán precios reales constantes. Esto garantizaría una especie de precios promedio entre los eventuales futuros periodos de precios altos y periodos de precios bajos. Naturalmente, esto también es discutible pero es la mejor opción dada la enorme incertidumbre futura y la poca información disponible en la actualidad sobre costos de producción agrícola, al menos para los cultivos seleccionados.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

La literatura sobre CC es abundante y al mismo tiempo, controversial. Por el lado del origen, el consenso mundial ha determinado que el CC es resultado básicamente de la actividad antropogénica; no obstante, la discusión sobre sus eventuales efectos económico) son todavía materia de amplia discusión.

Parecería que la mayor parte de los estudios económicos de CC se concentran en el sector agrícola puesto que es un sector que depende directamente de variables climáticas (principalmente, temperatura y precipitación), cuyos patrones se prevé que serán alterados.

El IPCC (2007) realizó pronósticos para la agricultura en diferentes partes del mundo, incluyendo América Latina, en donde indica que habrá una disminución en la productividad de la ganadería y de algunos cultivos importantes, con consecuencias adversas para la seguridad alimentaria. Además, pronostica cambios en los patrones de precipitación y desaparición de glaciares, afectando significativamente la disponibilidad de agua para el consumo humano, agricultura y generación de energía. Sin embargo, la literatura económica no es concluyente en relación a los efectos potenciales del CC en la agricultura.

Los estudios económicos que pretenden cuantificar el efecto del CC sobre el sector agrícola analizan básicamente dos aspectos. Por un lado, intentan comprender cómo influyen las variables climáticas (cuyos patrones se prevén que serán distorsionadas) sobre la producción. Existe consenso en suponer que la relación producción-temperatura es no lineal, lo cual significa que cada cultivo posee un umbral de temperatura que determina la máxima producción. Si la temperatura supera este umbral se espera que la producción se vea mermada. Esta lógica es la misma que la economía supone que tienen las funciones de producción bien comportadas con rendimientos decrecientes y negativos.

Por otro lado, se tienen los modelos ricardianos los cuales determinan el cambio en la renta de los cultivos debido a las alteraciones en las variables climáticas. Estos modelos suponen que cuando el agricultor se enfrenta a variaciones en el clima, este agente tiende a cambiar su canasta de cultivos por aquellos que le permitan obtener ingresos cercanos a los anteriormente generados. Esta situación supone que se opta por canastas que suponen una variación con relación a la renta anterior, al cual se le considera como el impacto del CC.

En Sudáfrica, Deressa et al (2005), basándose en el método Ricardiano, encontraron una relación no lineal entre el CC y los impactos económicos a generarse sobre el cultivo de caña de azúcar. Los autores señalaron que la magnitud de estos impactos es más sensible a los futuros incrementos de la temperatura antes que la precipitación. Igualmente, Schlenker et al (2006) y Schlenker y Roberts (2008) también encontraron la misma relación no lineal para el caso del impacto del CC sobre la cosecha de granos en Estados Unidos de Norteamérica.

Usando el método Ricardiano, las conclusiones para el sector agrícola han sido diferentes dependiendo del país. En la agricultura argentina, Lozanoff y Cap (2005) concluyen que el impacto será negativo sea cual fuere el escenario previsto mientras que para Israel, Fleischer et al (2008) determina -bajo escenarios AOGCM2- que el efecto del CC sería beneficioso cuando la temperatura aumente poco, pero perjudicial si este aumento persistiera en el largo plazo. Utilizando los mismos modelos, Seo et al (2005) señalaron que el efecto en Sri Lanka puede ser muy positivo o negativo dependiendo del escenario tomado.

² Modelos de circulación general Atmósfera-Océano (Atmosphere-Ocean General Circulation Model – AOGCM)

En base a un modelo logit multinomial aplicado a una muestra de 949 agricultores de siete países de América Latina (excepto Perú), Seo y Mendelsohn (2008) concluyen que el impacto del CC implicará no solo cambios de cultivos (cultivos de zonas frías por cultivos de zonas cálidas) sino incluso cambios en la cosecha por cultivo. A pesar de los inminentes cambios en los patrones de cultivos, no queda claro si ello representara una pérdida o ganancia para la agricultura regional puesto que el estudio no considera el efecto precio.

Para Estados Unidos de Norteamérica la discusión continua. Schlenker et al (2006) predice que los efectos del CC sobre la agricultura varían desde ganancias moderadas hasta grandes pérdidas, dependiendo del escenario asumido. Por el contrario, Deschenes y Greenstone (2007) sugiere resultados radicalmente diferentes, sugiriendo que el impacto sobre el sector agrícola será no significativo o positivo. La discusión parece no terminar ya que recientemente Fisher et al (2009) determinaron que el efecto en mención será sustancialmente negativo.

Claramente, la literatura económica mundial ha realizado estudios que analizan los efectos económicos del CC sobre el sector agrícola, los cuales ofrecen diversos resultados que a su vez son materia de discusión ya sea por el modelo económico utilizado, tipo de información (series de tiempo, corte transversal, panel), fuente de información, periodo de análisis, información climática, etc.

Estudios económicos de cambio climático en el Perú

A nivel local, el Gobierno Regional de Piura (2008) realizó investigaciones sobre el impacto del CC, concluyendo que habrá una reducción de la productividad de algunos cultivos e incluso la aparición de nuevas plagas en el norte del país. Asimismo, algunas zonas de Piura podrán ser propicias para la siembra de cultivos de mayor resistencia a la variabilidad climática y la poca disponibilidad de agua.

Sin embargo, a pesar de estas proyecciones, poco se ha avanzado en el Perú para estudiar la dependencia de los cultivos agrícolas con respecto a las variables climáticas, como temperatura y precipitación. En otras palabras, no se conocen datos sobre funciones de producción o estimaciones de productos marginales para los principales cultivos de la agricultura peruana. Posiblemente, esto se debe a la falta de información o la escasa sistematización de la misma. Esta limitación no permite

determinar si los impactos del CC, por ejemplo, sobre el sector agrícola son o no lineales.

Los estudios sobre eventuales impactos del CC en el Perú son abundantes (Lagos, 2007; CAN, 2008; Libélula, 2008; Gobierno Regional de Piura, 2008; SENAMHI, 2005a, 2005b, 2009; FBDLF, 2010) coincidiendo todos ellos en la alta vulnerabilidad ante el CC, sin embargo, poco se ha investigado a nivel local sobre el costo económico y/o beneficio de esos impactos.

Por un lado, CAN (2008) extrapola los efectos que el CC tendría sobre los sectores agroindustria, agricultura, pesca, agua y electricidad en EEUU a la realidad de los países de la Comunidad Andina, para así cuantificar el impacto agregado sobre el PIB peruano. En este caso, se concluyó que al año 2025, el PIB será 4,3% menor al que se tendría sin CC.

De otro lado, Vargas (2009) calculó el costo del impacto del CC sobre la toda la economía peruana, evaluando el impacto de las variaciones climáticas (temperatura y nivel de precipitaciones) sobre la tasa de crecimiento económico. Se estimó que al 2030 el PIB real sería 6,8% menor al que se tendría sin CC. Naciones Unidas (2009) calculó para el Perú el costo de la mitigación como el 0,31-1,67% del PIB.³

Ambos estudios desprenden sus gruesos resultados a partir de indicadores macroeconómicos. No hay estudios locales del costo del CC por sectores económicos, en tal sentido, la presente investigación constituye un aporte.

4. MARCO TEORICO

En la literatura existen dos enfoques básicos para evaluar el efecto económico del CC sobre la agricultura: el modelo agronómico y el modelo Ricardiano (Kabubo-Mariara y Karanja, 2007).

El enfoque agronómico modela el crecimiento de un cultivo en función al cambio de la temperatura, precipitación y el nivel de otros insumos necesarios. Luego, los resultados son combinados con modelos económicos para estimar las futuras

³ Para el caso del PBI del año 2007, asumiendo un precio de 10 US\$/tC y una tasa de descuento social que fluctúa entre 0,5-4%.

variaciones en los beneficios del cultivo analizado. Este enfoque predice cambios en la productividad asociados al CC mediante modelos de simulación de crecimiento de cultivos. Esta aproximación agronómica presenta la ventaja de su fiabilidad en los modelos de cultivos específicos, puesto que se basa en experimentos controlados que permiten predecir los resultados en circunstancias que todavía no se han producido (Adams 1989, Easterling et al. 1993, Rosenzweig et al. 1994).

Este enfoque implícitamente asume que la capacidad de adaptación por parte de los agricultores es casi nula, es decir bajo esta opción, se excluye la posibilidad de incorporar el proceso de adaptación por parte del agricultor a través de cambios en sus planes y procesos productivos. De esta forma, se subestima la capacidad de adaptación de los agricultores al CC, sobrestimando los costos asociados. Es lo que se conoce como el sesgo “dumb-farmer”.

Por el contrario, el enfoque Ricardiano (Mendelsohn et al. 1994) incorpora la posibilidad de que los agentes económicos involucrados en la actividad agrícola generen procesos de adaptación al CC. Se asume que este proceso inducirá a cambios en la utilización de la tierra dado que el agricultor siempre utilizará la tierra en aquella actividad que genere una mayor renta.

Se supone que bajo circunstancias competitivas, como las que prevalecen en los mercados de productos agrícolas, la probabilidad que se genere una adaptación total privada es elevada lo que se reflejará en los beneficios obtenidos de la actividad agrícola y, por tanto, en la renta de la tierra. Este supuesto de adaptabilidad constituye la particularidad del modelo Ricardiano. De esta forma, este enfoque es básicamente un análisis hedónico de corte transversal que permite calcular el impacto directo del CC sobre cada agricultor o país a través de la variación en la renta del suelo.

Hay toda una discusión sobre los resultados de estos modelos, los cuales pueden dar resultados contradictorios. Sin embargo, ello sucede por los supuestos que acompañan ambos modelos. En el caso agronómico se supone que los agricultores no reaccionan ante las nuevas condiciones del clima, mientras que el modelo ricardiano, asume que hay un proceso de adaptación evidente. La validez de este modelo está en función de cuán rápido los agricultores consiguen responder a los cambios presentados. Es importante también mencionar que estos modelos ricardianos demandan una gran cantidad de información pasada que muchas veces no se

encuentra disponible en países con registros estadísticos tan limitados como es el caso peruano.

Para el caso que se está considerando, dada la escasa información disponible ha llevado a que se utilice una variante del enfoque agronómico, tal como se comenta a continuación.

5. EL MODELO

5.1 El Modelo

La investigación agronómica revela que la productividad de muchos cultivos depende básicamente si la temperatura (T) y/o nivel de precipitación (PP) está por debajo o encima de un determinado umbral. La evidencia sugiere que la relación entre producción (Q) y esas variables climáticas deberían tener la forma de U invertida, de manera que es posible modelarlas utilizando una función cuadrática.⁴

$$Q_t = b_0 + b_1T_t + b_2T_t^2 + b_3PP + b_4PP^2 \quad (1)$$

Donde b_i ($i=1..4$) es el parámetro asociado a cada variable que integra la función de producción (T, PP). Esta relación entre producción y los insumos empleados es conocida como modelo agronómico. Utilizando este modelo es posible establecer una relación entre este nivel de producción y el beneficio de la siembra del cultivo (B). Denotando IT y CT al ingreso total y costo total de ese cultivo, respectivamente, para un periodo t el beneficio será (2):

$$B_t = IT(Q_t) - CT(Q_t) \quad (2)$$

Nótese que las funciones IT y CT dependen del nivel de producción. Asimismo, se espera que este beneficio cambie en el periodo t ante la variación de las variables climáticas. De esta forma, el cambio en beneficio será:

$$\Delta B_t = \Delta IT_t - \Delta CT_t \quad (3)$$

⁴ Conforme al comportamiento agronómico, a medida que la temperatura aumenta y suponiendo que las condiciones del suelo permanecen constantes, la producción se incrementa hasta cierto umbral, a partir del cual, un mayor aumento solo reduciría el nivel de cosecha. Asumiendo el mismo argumento para el nivel de precipitación, es factible asumir que la temperatura y precipitación se relacionan con la cosecha mediante una función cóncava, por ejemplo, una función cuadrática (Kabubo-Mariara y Karanja, 2007).

Además, si los costos totales, en términos reales, permanecen constantes durante el periodo de análisis, entonces el cambio en el beneficio es equivalente únicamente a la variación del ingreso. Formalmente, la expresión (3) se transforma en:

$$\Delta B_t = \Delta I_t \quad (4)$$

Este supuesto ($\Delta CT=0$) descansa en el hecho que en el largo plazo el proceso de aprendizaje le permite al agricultor un mayor conocimiento no solo de las técnicas agronómicas sino de distribución, redundando en una reducción de procesos, y por ende, en los costos a incurrir.

El cambio en el ingreso total dependerá de la variación del nivel de producción, en otras palabras, a la diferencia entre la cosecha esperada en el periodo t para un contexto de cambio climático (QCC,t) y el nivel cosecha sin cambio climático (QSC,t) para el mismo periodo. Asumiendo que el precio del cultivo, en términos reales, permanece constante, el cambio del ingreso estará dado por (5):

$$\Delta I_t = P(QCC,t - QSC,t) \quad (5)$$

De esta forma, la variación del bienestar ante el efecto del CC sobre la agricultura del norte del Perú puede ser estimada mediante el cambio en el ingreso de los cultivos relevantes. Esta variación es medida en términos constantes lo que a su vez equivale al valor de la producción proyectada en un escenario convencional menos la producción proyectada en un escenario del CC, la cual debe ser estimada conforme a los escenarios identificados para la zona en estudio. Nótese que este resultado corresponde una variante económica del modelo agronómico.

5.2 El modelo para la agricultura de Piura y Lambayeque

Según la revisión bibliográfica existen varias formas de establecer la relación producción e insumos (entre ellas, las variables climáticas), sin embargo esta relación tuvo que adecuarse en función a la disponibilidad de información. En el presente estudio, la forma funcional utilizada no estima directamente la variación del beneficio ante el cambio de una variable afectada por el CC (algún insumo), tal como en otros estudios (Fisher et al, 2009; Mendelsohn y Nordhaus, 1999). En este caso, el cambio

en el bienestar es medido a través de la variación en los ingresos, los cuales dependen a su vez de la variación en la producción.

En el caso particular de Lambayeque y Piura se aplicará el modelo series de tiempo, el cual incluye no solo variables climáticas sino también de precios y superficie (6). Este modelo es aplicado para los siguientes cultivos: mango, algodón, plátano, limón, y caña de azúcar.

$$Q_t = \beta_0 + \beta_1 S_t^j + \beta_2 P_{t-k}^j + \beta_3 TM_t + \beta_4 TM_t^2 + \beta_5 TN_t + \beta_6 TN_t^2 + \beta_7 PP_t + \beta_8 PP_t^2 + \mu_t \quad (6)$$

donde:

Q_t Producción en el año (mes) t

S_t^j Superficie cosechada del cultivo j en el año (mes) t .

P_{t-k}^j Precio real del cultivo j para el año (mes) $t-k$.

TM_t Temperatura máxima promedio del año (mes) t .

TM_t^2 Temperatura máxima promedio al cuadrado del año (mes) t .

TN_t Temperatura mínima promedio del año (mes) t .

TN_t^2 Temperatura mínima promedio al cuadrado del año (mes) t

PP_t Precipitación del año (mes) t .

PP_t^2 Precipitación al cuadrado del año (mes) t .

μ_t Término de error aleatorio.

Cuando la disponibilidad de información lo permitió, en el caso de maíz amarillo duro y arroz, se utilizó el modelo panel (Pooled). Este modelo (7) tiene la ventaja de reducir la colinealidad entre variables, aportar más grados de libertad, y mejorar la precisión de los estimadores.⁵

$$Q_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 S_{i,t}^j + \beta_2 P_{i,t-k}^j + \beta_3 TM_{i,t} + \beta_4 TM_{i,t}^2 + \beta_5 TN_{i,t} + \beta_6 TN_{i,t}^2 + \beta_7 PP_{i,t} + \beta_8 PP_{i,t}^2 + \mu_{i,t} \quad (7)$$

⁵ Los datos fueron obtenidos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), MINAG y SENAMHI. ay que recordar que el número de observaciones totales esta dado por $N \times t$, donde N es el número de estudio individual (provincias en nuestro caso) y t es el periodo de análisis.

En este caso, el índice i denota la provincia elegida mientras que k (número de rezagos) es asignado conforme a la ficha técnica de cada cultivo j .

Los efectos del CC deben reflejarse en el signo de los parámetros asociados a las variables temperatura y precipitación. De esta forma, se espera que el signo de los coeficientes $\beta_3, \beta_5, \beta_7$ sea positivo, ya que ante incrementos iniciales en el nivel de temperatura y precipitación es de suponer que aumente la producción de tales cultivos. Por el contrario, los coeficientes $\beta_4, \beta_6, \beta_8$ deberían tener signo negativo, lo cual implicaría que la relación entre producción y las variables climáticas temperatura y precipitación posee un umbral, de manera que si estas variables superan este límite, el niveles de producción se reducirá.

Es importante señalar que estos resultados esperados pueden cambiar dependiendo de la situación de los cultivos. En el caso de Piura y Lambayeque, ambos departamentos disponen de regímenes hídricos regulados lo que cuestiona su dependencia con relación a la precipitación (PP), tal como se asume en otros contextos. Esta dependencia no tiene un impacto directo sobre la producción agrícola, a menos que se presente un evento extremo y se afecte en forma importante la disponibilidad de agua para todo el espacio de estudio.

Finalmente, el valor actual del cambio en el ingreso por la venta de un cultivo agrícola durante el periodo 2010-2100 será equivalente a la expresión (8), la cual representa las eventuales pérdidas en el bienestar como consecuencia del CC, siendo d la tasa de descuento.

$$\Delta IT_{2010-2100} = \sum_{t=2010}^{2100} \left(\frac{P_t Q_{CC,t} - Q_{SC,t}}{1 + d^{t-2010}} \right) \quad (8)$$

Naturalmente, esta expresión debe ser calculada por cultivo para cada departamento en estudio. El término QCC es calculado anualmente a partir de evaluar en (6) o (7), según sea el caso, las proyecciones de temperatura para el periodo en estudio. Los resultados serán expresados como fracción del valor bruto de la producción agrícola del departamento en análisis.

6. RESULTADOS

Para los cultivos arroz y maíz amarillo duro tanto de Piura como Lambayeque se utilizaron datos panel. Para ambos departamentos, mediante la prueba Breusch-Pagan, se demostró que el mejor modelo fue Pooled (MCO en panel), lo cual evidencia que las características al interior de los departamentos son similares (Anexo 1). Por ende, se descartó el uso del modelo de efectos fijos o aleatorios. Los problemas de heteroscedasticidad y correlación fueron corregidos utilizando los errores estándar robustos (Anexo 2).

Para el resto de cultivos de ambos departamentos se utilizaron datos de series de tiempo debido a la poca información. En la mayoría de casos, se corrigió el problema de autocorrelación de primer y segundo orden incorporando a las estimaciones un AR(1) o AR(2), respectivamente. Asimismo, se utilizó el estimador consistente de Newey-West (HAC) para corregir el problema de heteroscedasticidad cuando fue necesario (Anexo 3).

La elección del mejor modelo tanto de panel (Anexo 2) como de series de tiempo (Anexo 3) dependió de los criterios Akaike y Schwarz, nivel de significancia global del modelo (R^2 ajustado) y de los signos esperados para cada coeficiente de las variables independientes, conforme a la teoría económica.

Las estimaciones de producción y temperatura de algunos de Lambayeque fueron contrastados favorablemente con los rangos óptimos de las temperaturas que proporcionan las fichas técnicas del Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA).

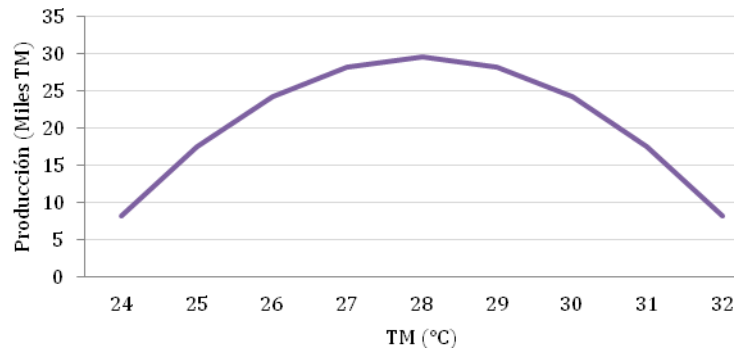
Lambayeque

Para el caso de Lambayeque, todas las estimaciones poseen un R^2 mayor al 87%. La ecuación (6) fue utilizada para analizar la dependencia funcional de los cultivos mango, limón y caña de azúcar durante el periodo 1994-2009. En estos casos, la variable significativa y de signo esperado fue la temperatura máxima.

En el caso del mango, el mejor modelo fue (9) donde el umbral de temperatura máxima se estimó en 28°C (Gráfico 6).

$$Q_t = -1103813 + 13.3S_t^j + 74163.65P_{t-6}^j + 75543.54TM_t - 1334.16TM_t^2 + \mu_t \quad (9)$$

Gráfico 6: Producción de mango vs temperatura máxima en Lambayeque



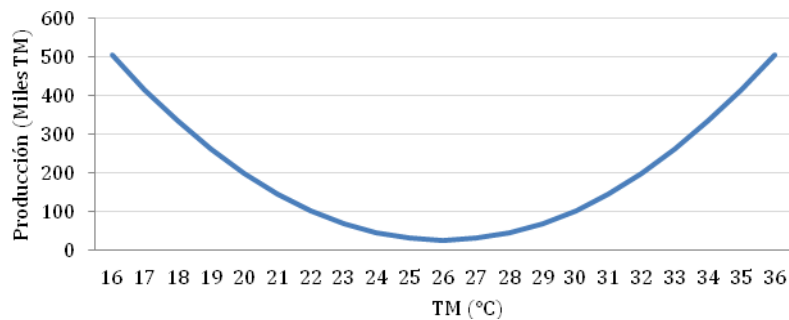
Elaboración propia

Para el limón (10) el umbral estimado de temperatura fue 26°C. Nótese en el Gráfico 7 que la relación entre producción y temperatura máxima es una convexidad, contrario a lo esperado. Por un lado esto es atribuido al efecto que el limón requiere altas temperaturas, como 38°C (Abramonte, 2000). Por otro lado, la función de producción debe ser equivalente al segmento creciente de tal convexidad, lo cual implica que todavía no se ha logrado el máximo técnico, al menos durante el periodo de la muestra. Finalmente, el mejor modelo de caña de azúcar fue (11), siendo 24.4 °C el umbral de temperatura máxima (Gráfico 8).

$$Q_t = 3368748 + 2.06S_t^j + 46.65P_{t-4}^j - 254284.5TM_t + 4804.9TM_t^2 - 2.56PP_t + 0.08AR(1) + \mu_t \quad (10)$$

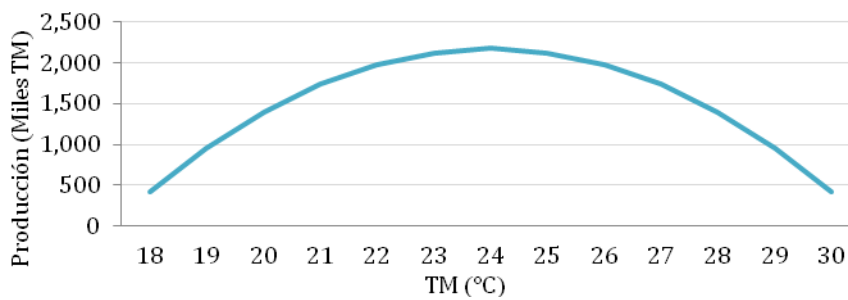
$$Q_t = -26275020 + 75.39S_t^j - 48894.95P_{t-2}^j + 2380730TM_t - 8666.9TM_t^2 + 17400PP_t - 0.61AR(1) - 0.34AR(2) + \mu_t \quad (11)$$

Gráfico 7: Producción de limón vs temperatura máxima en Lambayeque



Elaboración propia

Gráfico 8: Producción de caña de azúcar vs temperatura máxima en Lambayeque



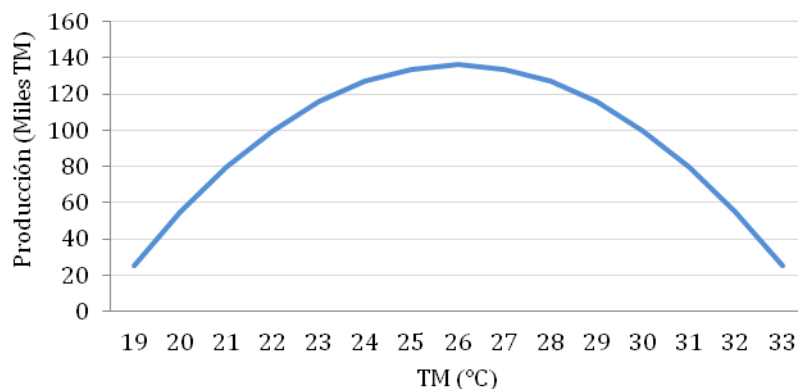
Elaboración propia

Para los cultivos de arroz y maíz amarillo duro se utilizó la expresión (7) con datos del periodo 1997–2009 para las siguientes provincias: Lambayeque, Chiclayo y Ferreñafe, las cuales son prioritarias para tales cultivos. Los resultados para los cultivos arroz (12) y maíz amarillo duro (13) son consistentes ya que sus coeficientes presentaron los signos esperados (sección 5.2), de manera que la relación entre producción y temperatura (máxima y mínima en el caso del arroz y maíz amarillo duro, respectivamente) tienen forma de concavidad (Gráfico 9 y Gráfico 10).

$$Q_{i,t} = 1851070 + 7.50S_{i,t}^j + 35.48P_{i,t-2}^j - 371839.4TN_{i,t} + 10142.2TN_{i,t}^2 + 117326.3TM_{i,t} - 2260.09TM_{i,t}^2 + 234.88PP_{i,t} + 0.42AR(1) + \mu_{i,t} \quad (12)$$

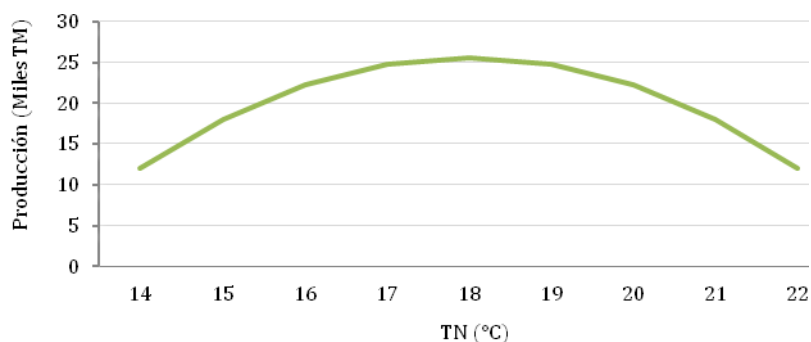
$$Q_{i,t} = -281050.3 + 5S_{i,t}^j + 11.75P_{i,t-1}^j + 30312.64TN_{i,t} - 848TN_{i,t}^2 - 55.63PP_{i,t} + 0.2PP_{i,t}^2 + 1.18AR(1) + \mu_{i,t} \quad (13)$$

Gráfico 9: Producción de arroz vs temperatura máxima en Lambayeque



Elaboración propia

Gráfico 10: Producción de maíz amarillo duro vs temperatura mínima en Lambayeque



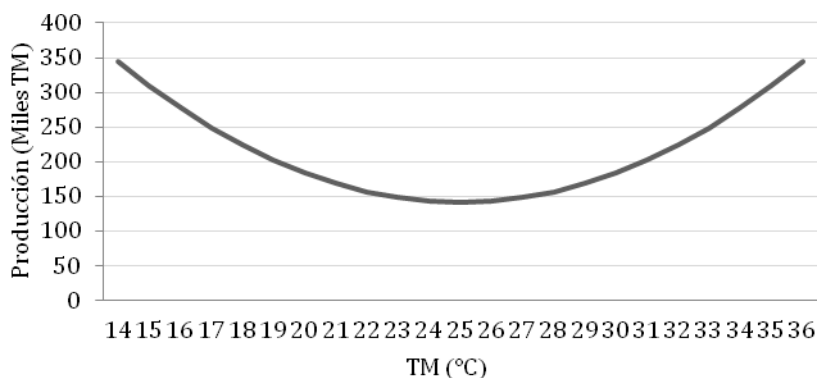
Elaboración propia

Piura

Los modelos agronomicos para Piura poseen un R2 mayor al 70%. La expresion (6) fue utilizada para encontrar la forma funcional de la produccion del platano, limon, algodón y mango. En el caso del platano, el mejor modelo fue (14), siendo temperatura maxima la variable significativa, cuyo umbral de la temperatura maxima fue 25°C. Sin embargo, este caso el comportamiento entre temperatura y producción es contrario al esperado, es decir, convexo (Gráfico 11).

$$Q_t = 1029007 + 1.68S_t^j + 245.61P_{t-1}^j - 83097.49TM_t + 1682.71TM_t^2 - 0.248PP_t^2 + \mu_t \quad (14)$$

Gráfico 11: Producción de plátano vs temperatura máxima en Piura



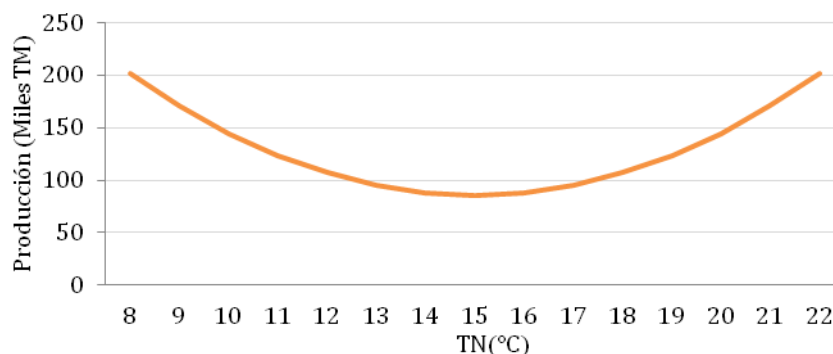
Elaboración propia

Un comportamiento similar fue obtenido para el caso del limón (15), donde la variable significativa fue la temperatura máxima, cuyo umbral estimado fue 15°C (Gráfico 12). En el largo plazo, la respuesta positiva de la temperatura a la producción de estos dos

últimos cultivos es atribuido al hecho que requieren altas temperaturas (Abramonte, 2000).

$$Q_t = 618870 + 2.26S_t^j - 16.74P_{t-3}^j - 71276.05TN_t + 2363.25TN_t^2 - 74.80PP_t + \mu_t \quad (15)$$

Gráfico 12: Producción de limón vs temperatura mínima en Piura



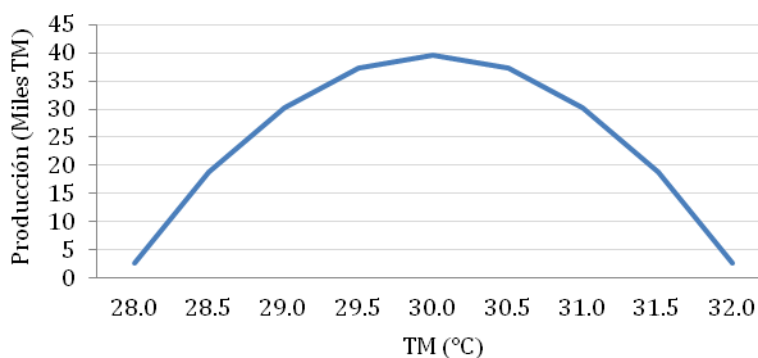
Elaboración propia

Para el caso del algodón y mango las mejores estimaciones de las formas funcionales fueron (16) y (17), respectivamente. En ambos casos, la relación temperatura y producción fue cóncava, conforme a lo esperado. Los umbrales de temperatura estimados fueron 30 y 19.3 °C, respectivamente (Gráfico 13 y Gráfico 14).

$$Q_t = -5982325 + 1.91S_t^j + 17.26P_{t-3}^j + 553886.6TM_t - 9228.27TM_t^2 - 248063TN_t + 6500.16TN_t^2 - 101.45PP_t + 0.08PP_t^2 + \mu_t \quad (16)$$

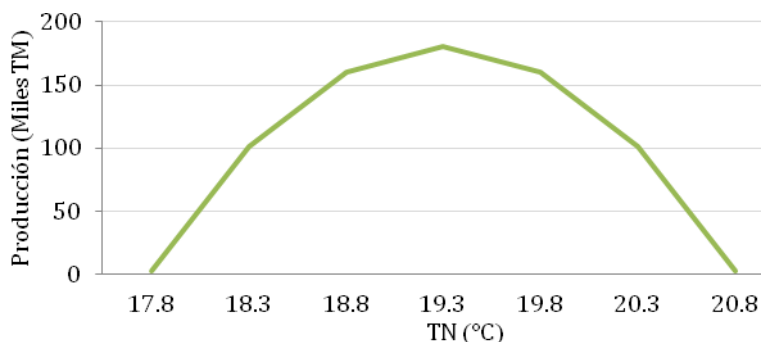
$$Q_t = 16801083 + 19.64S_t^j + 115.5P_{t-6}^j - 3072987TM_t + 51116.9TM_t^2 + 3035866TN_t - 78734.26TN_t^2 + \mu_t \quad (17)$$

Gráfico 13: Producción de algodón vs temperatura máxima en Piura



Elaboración propia

Gráfico 14: Producción de mango vs temperatura mínima en Piura



Elaboración propia

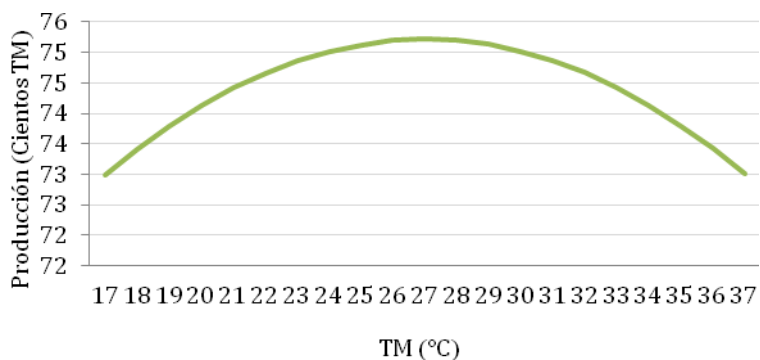
En el caso del arroz y maíz amarillo duro se utilizó la expresión (7) para el periodo de enero a diciembre del 2009 utilizando la información de las siguientes provincias: Piura, Ayabaca, Sullana, Morropón y Paita.

Los mejores modelos para el arroz y maíz amarillo duro fueron las expresiones (18) y (19), respectivamente. En ambos casos, la relación producción y temperatura fue cóncava. Sin embargo, la variable temperatura máxima fue significativa para el arroz mientras que para el maíz amarillo duro lo fue la temperatura mínima. Los umbrales para ambos cultivos fueron 26.9 y 23 °C, respectivamente (Gráfico 15 y Gráfico 16).

$$Q_{i,t} = -13490.95 + 9.55S_{i,t}^j + 16.78P_{i,t-6}^j + 120TM_{i,t} - 2.22TM_{i,t}^2 + 0.14AR(1) + \mu_{i,t} \quad (18)$$

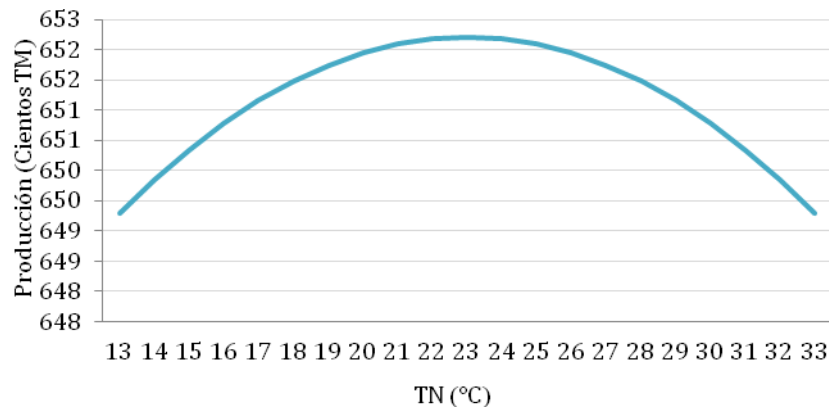
$$Q_{i,t} = -13248.6 + 2.79S_{i,t}^j + 18.83P_{i,t-6}^j + 131.87TN_{i,t} - 2.91TN_{i,t}^2 - 3852.78PP_{i,t} + 2061.36PP_{i,t}^2 + 0.35AR(1) + \mu_{i,t} \quad (19)$$

Gráfico 15: Producción de arroz vs temperatura máxima en Piura



Elaboración propia

Gráfico 16: Producción de maíz amarillo duro vs temperatura mínima en Piura



Elaboración propia

Las estimaciones realizadas, comparadas cultivo por cultivo, permiten constatar algunos aspectos interesantes.

En el caso de la producción de arroz (en ambos departamentos) la relación con respecto a la temperatura máxima es la misma, es decir que la temperatura máxima tiene forma cóncava, lo cual denota un umbral para la temperatura máxima, donde una vez alcanzada, incrementos en la temperatura (máxima) comienza a generar menores rendimientos en la producción (este umbral es 25.9°C en el caso de Lambayeque y 26.9°C para Piura).

Para el maíz amarillo duro, la variable relevante es la temperatura mínima. Esto se explica porque este cultivo requiere temperaturas más bajas en comparación al arroz, por lo que su dependencia de la temperatura mínima es más relevante en un contexto como el caso de los departamentos en análisis. Esto sugiere que si la temperatura mínima excede un determinado umbral tendrá efectos negativos en la producción. Ello sucede a los 17 y 23°C en Lambayeque y Piura, respectivamente.

Para el caso del cultivo mango la situación fue ambigua. En Lambayeque la temperatura máxima tuvo el comportamiento esperado. En el caso de Piura fue la temperatura mínima. La hipótesis es que el nivel de cosecha de este cultivo es muy sensible a los cambios en la temperatura por lo que la temperatura máxima termina siendo relevante en el caso de Lambayeque, mientras que la temperatura mínima lo es en el departamento de Piura.

En cuanto al limón, la relación esperada entre su producción y la temperatura es diferente en cada departamento. Para Lambayeque es una relación convexa con respecto a la temperatura máxima, mientras que en Piura se observó el mismo comportamiento pero con relación a la temperatura mínima.

En el cultivo caña de azúcar se encontró que el umbral de temperatura máxima es 24.9°C en Lambayeque. A partir de incrementos adicionales a esta cantidad se comienza a evidenciar reducciones en la producción de este cultivo. Para el plátano de Piura, el comportamiento con respecto a la temperatura máxima es convexo, contrario a lo esperado. Con respecto al algodón, el comportamiento fue el esperado con relación a la temperatura máxima, siendo 30°C el umbral de esta temperatura.

Así, las estimaciones muestran que para determinados cultivos ha sido posible encontrar funciones que tienen un comportamiento esperado. Existe otro conjunto de datos donde está relación, no es clara o tiene un comportamiento discutible.

De todos los cultivos analizados, los no frutales tuvieron el mejor comportamiento ya que evidenciaron relaciones acordes a las esperadas. En este caso de los frutales, si bien las estimaciones econométricas arrojaron cifras significativas, resultados no fueron los esperados. Dos consideraciones pueden ayudar a explicar esto. Por un lado, al ser cultivos que demandan una inversión mayor y que utilizan tecnologías más elaboradas con respecto a los no frutales, por lo cual pueden ser menos dependientes de factores climáticos. Además, al ser cultivos con periodos de vida relativamente largos, la estimación realizada no permite identificar adecuadamente su comportamiento, por lo que hubiera sido deseable utilizar otro tipo de estrategia en este caso.

Cabe señalar que los agricultores deberían comportarse racionalmente, es decir, maximizadores de beneficio. Esto es, que respondan rápidamente a variaciones en el precio, no obstante, esta afirmación hay que entenderla en el contexto de los agricultores ya que sus respuestas no necesariamente son inmediatas.

Otro aspecto es la disponibilidad de la información. La mayor parte de los estudios realizados comparan la evolución de la renta agrícola a través del tiempo para lo cual utilizan información de censos agrarios que permiten determinar las canastas de cultivos en determinados espacios. Con esta información es posible determinar cómo los agricultores van intercambiando cultivos dependiendo de la alteración en las

condiciones climáticas prevalecientes en esos contextos. En el caso del Perú, esto no fue posible por la escasa información, de manera que no es posible identificar la evolución histórica de los cultivos.

Variación de los ingresos debido al aumento de la temperatura

Para determinar los cambios en los ingresos de los agricultores se utilizaron las proyecciones de temperatura del INPE para el escenario A2, el cual establece para Lambayeque que la variación anual de temperatura es 0,002; 0,043 y 0,05 °C para los periodos 2010-2030, 2031-2050 y 2051-2100, respectivamente. En Piura, la variación anual de temperatura, conforme a la misma fuente es 0,015; 0,044 y 0,047°C para los mismos periodos.

Se utilizaron las tasas de descuento sugeridas por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Galindo, 2009): 0,5; 2, y 4%. Adicionalmente, los resultados se compararon con la tasa de descuento social peruana (11%).

Para poder hacer la extrapolación al PBI agrícola regional se consideró que los cultivos analizados representan el 37.9 y el 59% del VBP 2009 (soles constantes 1994) de Lambayeque y Piura, respectivamente. En el Cuadro 4 se presenta la variación de ingresos en Lambayeque y Piura asumiendo precios reales constantes (año base=2009). Para ello se proyectaron precios nominales para luego ser deflactados con el IPC año base 2009. La tasa de crecimiento del precio de cada cultivo, en términos nominales, fue estimada a partir de la tasa de crecimiento registrada durante el periodo 1994-2009 (Anexo 4).

En ambos departamentos la variación de los ingresos sigue la forma del modelo de regresión escogido para cada cultivo. Por lo tanto, cumpliendo con el criterio de concavidad, a medida que se incremente la temperatura, los ingresos de los agricultores disminuirían en mayor o menor medida dependiendo de la tasa de descuento utilizada.

Para el caso del limón en Lambayeque se observa un incremento en los ingresos debido a que dicho cultivo requiere de mayor temperatura para su maduración. En el caso de Piura los impactos mayores se producen en el caso del algodón y el mango, donde ambos cultivos tienen una participación importante en la región y ambos se

encuentran cerca de sus umbrales, lo cual genera pérdidas mayores que en el caso de Lambayeque.

Cuadro 4: Variación de ingresos en Lambayeque y Piura (soles 2009)

Tasa de descuento	0.50%			2%		
Periodos	2010-2030	2010-2050	2010-2100	2010-2030	2010-2050	2010-2100
Total - Lambayeque	-6569	-2739015	-32077872	-5374	-1651491	-12217165
Total -Piura	-7266828	-104019525	-774780811	-5873992	-65292410	-309499615

Tasa de descuento	4%			11%		
Periodos	2010-2030	2010-2050	2010-2100	2010-2030	2010-2050	2010-2100
Total - Lambayeque	-4164	-858579	-3815866	-1893	-103884	-170727
Total -Piura	-4550741	-36205152	-105614701	-2069435	-6254789	-7898335

Fuente: Elaboración Propia

Como era de esperarse, las pérdidas serán relativamente pequeñas en los primeros años, no obstante éstas pueden incrementarse significativamente si se consideran espacios temporales mayores. Un análisis detallado de variación de ingresos por cultivo y departamento es presentado en el Anexo 5.

Nótese que en la medida que la tasa de descuento aumenta, las pérdidas se reducen sustancialmente. Este es el efecto del factor de descuento, mediante el cual el valor de los flujos lejanos tenderá a cero. Por este motivo en la literatura se ha sugerido una tasa de descuento social baja, decreciente (Weitzman, 1998) e incluso la posibilidad que adopte valores negativos, especialmente para un contexto especial de cambio climático, donde justamente los inminentes efectos perjudiciales ocurrirán en el muy largo plazo (Dasgupta, 2008).

El impacto en el caso que estos resultados fueran expandidos para el valor bruto de la producción agrícola (VBP) de Lambayeque y Piura es presentado en el Cuadro 5. Para ello se determinó la participación de la canasta de cultivos elegida y se expandió ese porcentaje al resto del sector como si el comportamiento fuese el mismo.

Los impactos económicos en los primeros espacios temporales son relativamente pequeños, al margen de la tasa utilizada aunque cuando se consideran espacios de tiempo mayores estos impactos son significativos en términos del VBP, sobretodo en el caso de Piura.

Cuadro 5: Pérdidas en relación al VBP del año 2009 en Lambayeque y Piura

Tasa de descuento	0.5%			2%		
Periodos	2010-2030	2010-2050	2010-2100	2010-2030	2010-2050	2010-2100
Total - Lambayeque	0.00%	-1.43%	-16.74%	0.00%	-0.86%	-6.37%
Total -Piura	-2.38%	-34.07%	-253.73%	-1.92%	-21.38%	-101.36%
Tasa de descuento	4%			11%		
Periodos	2010-2030	2010-2050	2010-2100	2010-2030	2010-2050	2010-2100
Total - Lambayeque	0.00%	-0.45%	-1.99%	0.00%	-0.05%	-0.09%
Total -Piura	-1.49%	-11.86%	-34.59%	-0.68%	-2.05%	-2.59%

Fuente: *Elaboración Propia*

7. PLAN DE INCIDENCIA EN POLITICAS

El objetivo del Plan de Incidencia es hacer de conocimiento los resultados y propuestas del estudio a los *policy makers* directamente relacionados con el tema.

Este estudio está directamente relacionado a justificar la implementación de medidas de mitigación y adaptación de políticas de CC y sobre todo a mejorar el conocimiento de los impactos económicos que este problema ocasionará a la sociedad peruana, especialmente a aquellos que se encuentran en situación de riesgo como son los agricultores.

Este tema es relevante para los Ministerios relacionados a los recursos naturales: Ministerio del Ambiente (MINAM), Ministerio de Agricultura (MINAG), en la medida que se han identificado efectos negativos en la actividad agrícola, por lo que sería necesario tener medidas de adaptación ante las posibles consecuencias que se pudiesen presentar.

Igualmente instituciones como la CEPAL y el BID están interesadas en proyectos relacionados con esta problemática. Actualmente se viene trabajando un proyecto sobre los impactos económicos del cambio climático en el Perú, por lo que el estudio puede servir de referencia a esta iniciativa Hay que tomar en consideración que el Protocolo de Kyoto vence el 2012 y los países están buscando alternativas viables ante los problemas del calentamiento global. En este sentido, para una mejor negociación el Perú necesita demostrar la afectación que va a sufrir, por lo que este estudio puede ser una referencia de la dimensión del problema.

La forma de comunicar los resultados es proponer un resumen ejecutivo para cada uno de los Ministerios mencionados, hacer presentaciones públicas en Universidades y exponer los resultados y las medidas sugeridas que se desprendan.

Para ello se cuenta con una extensa base de datos con profesionales de ONG's, instituciones públicas (Ministerios, entidades reguladores, etc.), consultores y académicos cuya área de interés es el ambiente.

8. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio evidencian que los costos del CC sobre la agricultura del norte del país son significativos, dependiendo del horizonte de tiempo considerado. Al ser comparados con el VBP agrícola actual, en el periodo 2010-2030 los impactos son relativamente pequeños, sin embargo si se consideran los siguientes noventa años, hasta el 2100, estos se vuelven realmente importantes.

Este cálculo se ha realizado en base a una muestra representativa de los cultivos de Piura y Lambayeque, intentando representar la situación de ambas regiones. A pesar del esfuerzo realizado, la relación entre producción y variables climáticas para algunos cultivos no fueron las esperadas.

Los incrementos esperados de temperatura son relativamente pequeños por lo que las variaciones producidas generan impactos económicos reducidos, aunque cuando estos comienzan a acumularse generan pérdidas considerables. El estudio ha estimado las pérdidas basándose en que éstas son explicadas por reducciones en el ingreso, las cuales a su vez son explicadas por reducciones en la cosecha. Se consideró que los costos de producción eran constantes en el tiempo.

Esta consideración implica una subestimación de las pérdidas, dado que se podría suponer que, los agricultores, con un mayor conocimiento de la actual tecnología utilizada podrían en el futuro reducir sus costos. Sin embargo, no se realizó esta tarea en la medida que los elementos adecuados para realizar una estimación razonable de su tendencia futura no estuvieron disponibles.

A nivel de las regiones analizadas se constató que los impactos económicos en Piura son porcentualmente mayores que los ocurridos en Lambayeque. Dos consideraciones pueden explicar esto. En primer lugar, la temperatura media de Piura es mayor con respecto a Lambayeque, lo cual implica que la agricultura piurana está más cerca de los umbrales máximos de temperatura. En segundo lugar, el efecto depende de la elección de los cultivos para cada uno de los departamentos. En el caso de Piura no se consideró la caña de azúcar, mientras que en Lambayeque el plátano y el algodón no fueron analizados, por lo que las canastas analizadas no son las mismas.

En general, la variable temperatura tuvo el comportamiento esperado en la mayor parte de los cultivos. La excepción fueron el limón -en ambos departamentos- y el plátano en Piura. Esto se explicaría porque las demandas de temperatura de estos cultivos están por debajo de sus requerimientos agronómicos, de manera que a partir de superar determinado límite se tiene posibilidades de una mayor producción.

Inicialmente se suponía que el papel de la precipitación sería importante en la explicación de las producciones analizadas. Sin embargo, su relación con los cultivos ha sido bastante diferente por lo que no se ha podido establecer un patrón determinado de comportamiento. Esto ocurriría porque se están analizando sistemas de irrigación regulados donde no hay una dependencia directa con relación a la precipitación.

Los signos positivos de los parámetros asociados a la variable precipitación obtenidos para el caso del arroz y de la caña de azúcar en Lambayeque pueden entenderse en la medida que estos cultivos son altamente demandantes de este recurso, mientras que los signos negativos de tales parámetros en el caso del limón y el mango pueden estar relacionados a un exceso en la disponibilidad de agua para estos cultivos. En el caso de Piura los signos negativos de los parámetros fueron encontrados en el plátano y el limón, sin embargo estos pueden no ser concluyentes.

Otras de las consideraciones importantes es que se esperaba una relación de rezago cercana con el precio lo cual no ha ocurrido. La explicación más plausible en este caso es que las decisiones de producción sean relaciones de un tiempo de maduración mayor del precio, de tal forma que un precio adecuado en un determinado momento guíe la voluntad de dedicarse a determinada producción por periodos de tiempo mayores.

Conforme a las proyecciones, se prevé cambios en los futuros patrones climáticos, los cuales se espera que generen pérdidas en el sector agrícola siempre y cuando la distribución actual de canasta de cultivos se mantenga en el futuro. No obstante, es posible que más adelante aquellos cultivos que sean muy susceptibles a las futuras alteraciones climáticas sean sustituidos por otros cultivos menos susceptibles. De esta forma, no se tiene claro si esta última opción sea, desde el punto de vista económico y/o agronómico, la más apropiada. Este es un tema que debería ser estudiado en las diferentes regiones agrícolas del país.

9. RECOMENDACIONES

La estimación de los impactos económicos del CC es una tarea urgente que merece ser tomada con cuidado especialmente en espacios tan heterogéneos como corresponde al caso peruano. En este sentido, algunas de las limitaciones que se han presentado en este estudio deben ser superadas en investigaciones posteriores.

En este caso hubo dificultad en obtener datos adecuados, sobretodo de costos y precipitación, para realizar las estimaciones. Generalmente, es difícil acceder a información climática que coincida con los espacios donde se lleva a cabo el análisis. Por ese motivo se suele suponer que determinadas estaciones corresponden a las localizaciones geográficas que se estudian, lo cual tiene serias limitaciones, las mismas que son evidentes cuánto mayor variabilidad geográfica tenga el lugar.

Igualmente la información agraria disponible no siempre tiene el nivel de detalle esperado por lo que deben hacerse análisis agregados, los cuales no necesariamente permiten identificar las particularidades geográficas que el CC implica.

Es importante que próximos estudios pudiesen completar algunas tareas faltantes. Por un lado, sería necesario ampliar la canasta de cultivos a ser analizada. Todos los cultivos analizados en este estudio se localizan en zonas costeras. Una muestra más inclusiva de otros espacios sería útil para establecer una mejor comparación.

Asimismo la mayor parte de los estudios sobre costos del cambio climático en el sector agrícola utilizan modelos Ricardianos. Esto funciona sólo si se dispone de información relativa a los costos históricos de los cultivos. Dada esta seria limitación, al menos en

el caso peruano, este estudio intentó hacer una simulación considerando únicamente los ingresos de los agricultores como una variable aproximativa del bienestar. Sin embargo, aun tales costos fueren disponibles, también sería necesario realizar monitoreos sobre la evolución del espacio dedicado a la actividad agrícola para *in-situ* analizar los diferentes comportamientos que los productores pudiesen tener en el tiempo.

Es importante que la información climática disponible para los diferentes espacios pueda ser generada a escalas que permitan tener una relación espacial con los cultivos. Esta tarea evita realizar supuestos de homogeneidad de la información en un contexto de tanta variabilidad como es en el caso del Perú.

10. REFERENCIAS

- Abramonte, L. (2000). Compendio de Fichas técnicas de cultivos en la región Grau. Instituto de Investigación y Promoción para el Desarrollo. Piura – Perú.
- Adams, R. (1989). Global climate change and agriculture: An economic perspective. *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 71:1272-1279.
- BCRP (2009). Cuadros Anuales Históricos. Consultado Marzo 26, 2009. Disponible en: <http://www.bcrp.gob.pe/estadisticas/cuadros-anuales-historicos.html>.
- Box, E. & Jenkins, G. (1976). "Time Series Analysis: Forecasting and Control". 2nd Edition. San Francisco, California, USA.
- CAF (2000). Las lecciones del El Niño: Memorias del Fenómeno El Niño 1997 - 1998: Retos y propuestas para la Región Andina: Perú.
- CAN (2008). El cambio climático no tiene fronteras. Impacto del cambio climático en la Comunidad Andina. Comunidad Andina de Naciones. Disponible en: http://www.comunidadandina.org/public/libro_cambioclimatico1.pdf
- CEPAL (2009). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2009. Santiago de Chile.
- CEPLAN (2008). Metodologías para la estimación de pronósticos con suficientes y pocos datos. Documentos de Trabajo 01. Lima-Perú.
- CIPCA (2009). Fichas técnicas. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado). Disponible en: http://www.cipca.org.pe/cipca/informacion_y_desarrollo/agraria/fichas/index.htm
- CONAM (2006). Indicadores Ambientales Piura.
- Conde, Cecilia. 2006. México y el cambio climático global (1ª ed.). México; Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dasgupta, P. (2008). Discounting climate change. *Journal of Risk and Uncertainty*, vol 37, p. 141-169.
- Deressa, T., Hassan, R., Poonyth, D. (2005). Measuring the impact of climate change on South African agriculture: the case of sugarcane growing regions. *Agrekon*, Vol. 44. No 4 (December 2005).
- Deschênes, O., Greenstone, M. (2007). The Economics impacts of climate change: Evidence from agricultural Output and random fluctuations in weather. *American Economic Review*, Vol. 97: 354-385.
- Easterling, W.E (1993). Adapting United States agriculture to climate change. In: Preparing for an uncertain climate, Vol. 1: OTA-0-567. Office of Technology Assessment, Washington DC. P. 303-305.

- Fleischer, A., Lichtman, I., Mendelsohn, R. (2008). Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: Will warming be harmful? *Ecological Economics*, Vol. 65 p. 508-515.
- Fisher, A., Hanemann, M., Roberts, M., Schlenker, W. (2009). Climate Change and Agriculture Reconsidered. Disponible en: <http://www.columbia.edu/~ws2162/agClimateChange/agClimateChange.pdf>.
- FBDLF (2010). Cambio climático en el Perú. Regiones del Sur. Lima 2010. 125 p. Fundación M.J De La Fuente. Documento digital.
- Galindo, L. (2009). La Economía del Cambio Climático en México. SEMARNAT.
- García M. (2004). El cambio climático en la agricultura española: Un enfoque económico [Tesis doctoral]. Pamplona, España. Universidad Pública de Navarra.
- Gay C., Estrada F., Conde C., y Eakin H. 2006. Impactos potenciales del cambio climático en la agricultura: Escenarios de producción de café para el 2050 en Veracruz. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Green, W. (2000). "Econometric Análisis". Fourth Ed. Upper Saddle River, New Jersey. Prentice Hall Ed. USA.
- Gobierno Regional de Piura (2008). Cambio climático y desarrollo rural sostenible (1ª ed.). Piura-Perú.
- Gujarati, D. (2004). "Econometría". Cuarta Edición, Mc Graw Hill. Bogotá- Colombia.
- Ibarrarán M., y Rodríguez M. 2007. Estudio sobre economía del cambio climático en México. Universidad Iberoamericana Puebla. México.
- INEI (2010a). Estadísticas sobre valor bruto y valor agregado de la producción del sector agrícola por departamento. Documento no publicado.
- INEI (2010b). Información Económica. Consultado Abril 2011. Disponible en: <http://www1.inei.gob.pe/web/aplicaciones/siemweb/index.asp?id=003>.
- INEI (2011). Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2011. Disponible en: <http://www.inei.gob.pe/BiblioINEIPub/BancoPub/Est/Lib0978/index.html>
- INPE (2009). Estimaciones de temperatura y precipitación para América Latina. Documento no publicado
- IPCC (2007). Climate Change: Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press; Cambridge.
- Kabubo-Mariara, J. , Karanja, F. (2007). The economic impact of climate change on Kenyan crop agriculture: A Ricardian approach. *Global and Planetary Change*, vol n° 57, pp: 319–330.

- Kaufmann, R. (1997). The impact of climate change on US agriculture: a response to Mendelsohn et al. (1994). *Ecological Economics*, Vol. 26: 113-119.
- Lagos, P (2007). Peru's Approach to Climate Change in the Andean Mountain Region: Achieving Multidisciplinary Regional Cooperation for Integrated Assessment of Climate Change. *Mountain Research and Development*, Vol 27, No 1, February 2007: p. 28-31.
- Libélula (2008). El cambio climático y la necesidad de decisiones estratégicas. Lima.
- Loyola, R. (2009). Los Costos del Cambio Climático en el Perú. In press
- Lozanoff J., y Cap E. (2005). El impacto del cambio climático sobre la agricultura Argentina: Un estudio económico. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Instituto de Economía y Sociología. Argentina.
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W., and Shaw, D. (1994). The impact of global warming on agriculture: A Ricardian Analysis. *American Economic Review* 84(4). 753-771.
- Mendelsohn, R., and Nordhaus, W. (1996). The impact of global warming on agriculture: Reply. *American Economic Review* 86(5). 1312-1315.
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W., and Shaw, D. (1996). Climate impact change on aggregate farm value: accounting for adaptation. *Agricultural and Forest Meteorology* 80: 55-66.
- Mendelsohn, R., and Nordhaus, W. (1999). The impact of global warming on agriculture: A Ricardian Analysis: Reply. *American Economic Review* 89(4). 1046-1048.
- MINAM (2008). Inventario Nacional Integrado de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Perú en el año 2000.
- Ministerio de Agricultura. Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos. Series históricas de producción agrícola. Compendio estadístico. Consultado Febrero 2009. Disponible en: http://frenteweb.minag.gob.pe/sisca/?mod=consulta_cult.
- MINCETUR. Región Piura. Consultado Mayo, 2010. Disponible en: <http://www.mincetur.gob.pe/newweb/portals/0/PIURA.pdf>
- MINSA (2006). Evaluación ambiental de la iniciativa riego con secas intermitentes en cultivos de arroz en la costa norte, para el control vectorial de la malaria. Consultado Mayo 2010. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/DSB/secas/lambayeque/evaluacion_ambiental/evaluacion_ambiental_del_riego_con_secas_en_cultivos_de_arroz_para_el_control_vectorial_malaria.pdf
- Plan de Desarrollo Concertado de Lambayeque. 2002. Consultado Mayo 25, 2010. Disponible en: http://www.mesadeconcertacion.org.pe/documentos/regional/2003_0303.pdf
- Perú Travel Paradise (2010). Consultado Mayo 2010. Disponible en: <http://www.viajesaperu.info/piura.php>

- Reinsborough, M. (2003). A Ricardian model of climate change in Canada. *The Canadian Journal of Economics*, p. 21-40.
- Schlenker, W., Roberts, M. (2008). Estimating the Impact of Climate Change on Crop Yields: The Importance of Nonlinear Temperature Effects. NBER Working Paper No. 13799. Disponible en: <http://www.nber.org/papers/w13799>
- Schlenker, W., Hanemann, M., Fisher, A. (2006). The Impact of Global Warming on U.S. Agriculture: An Econometric Analysis of Optimal Growing Conditions. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 88 (1), p. 113-125.
- SENAMHI (2005a). Escenarios del cambio climático en el Perú al 2050. Cuenca del río Piura (2ª ed.). Programa del cambio climático y calidad del aire (PROCLIM). Perú.
- SENAMHI (2005b). Escenarios climáticos futuros y la disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del río Santa (1ª ed.).
- SENAMHI (2009). Escenarios Climáticos en el Perú para el 2030. Documento no publicado.
- Seo, N., Mendelsohn, R. (2008). An analysis of crop choice: Adapting to climate change in South American farms. *Ecological Economics* 67, p. 109-116.
- Seo, N., Mendelsohn, R., Munasinghe, M. (2005). Climate change and agriculture in Sri Lanka: a Ricardian valuation. *Environment and Development Economics* 10, p. 581-596.
- Stern, N. H., S. Peters, V. Bakhshi, A. Bowen, C. Cameron, S. Catovsky, D. Crane, S. Cruickshank, S. Dietz, N. Edmonson, S.-L. Garbett, L. Hamid, G. Hoffman, D. Ingram, B. Jones, N. Patmore, H. Radcliffe, R. Sathiyarajah, M. Stock, C. Taylor, T. Vernon, H. Wanjie, and D. Zenghelis (2006). Stern Review: The Economics of Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Tol, R. (2002). Estimates of the Damage Costs of Climate Change. Part 1: Benchmark Estimates. *Environmental and Resource Economics* 21: 47–73.
- Trivelli, C. y Broucher, S. (2005). Vulnerabilidad y shocks climáticos: el costo de la sequía para los productores de Piura y el Valle del Mantaro.
- Vargas, P. (2009). El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú. Banco Central de Reserva del Perú. D.T. N°2009-14. Serie de Documentos de Trabajo. Working Paper series. Julio.
- United Nations (2009). Framework Convention on Climate Change. Greenhouse Gas Inventory Data. Time series Annex I. Consultado Abril 24, 2009. Disponible en: http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/time_series_annex_i/items/3814.ph

Weitzman, M. (1998). Why the Far-Distance Future Should Be Discounted At Its Lowest Possible Rate. *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol 36, p. 201-208.

ANEXO 1: TEST DE MODELOS POOLED VS MODELOS ANIDADOS

Breusch-Pagan LM Test:	Value	Prob.
Piura		
Arroz	1.291054	0.255854
Maíz amarillo duro	0.017076	0.896033
Lambayeque		
Arroz	0.915435	0.338676
Maíz amarillo duro	0.441965	0.506176

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 2: COMPARACIÓN DE MODELOS POOLED PARA EL
ARROZ EN LAMBAYEQUE1/**

	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
	PNDARROZ	PNDARROZ	PNDARROZ	PNDARROZ	PNDARROZ	PNDARROZ
C	1840452. (0.0003)	1851070 (0.0001)	3101041. (0.0000)	2997154. (0.0000)	-310950.1 (0.2638)	-296186.0 (0.4576)
SARROZ	7.491059 (0.0000)	7.502430 (0.0000)	7.939698 (0.0000)	7.923056 (0.0000)	7.699731 (0.0000)	7.690006 (0.0000)
PARROZ(-2)	35.95 (0.0000)	35.48 (0.0000)	8.38 (0.2166)	9.29 (0.1786)	30.04 (0.0000)	29.56 (0.0000)
TN	-372780.4 (0.0000)	-371839.4 (0.0000)	-342691.7 (0.0000)	-331005.6 (0.0000)		
TN2	10169.20 (0.0000)	10142.21 (0.0000)	9400.944 (0.0000)	9074.686 (0.0000)		
TM	118814.7 (0.0000)	117326.3 (0.0000)			29257.87 (0.1752)	27857.36 (0.3615)
TM2	-2290.042 (0.0000)	-2260.090 (0.0000)			-700.1863 (0.0948)	-666.3824 (0.2536)
PP	250.0199 (0.0000)	234.8860 (0.0000)	255.1600 (0.0318)	192.3899 (0.0009)	381.0792 (0.0027)	260.5608 (0.0000)
PP2	-0.200014 (0.4753)		-0.926270 (0.4519)		-1.709017 (0.3538)	
AR(1)	0.440622 (0.0230)	0.429184 (0.0214)			0.613680 (0.0007)	0.574600 (0.0008)
R2	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.99
R2 ajustado	0.99	0.99	0.97	0.98	0.98	0.98
Criterio Akaike	22.96	22.89	22.73	22.67	22.89	22.85
Criterio Schwarz	23.43	23.31	23.05	22.94	23.27	23.17
Estad. Durbin Watson	2.06	2.04	1.54	1.56	2.23	2.22
Prob(F-statistic)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

1/ En estas estimaciones se incluyó la opción de MCG: *Cross-Section Sur* y los errores robustos: *White Cross-Section* brindado por Eviews7.

Fuente: Elaboración Propia. Los valores en paréntesis representan los p-value

Los comandos usados para determinar estas ecuaciones fueron:

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PNDARROZ C SCARROZ PRARROZ(-2) TMIN TMIN^2 TMAX TMAX^2 PP AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PNDARROZ C SCARROZ PRARROZ(-2) TMAX TMAX^2 PP PP^2 AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF) PNDARROZ C SCARROZ PRARROZ(-2) TMIN TMIN^2 PP

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PNDARROZ C SCARROZ PRARROZ(-2) TMIN TMIN^2 TMAX TMAX^2 PP PP^2 AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF) PNDARROZ C SCARROZ PRARROZ(-2) TMIN TMIN^2 PP PP2

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PNDARROZ C SCARROZ PRARROZ(-2) TMAX TMAX^2 PP AR(1)

**ANEXO 2: COMPARACIÓN DE MODELOS POOLED PARA
EL MAÍZ AMARILLO DURO EN LAMBAYEQUE1/**

	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
	PDMAD	PDMAD	PDMAD	PDMAD	PDMAD	PDMAD
C	-327638.5 (0.0028)	-97007.94 (0.6702)	-281050.3 (0.0000)	42734.26 (0.6150)	-29604.07 (0.6643)	-120012.9 (0.4029)
SMAD	4.942011 (0.0000)	4.795547 (0.0000)	5.000460 (0.0000)	4.768708 (0.0000)	4.857704 (0.0000)	4.815609 (0.0000)
PMAD(-1)	16.67 (0.0000)	0.74 (0.9923)	11.75 (0.0000)	4.31 (0.0390)	8.68 (0.0164)	-0.42 (0.9498)
TN	50975.14 (0.0006)	-3460.589 (0.9048)	30312.64 (0.0000)	-5603.664 (0.5658)		
TN2	-1412.175 (0.0005)	98.32599 (0.9010)	-848.0013 (0.0000)	158.9561 (0.5554)		
TM	-10770.29 (0.0006)	9428.449 (0.5240)			1456.570 (0.7839)	8937.72 (0.4302)
TM2	200.0388 (0.0005)	-180.3331 (0.5181)			-26.20101 (0.7957)	-171.81 (0.4284)
PP	-57.08543 (0.0000)	-5.035951 (0.2904)	-55.63024 (0.0000)	-5.908901 (0.0459)	-34.99767 (0.0000)	-3.861082 (0.2134)
PP2	0.217769 (0.0000)		0.206704 (0.0000)		0.110336 (0.0000)	
AR(1)	1.200130 (0.0000)	1.131466 (0.0000)	1.181894 (0.0000)	1.138666 (0.0000)	1.122375 (0.0000)	1.137497 (0.0000)
R2	0.99	0.98	0.99	0.98	0.99	0.98
R2 ajustado	0.99	0.98	0.99	0.98	0.98	0.97
Criterio Akaike	18.66	18.87	18.54	18.79	18.66	18.76
Criterio Schwarz	19.11	19.27	18.91	19.11	19.02	19.07
Estad. Durbin Watson	2.28	2.26	2.21	2.36	2.30	2.36
Prob(F-statistic)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

1/ En estas estimaciones se incluyó la opción de MCG: *Cross-Section Sur* y los errores robustos: *White Cross-Section*.

Fuente: Elaboración propia. Los valores en paréntesis representan los p-value.

Los comandos usados para determinar estas ecuaciones fueron:

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDMAD C SCMAD PRMAD(-1) TMAX TMAX^2 PP PP^2 AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDMAD C SCMAD PRMAD(-1) TMIN TMIN^2 PP AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDMAD C SCMAD PRMAD(-1) TMIN TMIN^2 TMAX TMAX^2 PP AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDMAD C SCMAD PRMAD(-1) TMIN TMIN^2 TMAX TMAX^2 PP PP^2 AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDMAD C SCMAD PRMAD(-1) TMAX TMAX^2 PP AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDMAD C SCMAD PRMAD(-1) TMIN TMIN^2 PP PP^2 AR(1)

**ANEXO 2: COMPARACIÓN DE MODELOS POOLED PARA
EL ARROZ EN PIURA1/**

	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
	PDARROZ	PDARROZ	PDARROZ	PDARROZ	PDARROZ	PDARROZ
C	-28965.20 (0.0000)	-11181.16 (0.0000)	-26907.64 (0.0000)	-10505.83 (0.0000)	-35856.96 (0.0000)	-13490.95 (0.0002)
SARROZ	9.524539 (0.0000)	9.541157 (0.0000)	9.490081 (0.0000)	9.537352 (0.0000)	9.542807 (0.0000)	9.551971 (0.0000)
PARROZ(-6)	33.96 (0.0000)	14.39 (0.0000)	37.799 (0.0000)	14.73 (0.0000)	48.445 (0.0000)	16.78 (0.0002)
TN	-151.4400 (0.0014)	-3.814552 (0.9681)	17.42304 (0.0006)	28.21231 (0.0220)		
TN2	2.516394 (0.0039)	-0.426969 (0.8142)	-0.669271 (0.0000)	-1.028043 (0.0001)		
TM	486.0609 (0.0001)	94.55723 (0.6991)			117.2785 (0.0965)	120.0024 (0.0529)
TM2	-8.499818 (0.0001)	-1.677468 (0.6884)			-2.172193 (0.1402)	-2.224797 (0.0930)
PP	1672.548 (0.0000)	-162.9876 (0.0000)	1875.412 (0.0000)	-160.7978 (0.0000)	2395.026 (0.0000)	
PP2	-1128.863 (0.0000)		-1240.193 (0.0000)		-1580.663 (0.0000)	
AR(1)	0.104098 (0.0000)	0.194015 (0.0000)	0.075006 (0.0000)	0.183526 (0.0000)	0.067269 (0.0000)	0.137585 (0.0000)
R2	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
R2 ajustado	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Criterio Akaike	15.15	15.15	14.99	15.00	15.06	15.09
Criterio Schwarz	15.63	15.58	15.38	15.35	15.44	15.38
Estad. Durbin Watson	2.12	2.31	2.00	2.45	1.69	2.13
Prob(F-statistic)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

1/ En estas estimaciones se incluyó la opción de MCG: *Cross-Section Sur* y los errores robustos: *White Cross- Section*.

Fuente: Elaboración Propia. Los valores en paréntesis representan los p-value.

Los comandos usados para determinar estas ecuaciones fueron:

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,DERIV=AA) PDARROZ C SCARROZ PRARROZ(-6) TMAX TMAX^2 AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDARROZ C SCARROZ PRARROZ(-6) TMAX TMAX^2 PP PP^2 AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDARROZ C SCARROZ PRARROZ(-6) TMIN TMIN^2 PP PP^2 AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDARROZ C SCARROZ PRARROZ(-6) TMIN TMIN^2 PP AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDARROZ C SCARROZ PRARROZ(-6) TMIN TMIN^2 TMAX TMAX^2 PP AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDARROZ C SCARROZ PRARROZ(-6) TMIN TMIN^2 TMAX TMAX^2 PP PP^2 AR(1)

**ANEXO 2: COMPARACIÓN DE MODELOS POOLED PARA
EL MAÍZ AMARILLO DURO EN PIURA1/**

	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
	PDMAD	PDMAD	PDMAD	PDMAD	PDMAD	PDMAD
C	7310.235 (0.1897)	12373.61 (0.0002)	-13248.61 (0.0000)	-3623.239 (0.0019)	-10608.01 (0.0000)	-1901.120 (0.0359)
SMAD	2.554213 (0.0000)	2.155362 (0.000)	2.792654 (0.0000)	2.575793 (0.0000)	3.245745 (0.0000)	3.025972 (0.0000)
PMAD(-6)	16.84 (0.0000)	1.20 (0.0410)	18.83 (0.0000)	3.69 (0.0053)	17.59 (0.0000)	1.83 (0.0775)
TN	775.1250 (0.0003)	607.3439 (0.0000)	131.8784 (0.0001)	137.3090 (0.0003)		
TN2	-15.21585 (0.0002)	-11.81243 (0.0000)	-2.910015 (0.0000)	-2.782447 (0.0002)		
TM	-1927.442 (0.0016)	-1427.576 (0.0001)			-113.6320 (0.0002)	33.25719 (0.0475)
TM2	34.11441 (0.0017)	25.14943 (0.0001)			3.545348 (0.0000)	0.072024 (0.7850)
PP	-4090.682 (0.0000)	142.0181 (0.0021)	-3852.779 (0.0003)	-20.59430 (0.2915)	-4085.393 (0.0000)	96.22244 (0.0022)
PP2	2270.221 (0.0000)		2061.363 (0.0002)		2246.427 (0.0000)	
AR(1)	0.333750 (0.0000)	0.437218 (0.0000)	0.350961 (0.0000)	0.444387 (0.0000)	0.268978 (0.0000)	0.450340 (0.0000)
R2	0.96	0.95	0.90	0.92	0.99	0.99
R2 ajustado	0.94	0.93	0.87	0.89	0.99	0.98
Criterio Akaike	16.56	16.65	16.48	16.53	16.47	16.52
Criterio Schwarz	17.04	17.09	16.87	16.87	16.86	16.86
Estad. Durbin Watson	2.34	2.53	2.07	2.07	1.73	2.11
Prob(F-statistic)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

1/ En estas estimaciones se incluyó la opción de MCG: *Cross-Section Sur* y los errores robustos: *White Cross- Section* brindado por Eviews7.

Fuente: Elaboración Propia. Los valores en paréntesis representan los p-value.

Los comandos usados para determinar estas ecuaciones fueron:

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDMAD C SCMAD PRMAD(-6) TMAX TMAX^2 PP PP^2 AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDMAD C SCMAD PRMAD(-6) TMIN TMIN^2 TMAX TMAX^2 PP AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDMAD C SCMAD PRMAD(-6) TMIN TMIN^2 TMAX TMAX^2 PP PP^2 AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDMAD C SCMAD PRMAD(-6) TMIN TMIN^2 PP AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDMAD C SCMAD PRMAD(-6) TMAX TMAX^2 PP AR(1)

LS(WGT=CXSUR,COV=CXWHITE,NODF,DERIV=AA) PDMAD C SCMAD PRMAD(-6) TMIN TMIN^2 PP PP2 AR(1)

**ANEXO 3: COMPARACION DE MODELOS SERIES
DE TIEMPO PARA EL MANGO EN LAMBAYEQUE1/**

	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
	PDMANGO	PDMANGO	PDMANGO	PDMANGO	PDMANGO	PDMANGO
C	-2644794 (0.0158)	-2800084. (0.1505)	-856707.5 (0.4683)	-2668985. (0.0118)	-334931.6 (0.4189)	-1103813. (0.0070)
SMANGO	7.475464 (0.0094)	16.71796 (0.0598)	8.908606 (0.0822)	17.05687 (0.0005)	5.617168 (0.0234)	13.30872 (0.0001)
PMANGO(-6)	-10.09 (0.0093)	68.56 (0.0454)	2.37 (0.9456)	70.41 (0.0046)	-56.17 (0.0729)	74.16 (0.0211)
TN	368245.6 (0.0139)	256312.8 (0.3347)	94456.05 (0.4562)	285500.5 (0.0123)		
TN2	-10056.04 (0.0139)	-6969.291 (0.3307)	-2613.685 (0.4489)	-7752.573 (0.0127)		
TM	-39817.82 (0.0221)	30280.33 (0.6074)			30379.06 (0.3380)	75543.54 (0.0098)
TM2	533.3833 (0.0292)	-565.8201 (0.5788)			-634.3369 (0.2925)	-1334.159 (0.0122)
PP	1725.066 (0.0050)	-10.18412 (0.7950)	802.4608 (0.0965)		1373.694 (0.0111)	
PP2	-22.05487 (0.0049)		-10.20034 (0.0806)		-16.93103 (0.0096)	
R2	0.99	0.89	0.93	0.88	0.94	0.87
R2 ajustado	0.99	0.49	0.79	0.79	0.83	0.76
Criterio Akaike	15.58	20.89	20.25	20.37	20.03	20.47
Criterio Schwarz	15.85	21.14	20.47	20.52	20.24	20.63
Estad. Durbin Watson	3.28	2.47	2.19	2.33	1.09	2.06
Prob(F-statistic)	0.05	0.34	0.08	0.02	0.06	0.02

1/ En estas estimaciones se utilizó el estimador consistente de Newey –West (HAC)

Fuente: Elaboración propia. Los valores en paréntesis representan los p-value.

Los comandos usados para determinar estas ecuaciones fueron:

LS(COV=HAC,NODF) PDMANGO C SCMANGO PRMANGO(-6) TMINP TMINP2 TMAXP TMAXP2 PPCFN

LS(COV=HAC,NODF) PDMANGO C SCMANGO PRMANGO(-6) TMINP TMINP2 TMAXP TMAXP2 PPCFN PPCFN2

LS(COV=HAC,NODF) PDMANGO C SCMANGO PRMANGO(-6) TMAXP TMAXP2

LS(COV=HAC,NODF) PDMANGO C SCMANGO PRMANGO(-6) TMINP TMINP2 PPCFN PPCFN2

LS(COV=HAC,NODF) PDMANGO C SCMANGO PRMANGO(-6) TMINP TMINP2

LS(COV=HAC,NODF) PDMANGO C SCMANGO PRMANGO(-6) TMAXP TMAXP2 PPCFN PPCFN2

**ANEXO 3: COMPARACION DE MODELOS SERIES
DE TIEMPO PARA EL LIMON EN LAMBAYEQUE1/**

	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
	PDLIMON	PDLIMON	PDLIMON	PDLIMON	PDLIMON	PDLIMON
C	9167556. (0.0586)	8991571. (0.0608)	59764.12 (0.9444)	3544736. (0.0072)	272847. (0.0024)	3368748. (0.0007)
SLIMON	11.01099 (0.0904)	10.81955 (0.0997)	-0.690236 (0.5184)	4.564289 (0.1431)	3.274426 (0.1896)	2.066212 (0.0555)
PLIMON(-4)	55.63 (0.0208)	56.87 (0.0266)	24.85 (0.0618)	39.60 (0.0511)	31.48 (0.1348)	46.65 (0.0085)
TN	-688024.9 (0.1427)	-664252.0 (0.1507)	1639.531 (0.9862)			
TN2	18679.43 (0.1426)	18023.28 (0.1503)	-153.5115 (0.9530)			
TM	-229733.4 (0.0123)	-232220.9 (0.0062)		-267435.5 (0.0063)	-205256.5 (0.0026)	-254284.5 (0.0007)
TM2	4564.801 (0.0115)	4604.910 (0.0063)		5037.820 (0.0072)	3878.561 (0.0026)	4804.912 (0.0007)
PP		-63.33290 (0.2254)	-120.7100 (0.1684)	451.7936 (0.1524)	-86.08527 (0.6566)	
PP2	-0.229133 (0.1901)		0.392884 (0.1654)	-8.251136 (0.0742)	0.307071 (0.6374)	-2.561118 (0.0180)
AR(1)						0.086117 (0.0187)
AR(2)			-0.999040 (0.0186)	-0.013062 (0.0653)		
R2	0.67	0.68	0.88	0.91	0.50	0.82
R2 ajustado	0.09	0.11	0.44	0.57	-0.09	0.54
Criterio Akaike	21.38	21.37	20.79	20.52	21.63	20.83
Criterio Schwarz	21.71	21.69	21.04	20.77	21.91	21.08
Estad. Durbin Watson	2.37	2.44	2.76	2.29	2.51	2.31
Prob(F-statistic)	0.47	0.46	0.37	0.29	0.58	0.01

1/ En estas estimaciones se utilizó el estimador consistente de Newey –West (HAC).

Fuente: Elaboración propia. Los valores en paréntesis representan los p-value.

Los comandos usados para determinar estas ecuaciones fueron:

LS(COV=HAC,NODF) PDLIMON C PRLIMON(-4) SCLIMON TMAXP TMAXP2 PPCFN2 AR(1)

LS(COV=HAC,NODF) PDLIMON C PRLIMON(-4) SCLIMON TMAXP TMAXP2 TMINP TMINP2 PPCFN2

LS(COV=HAC,NODF) PDLIMON C PRLIMON(-4) SCLIMON TMAXP TMAXP2 TMINP TMINP2 PPCFN

LS(COV=WHITE,NODF) PDLIMON C PRLIMON(-4) SCLIMON TMINP TMINP2 PPCFN PPCFN2 AR(2)

LS(COV=HAC,NODF) PDLIMON C PRLIMON(-4) SCLIMON TMAXP TMAXP2 PPCFN PPCFN2 AR(2)

LS(COV=HAC,NODF) PDLIMON C PRLIMON(-4) SCLIMON TMAXP TMAXP2 PPCFN PPCFN2

**ANEXO 3: COMPARACION DE MODELOS SERIES
DE TIEMPO PARA LA CAÑA DE AZÚCAR EN LAMBAYEQUE1/**

	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)
	PDAZÚCAR	PDAZÚCAR	PDAZÚCAR	PDAZÚCAR	PDAZÚCAR	PDAZÚCAR	PDAZÚCAR
C	29930635 (0.4714)	5348924. (0.9089)	71537876 (0.0009)	12131365 (0.1732)	-26275020 (0.1409)	-43599872 (0.1075)	-6150195. (0.5454)
SAZÚCAR	25.42947 (0.6351)	62.90806 (0.3491)	146.3478 (0.0053)	97.27930 (0.0002)	75.39762 (0.0858)	54.52096 (0.1359)	74.68779 (0.0000)
PAZÚCAR (-2)	-218552 (0.1217)	-21916 (0.0514)	-22651 (0.0005)	-164000 (0.0992)	-48894 (0.0016)	-7710 (0.2281)	-163000 (0.0214)
TN	-9262136. (0.0260)	-53745.10 (0.2325)	-7868465. (0.0009)	-441420.4 (0.5462)			
TN2	258761.1 (0.0279)	149477.7 (0.2302)	214780.6 (0.0011)	9525.140 (0.6293)			
TM	4332318. (0.1172)	3489159. (0.1666)			2380730. (0.1116)	3461667. (0.0964)	1144653. (0.1367)
TM2	-84746.14 (0.1092)	-67909.64 (0.1547)			-48666.95 (0.0957)	-66462.42 (0.1014)	-23535.68 (0.1077)
PP	11785.81 (0.0433)	2288.372 (0.2606)	18894.48 (0.0032)	3098.966 (0.0010)	17400.01 (0.0012)		8171.241 (0.0035)
PP2	-37.71357 (0.0812)		-50.60256 (0.0197)				-20.29597 (0.0108)
AR(1)	-0.311247 (0.7265)	0.191279 (0.7497)	-0.473173 (0.0406)	3098.966 (0.0010)	-0.607641 (0.0000)	0.842760 (0.0810)	0.753963 (0.0000)
AR(2)				0.755348 (0.0000)	-0.343223 (0.0002)	-0.485624 (0.0057)	
R2	0.89	0.79	0.80	0.79	0.93	0.73	0.90
R2 ajustado	0.53	0.39	0.53	0.59	0.81	0.41	0.77
Criterio Akaike	28.24	28.64	28.46	28.36	27.55	28.75	27.75
Criterio Schwarz	28.68	29.03	28.81	28.66	27.87	29.03	28.09
Estad. Durbin Watson	2.05	1.71	2.31	1.38	2.59	1.89	1.42
Prob(F-statistic)	0.24	0.27	0.13	0.06	0.03	0.19	0.03

1/ En estas estimaciones se utilizó el estimador consistente de Newey –West (HAC).

Fuente: Elaboración propia. Los valores en paréntesis representan los p-value.

Los comandos usados para determinar estas ecuaciones fueron:

LS(COV=HAC,NODF) PDAZÚCAR C SCAZÚCAR PRAZÚCAR(-2) TMAXP TMAXP2 AR(1) AR(2)

LS(COV=HAC,NODF) PDAZÚCAR C SCAZÚCAR PRAZÚCAR(-2) TMAXP TMAXP2 PPCFN AR(1) AR(2)

LS(COV=HAC,NODF) PDAZÚCAR C SCAZÚCAR PRAZÚCAR(-2) TMAXP TMAXP2 TMINP TMINP2 PPCFN PPCFN2 AR(1)

LS(COV=HAC,NODF) PDAZÚCAR C SCAZÚCAR PRAZÚCAR(-2) TMAXP TMAXP2 TMINP TMINP2 PPCFN AR(1)

LS(COV=HAC,NODF) PDAZÚCAR C SCAZÚCAR PRAZÚCAR(-2) TMINP TMINP2 PPCFN PPCFN2 AR(1)

LS(COV=HAC,NODF) PDAZÚCAR C SCAZÚCAR PRAZÚCAR(-2) TMINP TMINP2 PPCFN AR(1)

LS(COV=HAC,NODF) PDAZÚCAR C SCAZÚCAR PRAZÚCAR(-2) TMAXP TMAXP2 PPCFN PPCFN2 AR(1)

**ANEXO 3: COMPARACION DE MODELOS SERIES
DE TIEMPO PARA EL PLATANO EN PIURA1/**

	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
	PDPLATANO	PDPLATANO	PDPLATANO	PDPLATANO	PDPLATANO	PDPLATANO
C	-55637510 (0.2010)	27980568 (0.0130)	3421048. (0.0616)	3253088 (0.0336)	1029007. (0.9117)	10008239 (0.3486)
SCPLATANO	-1.550759 (0.5358)	-0.001550 (0.9981)	0.428699 (0.3844)	2.188598 (0.0351)	1.681309 (0.0568)	2.377909 (0.0152)
PPLATANO(-1)	19.75 (0.1540)	326.03 (0.1018)	126.01 (0.2439)	213.02 (0.0454)	254.61 (0.0049)	243.94 (0.0091)
TN	-9708612.8 (0.2180)	1772161. (0.0203)	-333427.6 (0.0696)	-333264.5 (0.0247)		
TN2	25311.44 (0.2172)	-46454.62 (0.0191)	8411.924 (0.0718)	8744.545 (0.0173)		
TM	4223566. (0.1841)	-3003382. (0.0134)			-83097.49 (0.8869)	-661140.6 (0.3266)
TM2	-68550.27 (0.1836)	50279.34 (0.0127)			1682.714 (0.8549)	10984.13 (0.3023)
PP	676.1785 (0.3546)		169.6621 (0.1590)	-216.5690 (0.0000)		-184.7620 (0.0000)
PP2	-1.220578 (0.1978)		-0.384298 (0.0205)		-0.248781 (0.0000)	
AR(1)		0.494279 (0.0163)	0.559834 (0.0360)			
AR(2)		-0.715499 (0.0051)				
R2	0.75	0.79	0.72	0.65	0.67	0.64
R2 ajustado	0.41	0.39	0.38	0.46	0.49	0.44
Criterio Akaike	24.49	24.57	24.63	24.42	24.37	24.45
Criterio Schwarz	24.92	24.97	24.99	24.70	24.65	24.74
Estad. Durbin Watson	1.76	2.23	1.56	1.81	1.89	1.86
Prob(F-statistic)	0.17	0.27	0.18	0.05	0.04	0.06

1/ En estas estimaciones se utilizó el estimador consistente de Newey –West (HAC).

Fuente: Elaboración propia. Los valores en paréntesis representan los p-value.

Los comandos usados para determinar estas ecuaciones fueron:

LS(COV=HAC,NODF) PDPLATANO C SCPLATANO PRPLATANO(-1) TMINP TMINP2 PPCFN

LS(COV=HAC,NODF) PDPLATANO C SCPLATANO PRPLATANO(-1) TMINP TMINP2 TMAXP TMAXP2 PPCFN PPCFN2

LS(COV=HAC,NODF) PDPLATANO C SCPLATANO PRPLATANO(-1) TMINP TMINP2 TMAXP TMAXP2 AR(1) AR(2)

LS(COV=HAC,NODF) PDPLATANO C SCPLATANO PRPLATANO(-1) TMAXP TMAXP2 PPCFN2

LS(COV=HAC,NODF) PDPLATANO C SCPLATANO PRPLATANO(-1) TMAXP TMAXP2 PPCFN

LS(COV=HAC,NODF) PDPLATANO C SCPLATANO PRPLATANO(-1) TMINP TMINP2 PPCFN PPCFN2 AR(1)

**ANEXO 3: COMPARACION DE MODELOS SERIES
DE TIEMPO PARA EL LIMON EN PIURA1/**

	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
	PDLIMON	PDLIMON	PDLIMON	PDLIMON	PDLIMON	PDLIMON
C	1360603 (0.8790)	-98571917 (0.0026)	582765.1 (0.0095)	618870.0 (0.0008)	13106307 (0.0690)	17413938 (0.0004)
SCLIMON	-2.703271 (0.7761)	-17.10986 (0.0185)	3.031983 (0.2074)	2.269813 (0.1807)	2.918227 (0.3843)	0.109894 (0.9347)
PRLIMON(-3)	-29.19 (0.4916)	117.61 (0.0071)	-8.16 (0.3836)	-16.74 (0.0047)	-46.51 (0.0841)	-68.66 (0.0001)
TN	-366120.5 (0.4764)	-2243326. (0.0112)	-70572.78 (0.0029)	-71276.05 (0.0003)		
TN2	10234.10 (0.4544)	59765.97 (0.0111)	2396.556 (0.0006)	2363.255 (0.0001)		
TM	157422.2 (0.8339)	7961003. (0.0036)			-849814.8 (0.0643)	-1122911. (0.0003)
TM2	-2919.367 (0.8153)	-132094.2 (0.0036)			13908.20 (0.0593)	18277.62 (0.0003)
PP	-218.1612 (0.2111)	-646.1955 (0.0027)	-152.0574 (0.0307)	-74.80430 (0.0000)	1.433439 (0.9329)	
PP2	0.147932 (0.3529)		0.090073 (0.1953)		-0.025160 (0.4286)	
AR(1)						
AR(2)		-0.185956 (0.0008)				
R2	0.80	0.97	0.79	0.78	0.65	0.64
R2 ajustado	0.41	0.85	0.59	0.63	0.29	0.46
Criterio Akaike	22.91	20.44	22.66	22.56	23.19	22.92
Criterio Schwarz	23.31	20.76	22.97	22.82	23.50	23.13
Estad. Durbin Watson	2.61	2.48	2.48	2.59	1.50	1.63
Prob(F-statistic)	0.25	0.11	0.06	0.03	0.24	0.06

1/ En estas estimaciones se utilizó el estimador consistente de Newey –West (HAC)

Fuente: Elaboración propia. Los valores en paréntesis representan los p-value.

Los comandos usados para determinar estas ecuaciones fueron:

LS(COV=HAC,COVBW=NEWWEWEST,NODF) PDLIMON C SCLIMON PRLIMON(-3) TMINP TMINP2 PPCFN

LS(COV=HAC,COVBW=NEWWEWEST,NODF) PDLIMON C SCLIMON PRLIMON(-3) TMAXP TMAXP2 PPCFN PPCFN2

LS(COV=HAC,COVBW=NEWWEWEST,NODF) PDLIMON C SCLIMON PRLIMON(-3) TMAXP TMAXP2

LS(COV=HAC,COVBW=NEWWEWEST,NODF) PDLIMON C SCLIMON PRLIMON(-3) TMINP TMINP2 TMAXP TMAXP2 PPCFN PPCFN2

LS(COV=HAC,COVBW=NEWWEWEST,NODF) PDLIMON C SCLIMON PRLIMON(-3) TMINP TMINP2 TMAXP TMAXP2 PPCFN AR(2)

LS(COV=HAC,COVBW=NEWWEWEST,NODF) PDLIMON C SCLIMON PRLIMON(-3) TMINP TMINP2 PPCFN PPCFN2

**ANEXO 3: COMPARACION DE MODELOS SERIES
DE TIEMPO PARA EL ALGODÓN EN PIURA1/**

	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
	PDALGODON	PDALGODON	PDALGODON	PDALGODON	PDALGODON	PDALGODON
C	-5982325 (0.0245)	-4939914. (0.0175)	-458791.7 (0.0799)	-237648.5 (0.6115)	-47736.91 (0.9676)	-4096001. (0.0001)
SALGODON	1.912301 (0.0000)	2.051146 (0.0000)	1.905616 (0.0000)	1.950259 (0.0000)	1.885405 (0.0000)	2.023123 (0.0000)
PALGODON	17.26 (0.0046)	3.71 (0.5646)	-3.27 (0.7202)	15.79 (0.2427)	1.22 (0.8193)	-0.16 (0.9807)
TN	-248063.0 (0.0025)	-101598.3 (0.0460)	50218.92 (0.0668)	25389.28 (0.6094)		
TN2	6500.163 (0.0024)	2588.241 (0.0471)	-1338.578 (0.0519)	-783.8876 (0.5278)		
TM	553886.6 (0.0120)	391058.8 (0.0078)			8220.872 (0.9132)	269157.5 (0.0001)
TM2	-9228.275 (0.0110)	-6451.951 (0.0071)			-216.2846 (0.8580)	-4421.525 (0.0001)
PP	-101.4513 (0.0042)		-65.99936 (0.0128)		-93.04522 (0.0005)	
PP2	0.088048 (0.0195)		0.088244 (0.0016)		0.111076 (0.0006)	
AR(1)				0.371162 (0.0537)		
R2	0.97	0.95	0.94	0.94	0.96	0.94
R2 ajustado	0.94	0.91	0.91	0.91	0.93	0.91
Criterio Akaike	20.28	20.64	20.72	20.69	20.46	20.58
Criterio Schwarz	20.71	20.98	21.06	20.98	20.79	20.82
Estad. Durbin Watson	2.51	1.49	1.78	2.09	1.70	1.43
Prob(F-statistic)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

1/ En estas estimaciones se utilizó el estimador consistente de Newey –West (HAC) brindado por Eviews7.

Fuente: Elaboración Propia. Los valores en paréntesis representan los p-value.

Los comandos usados para determinar estas ecuaciones fueron:

LS(COV=HAC,NODF) PDALGODON C SCALGODON PRALGODON TMAXP TMAXP2 TMINP TMINP2 PPCFN PPCFN2

LS(COV=HAC,NODF) PDALGODON C SCALGODON PRALGODON TMAXP TMAXP2 PPCFN PPCFN2

LS(COV=HAC,NODF) PDALGODON C SCALGODON PRALGODON TMAXP TMAXP2

LS(COV=HAC,NODF) PDALGODON C SCALGODON PRALGODON TMINP TMINP2 PPCFN PPCFN2

LS(COV=HAC,NODF) PDALGODON C SCALGODON PRALGODON TMINP TMINP2 AR(1)

LS(COV=WHITE,NODF) PDALGODON C SCALGODON PRALGODON TMAXP TMAXP2 TMINP TMINP2

**ANEXO 3: COMPARACION DE MODELOS SERIES
DE TIEMPO PARA EL MANGO EN PIURA1/**

	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
	PDMANGO	PDMANGO	PDMANGO	PDMANGO	PDMANGO	PDMANGO
C	16801083 (0.0335)	86812694 (0.2920)	-34399016 (0.0025)	-31696525 (0.0233)	125000000 (0.0061)	138000000 (0.0081)
SMANGO	19.64441 (0.0016)	21.75398 (0.0048)	25.57081 (0.0005)	24.17083 (0.0085)	37.65111 (0.0008)	32.70594 (0.0002)
PMANGO(-6)	115.53 (0.0996)	629.55 (0.0278)	331.92 (0.0075)	303.26 (0.0499)	134.67 (0.0009)	1148. (0.0006)
TN	3035866. (0.0011)		3574924 (0.0026)	3288530. (0.0246)		
TN2	-78734.26 (0.0012)		-93701.11 (0.0029)	-86022.89 (0.0264)		
TM	-3072987. (0.0042)	-5565404. (0.3016)			-7932934. (0.0068)	-8779593. (0.0090)
TM2	51116.92 (0.0040)	88639.16 (0.3131)			124238.6 (0.0077)	138998.4 (0.0103)
PP				-64.14901 (0.6006)	-3494.436 (0.0013)	-2040.473 (0.011)
PP2		-6.655047 (0.0314)			7.005802 (0.0162)	
AR(1)						
R2	0.94	0.67	0.92	0.92	0.80	0.77
R2 ajustado	0.83	0.26	0.85	0.81	0.41	0.49
Criterio Akaike	23.41	24.95	23.39	23.58	24.63	24.57
Criterio Schwarz	23.62	25.13	23.55	23.76	24.85	24.75
Estad. Durbin Watson	1.76	1.35	1.52	1.59	1.35	1.45
Prob(F-statistic)	0.06	0.33	0.01	0.03	0.29	0.17

1/ En estas estimaciones se utilizó el estimador consistente de Newey –West (HAC).

Fuente: Elaboración propia. Los valores en paréntesis representan los p-value

Los comandos usados para determinar estas ecuaciones fueron:

LS(COV=HAC,COVBW=NEWKEYWEST,NODF) PDMANGO C SCMANGO PRMANGO(-6) TMINP TMINP2

LS(COV=HAC,COVBW=NEWKEYWEST,NODF) PDMANGO C SCMANGO PRMANGO(-6) TMAXP TMAXP2 PPCFN2

LS(COV=HAC,COVBW=NEWKEYWEST,NODF) PDMANGO C SCMANGO PRMANGO(-6) TMAXP TMAXP2 PPCFN PPCFN2

LS(COV=HAC,COVBW=NEWKEYWEST,NODF) PDMANGO C SCMANGO PRMANGO(-6) TMAXP TMAXP2 PPCFN

LS(COV=HAC,COVBW=NEWKEYWEST,NODF) PDMANGO C SCMANGO PRMANGO(-6) TMINP TMINP2 PPCFN

LS(COV=HAC,COVBW=NEWKEYWEST,NODF) PDMANGO C SCMANGO PRMANGO(-6) TMINP TMINP2 TMAXP TMAXP2

**ANEXO 4: TASAS DE CRECIMIENTO DE LOS PRECIOS NOMINALES POR CULTIVO Y
DEPARTAMENTO PARA EL PERIODO 1994-2009**

Departamento	Cultivos	Tasa de crecimiento de los precios reales (%)
Lambayeque	Arroz	-1.91
	Maíz amarillo duro	-0.12
	Caña de azúcar	-4.75
	Limón	-0.22
	Mango	-0.25
Piura	Arroz	0.36
	Maíz amarillo duro	0.23
	Algodón	-0.1
	Limón	1.79
	Plátano	2.09
	Mango	0.35

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 5: VARIACIÓN DE INGRESOS (SOLES CONSTANTES 2009)

Departamentos	cultivos	0.5%			2%		
		2010-2030	2010-2050	2010-2100	2010-2030	2010-2050	2010-2100
Lambayeque	Arroz	-2,709	-1,129,611	-13,229,392	-2,217	-681,099	-5,038,541
	Maíz amarillo duro	-907	-378,285	-4,430,271	-742	-228,087	-1,687,311
	Caña de azúcar	-3,026	-1,261,672	-14,776,021	-2,476	-760,726	-5,627,589
	Mango	-3,722	-1,551,766	-18,173,448	-3,045	-935,638	-6,921,532
	Limón	3,795	1,582,318	18,531,259	3,105	954,060	7,057,808
Piura	Arroz	-1,538	-22,290	-166,024	-1,259	-13,991	-66,321
	Maíz amarillo duro	-4,871	-70,572	-525,646	-3,985	-44,297	-209,979
	Algodón	-1,798,977	-26,064,787	-194,141,073	-1,471,893	-16,360,710	-77,553,033
	Limón	3,795	1,323,335	9,857,387	74,706	830,640	3,937,668
	Plátano	91,901	1,331,570	9,918,150	75,192	835,817	3,961,973
	Mango	-5,557,137	-80,516,781	-599,723,605	-4,546,752	-50,539,869	-239,569,923
Departamentos	cultivos	4%			11%		
		2010-2030	2010-2050	2010-2100	2010-2030	2010-2050	2010-2100
Lambayeque	Arroz	-1,717	-354,091	-1,573,720	-781	-42,843	-70,410
	Maíz amarillo duro	-575	-118,578	-527,009	-262	-14,347	-23,579
	Caña de azúcar	-1,918	-395,487	-1,757,701	-872	-47,852	-78,642
	Mango	-2,359	-486,421	-2,161,847	-1,073	-58,855	-96,724
	Limón	2,405	495,998	2,204,411	1,094	60,013	98,628
Piura	Arroz	-975	-7,758	-22,632	-443	-1,340	-1,693
	Maíz amarillo duro	-3,087	-24,563	-71,654	-1,404	-4,244	-5,359
	Algodón	-1,140,316	-9,072,146	-26,464,474	-518,557	-1,567,306	-1,979,138
	Limón	57,875	460,588	1,343,678	26,315	79,561	100,472
	Plátano	58,253	463,466	1,351,995	26,490	80,067	101,107
	Mango	-3,522,490	-28,024,739	-81,751,614	-1,601,835	-4,841,528	-6,113,724

Fuente: Elaboración Propia