

# Vulnerabilidad de los cultivos agrícolas en suelos aluviales por efectos del cambio climático en el departamento de Loreto

## Vulnerability of agricultural crops in alluvial soils produced by the impact of climatic changes in the Department of Loreto

Pedro Antonio Grately Silva<sup>1</sup>

Recibido: abril 2011  
Aceptado: junio 2011

### RESUMEN

Actualmente, el sector agrícola en el departamento de Loreto es muy vulnerable a los efectos del cambio climático por su situación geográfica y sus características socioeconómicas. La pérdida recurrente de los cultivos en zonas inundables en los últimos años viene ocasionando disminución de la producción, principalmente en cultivos que conforman la canasta alimenticia básica y garantizan la seguridad alimentaria de las poblaciones locales. A partir de ello, se planteó como objetivo principal, evaluar cómo los efectos del cambio climático influyen en la vulnerabilidad de los cultivos agrícolas en las zonas inundables del departamento. El ámbito de influencia de la investigación comprende al departamento de Loreto (pérdida de cultivos de todas las provincias); la información meteorológica comprende a las provincias de Loreto, Maynas y Requena. Se analizaron primero las manifestaciones de las variables climáticas, utilizando el análisis de series temporales; como resultado, la provincia de Maynas es la que presenta las mayores precipitaciones y las mayores temperaturas. Posteriormente, se analizaron los niveles hidrométricos de los ríos Amazonas, Marañón y Ucayali; se realizaron predicciones de los niveles de dichos ríos hasta el año 2018 con el método del suavizado exponencial simple –Modelo de Holt Winters–; como resultado, se determinó que el río Marañón es el más impredecible e inestable, ya que presenta variaciones bastante notorias tanto en los niveles máximos como mínimos. Se encontró que la provincia más vulnerable por pérdidas de cultivos por inundación es Maynas con más de 40 000 hectáreas (plátano, yuca, maíz amarillo duro y arroz), seguida de la provincia de Alto Amazonas con más de 20 000 hectáreas; las provincias menos vulnerables son Mariscal Ramón Castilla y Requena. El cultivo de plátano es el que reporta mayores pérdidas económicas, con un total de 270 732 672,58 nuevos soles; seguido del cultivo de yuca, con un total de 37 775 176,62 nuevos soles; mientras que el cultivo de maíz es el que presentó menor pérdida, con un total de 8 644 037,21 nuevos soles. La provincia de Maynas es la más afectada económicamente por las pérdidas de los cultivos en once años con un total de 110 143 052,59 nuevos soles (entre los cuatro cultivos); seguida de la provincia de Alto Amazonas, que perdió un total de 64 903 377,63 nuevos soles; y la provincia menos afectada fue Mariscal Ramón Castilla, con un total de 13 384 089,56 nuevos soles.

**Palabras claves:** vulnerabilidad, cambio climático, suelos aluviales, seguridad alimentaria.

### ABSTRACT

Currently the agricultural sector in the Loreto region is highly vulnerable to climate change because it's geographical location as well as its socio-economic characteristics. Recurring loss of crops in flooded areas in the past is causing a drop in production, mainly in crops that represent the basic food basket and ensure food security to local populations. From this assumption a primary objective of this research was to assess how the effects of climate change influence the vulnerability of crops in flooded areas of the region. The sphere of influence of the research includes the Loreto region (loss of crops in all provinces) and information was gathered only from the provinces of Loreto, Maynas and Requena. Firstly analysis

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Samanez Ocampo 185, Iquitos, Perú. Correo electrónico: pgrately@gmail.com

was done of the manifestations of climate variables, using time series analysis. As a result, the province of Maynas is the one with the higher rainfall and higher temperatures. Subsequently analysis was done of the hydrometric levels of the Amazon, Marañón and Ucayali Rivers, as well as the predictions of the levels of these rivers until 2018 with the simple exponential smoothing method - Holt Winters Model. As a result, it was determined that the Marañón is the most unpredictable and unstable, presenting quite noticeable variations in both maximum and minimum levels. It was found that the most vulnerable province in crop losses from flooding is the province of Maynas, losing more than 40 000 hectares (plantain, cassava, yellow corn and rice), followed by the Alto Amazonas Province with more than 20 000 hectares of lost and the Provinces that are the least vulnerable are Mariscal Ramon Castilla y Requena. The banana crop is the one that report the greatest economic loss with a total of 270 732 672,58 nuevos soles, followed by the cassava crop, with a total of 37 775 176,62 nuevos soles, while the maize crop reports the minimum loss, with a total of 8 644 037,21 nuevos soles. The Maynas Province is the most economically affected by crop losses in eleven years with a total of 110 143 052,59 nuevos soles (among the four crops), followed by the Alto Amazonas Province, losing a total of 64 903 377,63 nuevos soles, and the less affected province is Mariscal Ramon Castilla, with a total loss of 13 384 089,56 nuevos soles.

**Key words:** vulnerability, climate change, alluvial soil, food security.

## INTRODUCCIÓN

La Amazonía es parte de un sistema natural que tiene un equilibrio propio, el cual es muy fácil de alterar o romper; sabemos que toda transformación producida por los seres humanos en la naturaleza tiene consecuencias. Sin embargo, ellas no necesariamente se ven de inmediato, sino luego de muchos años de acumulación de pequeños cambios (SPDA, 2009).

A partir de la década de los noventa, se inició un periodo de reflexión a nivel internacional sobre los problemas del medio ambiente, y nuestro departamento no es ajeno a esta situación. El sector agrícola en el departamento de Loreto, es muy vulnerable al cambio climático por su ubicación geográfica y sus características socioeconómicas. En la actualidad, todavía no se han determinado con exactitud la distribución espacial y temporal del impacto del cambio climático en nuestra agricultura y los cambios en la vulnerabilidad productiva y socioeconómica de las poblaciones rurales del departamento. A partir de ello, existe la necesidad de determinar de qué manera el cambio climático aumenta la vulnerabilidad y la pérdida de los cultivos en suelos aluviales en

el departamento de Loreto, mediante el análisis de series temporales y el suavizado exponencial simple (Newbold, 1998). Los análisis de series temporales, permiten estudiar la tendencia, la estacionalidad y la cíclica de las manifestaciones climáticas; mientras que el suavizado exponencial simple, permite utilizar observaciones pasadas y presentes para obtener predicciones de valores futuros de las manifestaciones climáticas (Molinero, 2004). De esta manera, en el presente trabajo de investigación, se realizó un análisis de las series temporales con respecto a las pérdidas de cuatro cultivos (plátano, yuca, maíz amarillo duro y arroz) debido a las variaciones climáticas, y su impacto en la economía de las poblaciones. Pues no solo son pérdidas cuantificables en hectáreas sino que también deben ser cuantificadas en valores económicos, que son de gran importancia realizar pues dichos análisis permitirán tomar medidas de mitigación frente al problema.

Se ha trazado como objetivo general, evaluar cómo los efectos del cambio climático influyen en la vulnerabilidad de los cultivos agrícolas en las zonas inundables del departamento de Loreto; y como objetivos específicos: primero, evaluar las variaciones

de las temperaturas en las provincias de Maynas, Loreto y Requena, y cómo afectan en la vulnerabilidad de los cultivos agrícolas; segundo, evaluar cómo se han modificado los ciclos, frecuencia e intensidad de las precipitaciones y cómo afectan en la vulnerabilidad de los cultivos agrícolas del departamento; tercero, evaluar las modificaciones en los niveles de los ríos Amazonas, Marañón y Ucayali, y cómo afectan en la vulnerabilidad de los cultivos agrícolas; y cuarto, determinar las pérdidas y valorización económica de las áreas cultivadas como consecuencia de las variaciones en los efectos del cambio climático: precipitaciones e inundaciones.

## MATERIAL Y MÉTODO

El ámbito de la investigación comprendió el departamento de Loreto. Se procesaron, analizaron e interpretaron las pérdidas en cuatro cultivos de gran importancia en la región: arroz, maíz amarillo duro, plátano y yuca, de todas las provincias del departamento (Indeci, 2006; Comité Regional de Defensa Civil, 2004). La información meteorológica procesó, analizó e interpretó lo referido a la precipitación pluvial, temperaturas máximas y mínimas de las provincias de Loreto, Requena y Maynas, cuyos datos fueron divididos en épocas de verano (meses comprendidos desde mayo hasta octubre) e invierno (meses comprendidos desde noviembre hasta abril); así como, información sobre los niveles máximos y mínimos de los ríos Amazonas, Ucayali y Marañón. Se utilizó información secundaria de un periodo de once años (1998-2008).

La valoración económica de las pérdidas de los cultivos, se determinó por valorización neta de los cultivos mediante la multiplicación de los datos de: precio de chacra (S./kg) y rendimiento del cultivo (kg/ha). El diseño estadístico se fundamenta en el análisis del coeficiente R<sup>2</sup>, el coeficiente de correlación para encontrar la relación existente entre las

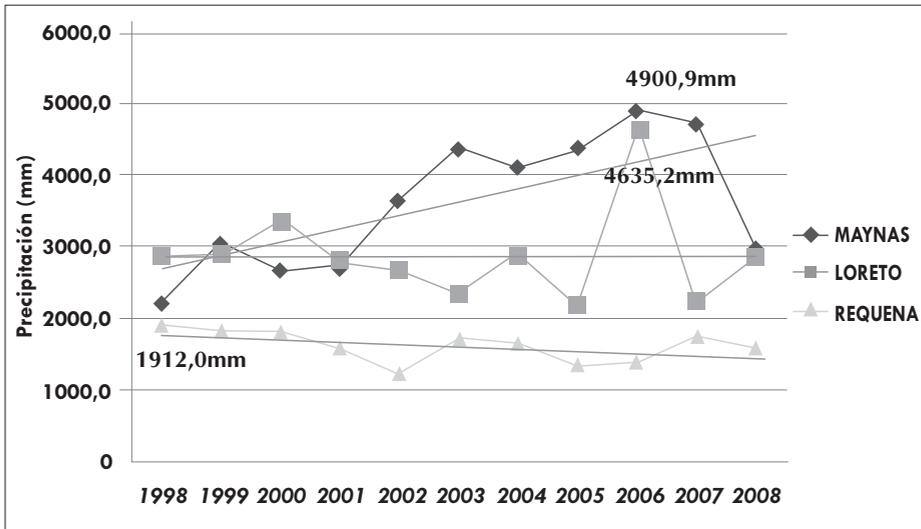
variables, posteriormente el Análisis de Series Temporales y predicción, considerando para el análisis el componente de tendencia, el componente de estacionalidad, la componente cíclica y el componente irregular. Las dificultades de interpretación del componente irregular, se corrigieron mediante el Método de las Medias Móviles, aplicado para el ajuste estacional del comportamiento de la serie temporal.

Para realizar las predicciones de los niveles de los ríos se empleó el Método del Suavizado Exponencial Simple, Modelo de Holt Winters. El estudio se realizó el año 2010.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

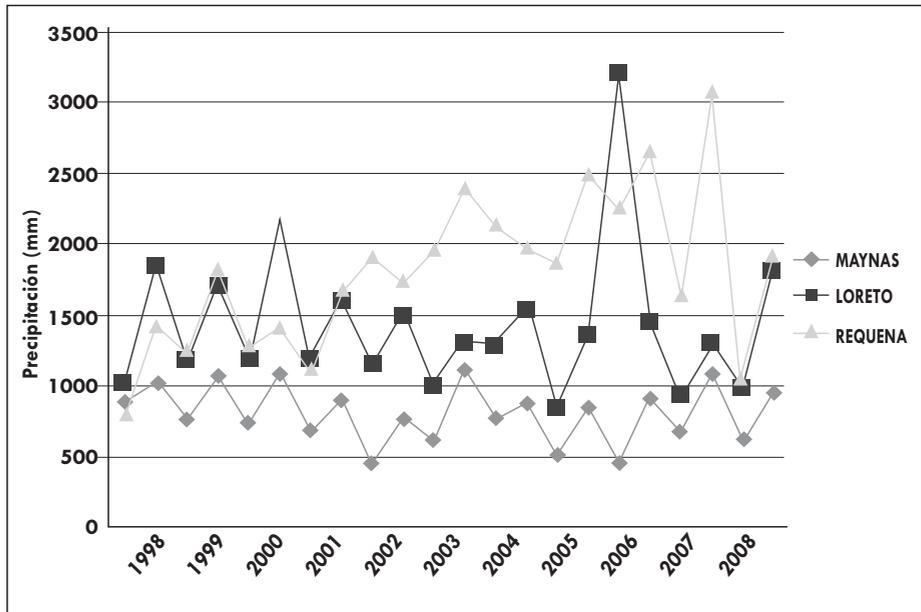
La figura 1 nos muestra la tendencia de las precipitaciones. En la provincia de Maynas fue ascendente, el año más lluvioso fue 2006, y el más seco 1998. La provincia de Loreto presentó una tendencia estable, con una mayor incidencia durante el año 2006, y la más seca durante el año 2005. La provincia de Requena presentó una tendencia descendente, siendo 1998 el año más lluvioso y el 2002 el menos lluvioso.

En la figura 2 se observa que en la provincia de Requena los patrones de estacionalidad de veranos e inviernos son relativamente normales y estables, con un verano ligeramente más pronunciado en los años 2002 y 2006; igualmente, en los inviernos de los años 2003 y 2007. Con respecto a la provincia de Loreto, presenta patrones de estacionalidad de las precipitaciones irregulares entre los veranos e inviernos. Asimismo, se observa que los patrones de estacionalidad de la provincia de Maynas son irregulares, siendo más notorio desde el verano de 2002 hasta el invierno de 2007, pues durante estos años se notó que durante las épocas de verano se produjeron mayores precipitaciones que en las épocas de invierno.



Fuente: elaboración propia sobre la base de la información del Senamhi.

**Figura 1.** Tendencia de las precipitaciones en las provincias de Maynas, Loreto y Requena (periodo 1998-2008).



Fuente: elaboración propia sobre la base de la información del Senamhi.

**Figura 2.** Patrones de estacionalidad de las precipitaciones (periodo 1998-2008).

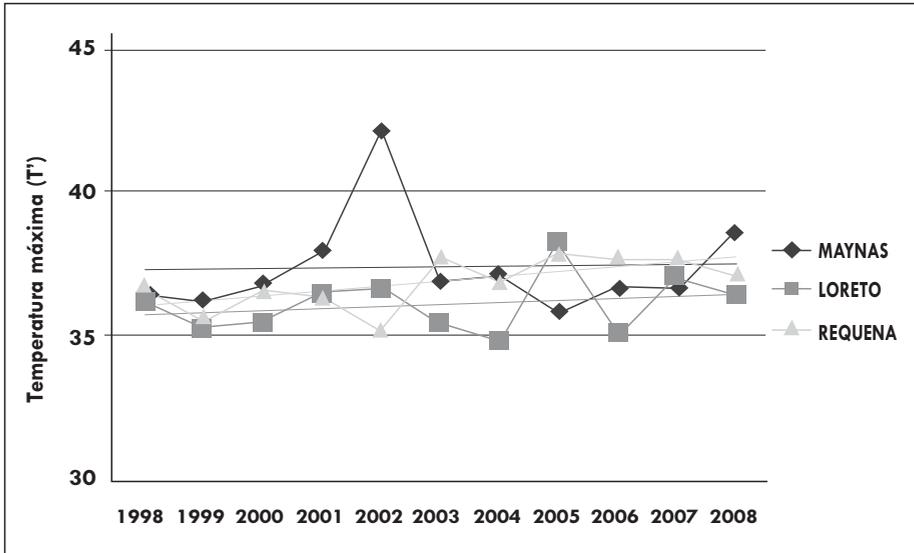
En la figura 3 se observa que la tendencia de las variaciones de la temperatura en la provincia de Maynas es estable, y se diferencia como la provincia que presentó la mayor temperatura máxima en el año 2002, con 42,1 °C; seguida de la provincia de Loreto

que en el año 2005 presentó 38,2 °C; mientras que la provincia de Requena obtuvo en el año 2005 su máxima temperatura con 37,9 °C. En términos globales, las provincias de Loreto y Requena según el análisis de tendencia, muestran una predisposición ascendente

de la temperatura con respecto a la provincia de Maynas.

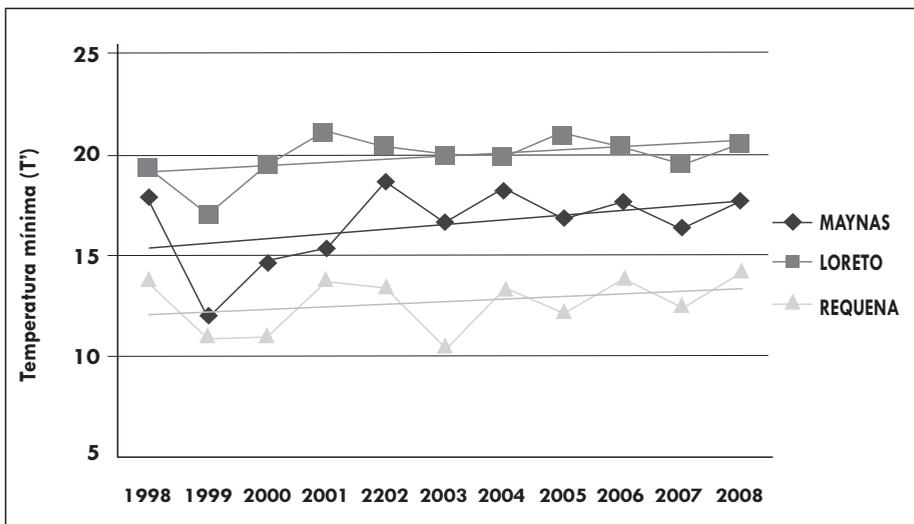
En la figura 4 se presentan las tendencias de la temperatura mínima. Para las tres provincias son ascendentes; la provincia de Requena fue la que presentó la menor

temperatura mínima con respecto a las otras dos provincias, lo que sucedió en el año 2003 con 10,5 °C; mientras que la provincia de Maynas presentó la menor temperatura en el año 1999 con 12,0 °C; el mismo año la obtuvo la provincia de Loreto con 17,0 °C.



Fuente: elaboración propia sobre la base de la información del Senamhi.

Figura 3. Tendencia de la temperatura máxima en las provincias de Maynas, Loreto y Requena (periodo 1998-2008).



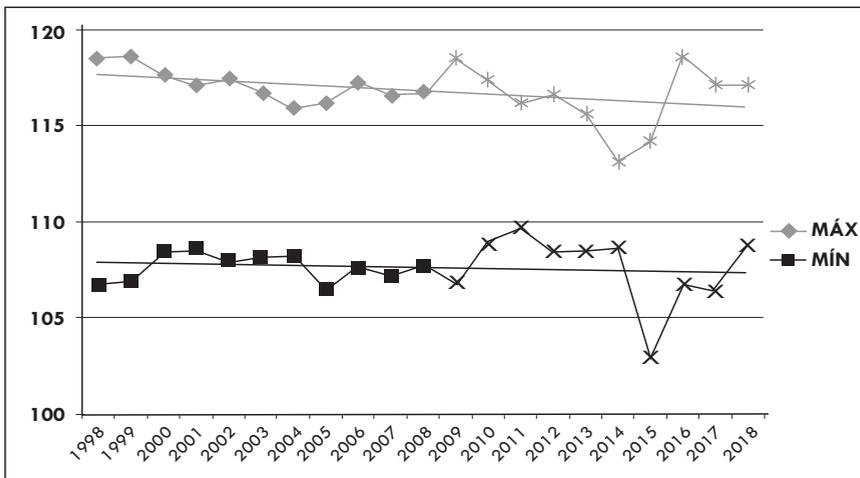
Fuente: elaboración propia sobre la base de la información del Senamhi.

Figura 4. Tendencia de la temperatura mínima en las provincias de Maynas, Loreto y Requena (periodo 1998-2008).

Las proyecciones del nivel del río Amazonas se observan en la figura 5, donde se muestra que en el año 2015 se alcanzaría un nivel mínimo bastante bajo con 103,00 msnm y un nivel máximo más alto en el año 2016 con 118,65 msnm. Este último nivel proyectado, es el nivel más alto que alcanzaría el río Amazonas entre 1998 y 2018. Tanto para el nivel máximo como para el mínimo de la última y la siguiente década (proyectada) presenta una curva de tendencia decreciente.

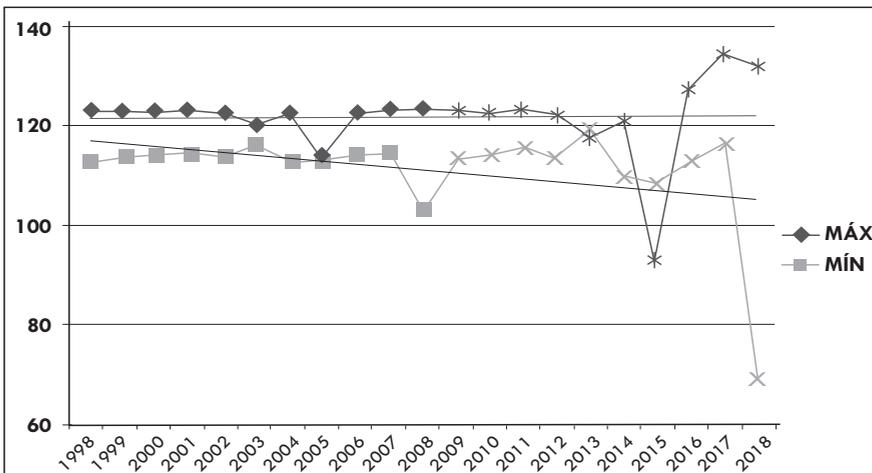
6 reportan que en los años 2013 y 2015 se tendría un comportamiento irregular; el nivel máximo del río Marañón sería inferior al nivel mínimo. El nivel máximo predecible del río se alcanzaría en el año 2017, con 133,52 msnm, existiendo la probabilidad de inundaciones que ocasionarían pérdidas de los cultivos en la cuenca de este río; mientras que el mínimo nivel predecible sería el año 2018 cuando el río alcance 68,67 msnm, con la probabilidad de una vaciante muy severa que ocasionaría problemas para el transporte fluvial.

Las proyecciones presentadas en la figura



Fuente: elaboración propia sobre la base de la información del Senamhi.

Figura 5. Proyecciones de los niveles máximos y mínimos del río Amazonas (periodo 1998-2018).

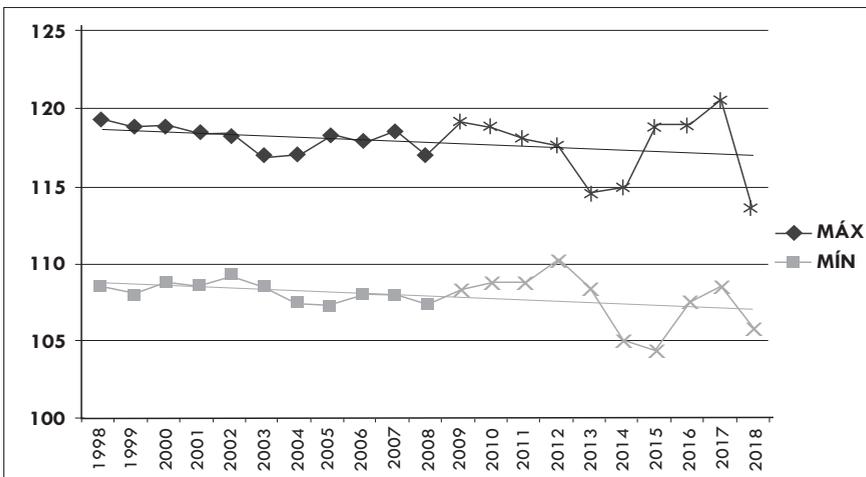


Fuente: elaboración propia sobre la base de la información del Senamhi.

Figura 6. Proyecciones de los niveles máximos y mínimos del río Marañón (periodo 1998-2018).

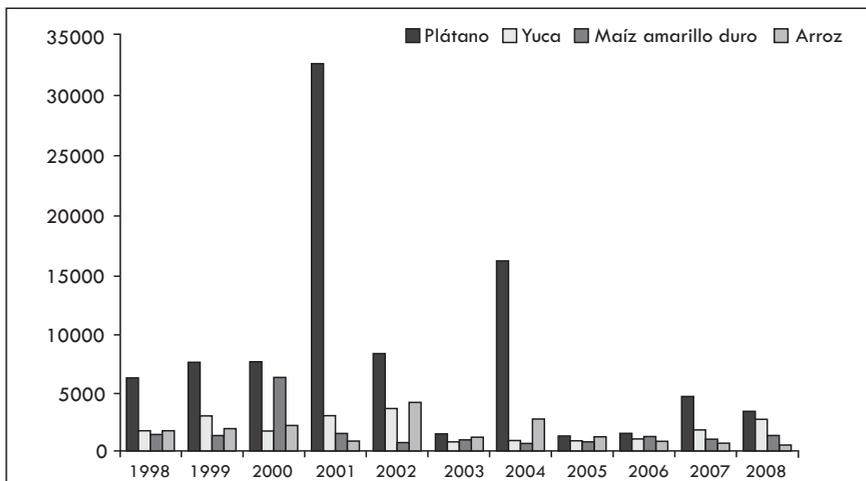
En la figura 7 se observa un comportamiento muy regular en el río Ucayali, con un rango de variación estable entre las máximas y las mínimas. Ambos niveles presentan una curva de tendencia decreciente, el nivel máximo de las proyecciones se obtiene en el año 2017 con 120,53 msnm, siendo este el mayor nivel máximo que alcanzaría el río durante la década pasada y la proyectada; y el mínimo nivel se obtiene en el año 2015 con 104,30 msnm. Para el año 2017, existe la probabilidad de inundaciones, debido a que el río alcanzaría un nivel máximo superior a los otros años del periodo de análisis (1998-2018).

En la figura 8 se observa que el cultivo de plátano es el más vulnerable a las inundaciones durante los once años de estudio. En los años 2001 con 31 274 ha y 2004 con 15 005 ha se dio la mayor pérdida de este cultivo. Otro cultivo que le sigue en importancia es el de maíz amarillo duro que en el año 2000 perdió 5952 ha; igualmente, el cultivo de arroz en el año 2002 perdió 3594 ha; en tanto que el cultivo de yuca en el año 2002 perdió 3053 ha. Se muestra que los años de mayor pérdida de los cultivos por inundación se concentran entre el 2000 y el 2002.



Fuente: elaboración propia sobre la base de la información del Senamhi.

Figura 7. Proyecciones de los niveles máximos y mínimos del río Ucayali (periodo 1998-2018).



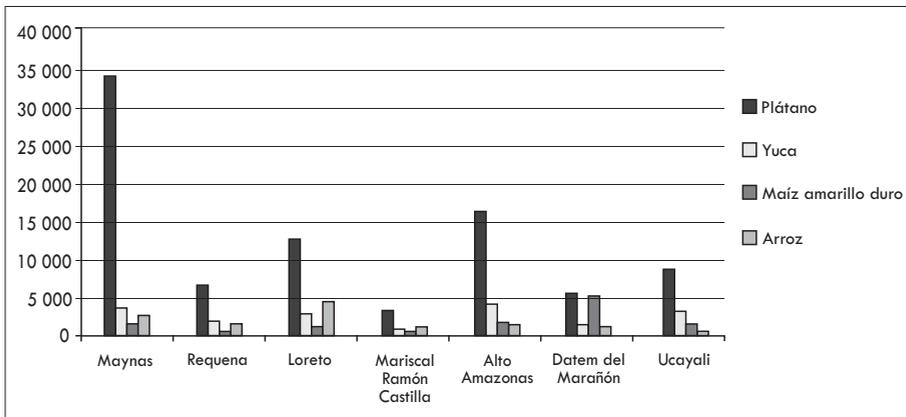
Fuente: elaboración propia sobre la base de la información de la Dirección Regional Agraria Loreto.

Figura 8. Hectáreas perdidas según cultivo en el departamento de Loreto (periodo 1998-2008).

En la figura 9 se observa que la provincia de Maynas es la más vulnerable en cuanto a pérdidas de cultivo, seguida de la provincia de Alto Amazonas; ambas provincias presentan más pérdidas de cultivo de plátano. La provincia de Maynas a lo largo de los once años ha tenido una pérdida de plátano acumulada de más de 30 000 ha; mientras que en la provincia de Alto Amazonas, hubo una pérdida de plátano acumulada de más de 15 000 ha.

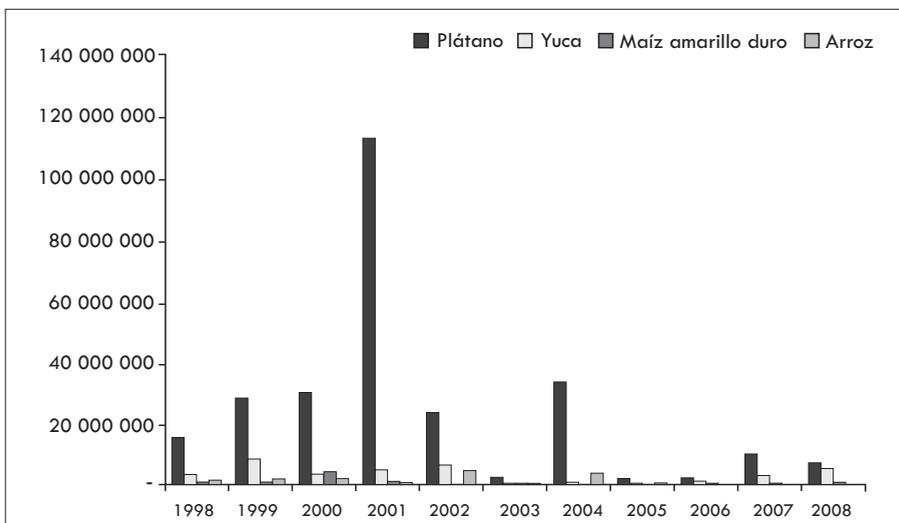
2001, las pérdidas en el cultivo de plátano ocasionaron una merma económica significativa de 115 227 176,56 nuevos soles. En el cultivo de yuca, hubo mayor pérdida económica en el año 1999, que representa un total de 8 251 458,13 nuevos soles. El cultivo de maíz amarillo duro, tuvo pérdidas económicas significativas en el año 2000, con un total de 4 454 417,28 nuevos soles. Finalmente, se observa en la figura, que el cultivo de arroz tuvo mayores pérdidas económicas en el año 2002, con un total que asciende a 4 647 509,22 nuevos soles.

En la figura 10 se observa que en el año



Fuente: elaboración propia sobre la base de la información de la Dirección Regional Agraria Loreto.

Figura 9. Pérdidas de cultivos según provincia (periodo 1998-2008).



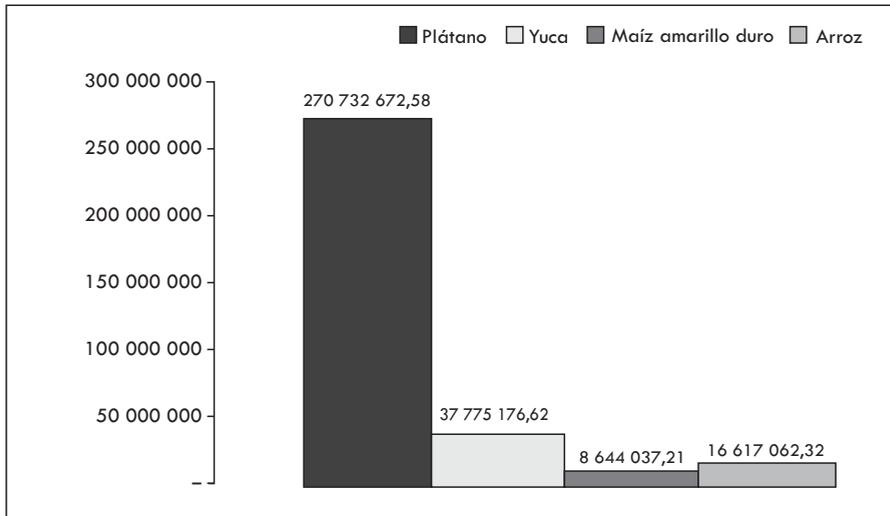
Fuente: elaboración propia sobre la base de la información de la Dirección Regional Agraria Loreto.

Figura 10. Valorización económica de las pérdidas por cultivos (periodo 1998-2008).

En la figura 11 se observa que durante el periodo 1998-2008, el cultivo del plátano tuvo mayor pérdida económica, con un total de 270 732 672,58 nuevos soles; seguido del cultivo de yuca, con un total de 37 775 176,62 nuevos soles; mientras que el cultivo de maíz amarillo duro es el que tuvo menor pérdida económica, con un total de 8 644 037,21 nuevos soles.

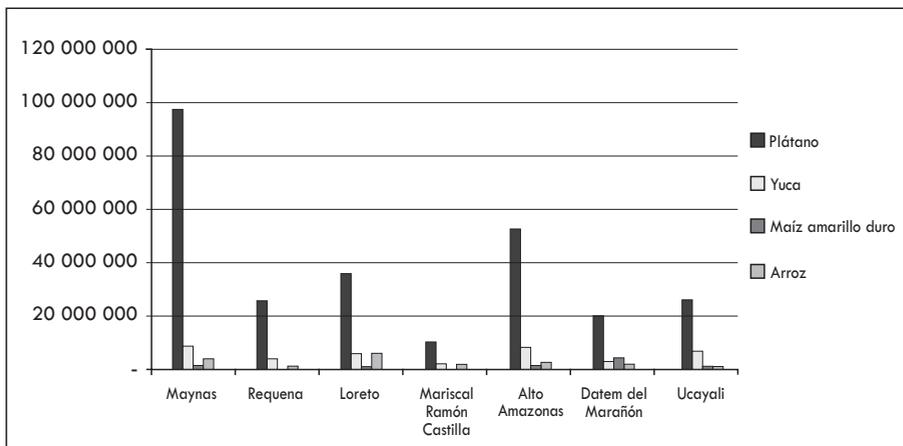
En la figura 12 se observa la valorización económica de las pérdidas de cultivos que han

tenido las provincias durante los once años de estudio de la investigación, notándose claramente que la provincia de Maynas es la que más pérdidas económicas presentó, por medio del cultivo de plátano (97 280 354,67 nuevos soles); seguida de la provincia de Alto Amazonas (53 160 025,75 nuevos soles), también producidas por el cultivo de plátano; mientras que la provincia que menos pérdida económica sufrió, fue la de Mariscal Ramón Castilla (288 433,67 nuevos soles), con el cultivo de maíz amarillo duro.



Fuente: elaboración propia sobre la base de la información de la Dirección Regional Agraria Loreto.

Figura 11. Valorización económica total de las pérdidas según cultivo (periodo 1998-2008).



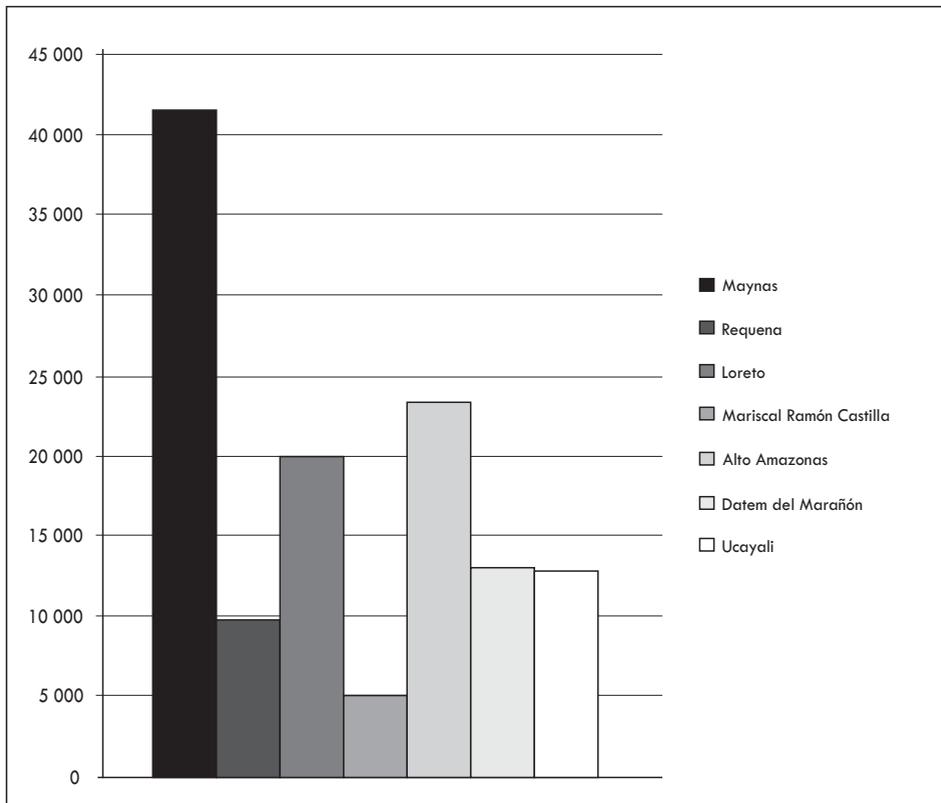
Fuente: elaboración propia sobre la base de la información de la Dirección Regional Agraria Loreto.

Figura 12. Valorización económica de las pérdidas de cultivos según provincia (periodo 1998-2008).

En la figura 13 se observan las siete provincias del departamento de Loreto en cuanto a la vulnerabilidad, durante el periodo 1998-2008. La provincia que más pérdidas tuvo fue Maynas, con más de 40 000 ha de cultivos perdidos (plátano, yuca, maíz amarillo duro y arroz); seguida de la provincia de Alto Amazonas con más de 20 000 ha. La provincia menos vulnerable fue Mariscal Ramón Castilla, con una pérdida total de 5000 ha aproximadamente; seguida de la provincia de Requena, con una pérdida total de casi 10 000 ha.

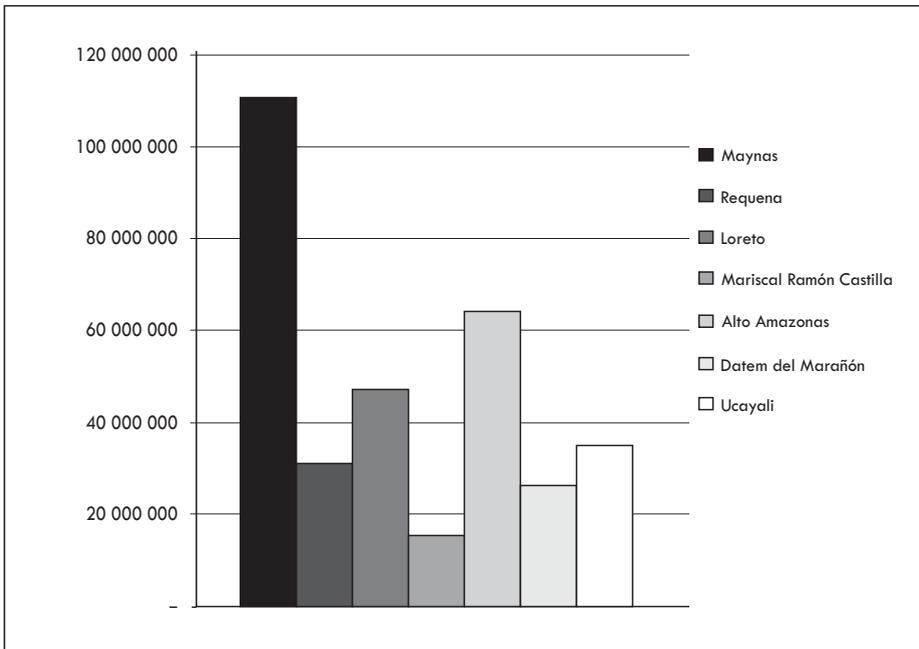
En la figura 14 se observan las siete provincias del departamento de Loreto en

cuanto a la vulnerabilidad económica por las pérdidas de los cultivos, durante el periodo 1998-2008. La provincia más vulnerable es Maynas, que durante los once años que comprende la investigación, tuvo una pérdida económica de 110 143 052,59 nuevos soles, que corresponde a las pérdidas valorizadas de los cuatro cultivos en estudio. Seguidamente, la segunda provincia que presentó significativas pérdidas económicas fue la de Alto Amazonas, que perdió un total de 64 903 377,63 nuevos soles. La provincia que menos pérdidas económicas sufrió a lo largo de los once años fue Mariscal Ramón Castilla, con un total de 13 384 089,56 nuevos soles.



Fuente: elaboración propia sobre la base de la información de la Dirección Regional Agraria Loreto.

**Figura 13.** Vulnerabilidad en las provincias de Loreto en cuanto a pérdidas de cultivos (periodo 1998-2008).



Fuente: elaboración propia sobre la base de la información de la Dirección Regional Agraria Loreto.

**Figura 14.** Provincias más vulnerables según valorización económica por pérdidas de cultivos (periodo 1998-2008).

## CONCLUSIONES

1. La provincia con mayor incidencia de precipitaciones es Maynas, con una precipitación promedio durante los once años de estudio de 3607,8 mm. La de menor incidencia en precipitaciones fue Requena, con un promedio de 1615,2 mm.
2. La provincia que registra las mayores temperaturas es Maynas y la que presenta menores temperaturas es Requena. La provincia de Maynas tiene tendencias al incremento de su temperatura.
3. El río Marañón es bastante impredecible e inestable con respecto a los otros dos ríos en estudio que presentan un comportamiento estable (río Amazonas y río Ucayali). El río Marañón alcanzó los niveles máximos más altos y mínimos más bajos, pudiendo existir riesgo de inundaciones que afectarían las actividades agrícolas en su cuenca.
4. Según los análisis de proyecciones realizadas, se concluye que el río Marañón será el que más variaciones presentará, con niveles máximos de hasta 133,52 m y mínimos de hasta 68,68 m, existiendo grandes posibilidades de inundaciones y de vaciantes severas. Los otros ríos se mantienen con un comportamiento relativamente estable.
5. El cultivo de plátano es el más vulnerable a las inundaciones durante los once años de estudio, perdiéndose en toda el departamento de Loreto un total de 83 661,38 ha. El segundo cultivo perdido fue el de la yuca con un total de 14 987,63 ha. El cultivo que obtuvo menores pérdidas durante los once años fue el de maíz amarillo duro con un total de 11 369,75 ha.
6. El año de mayor pérdida de los cultivos en estudio fue el 2001, que corresponde a 35 066 ha; seguido del año 2004, con un total de 17 721,25 ha. Los años 2005 y 2003 son los de menor pérdida.
7. La provincia más vulnerable a pérdidas

de cultivos por inundación es Maynas, con más de 40 000 ha de cultivos perdidos (plátano, yuca, maíz amarillo duro y arroz), seguida de la provincia de Alto Amazonas con más de 20 000 ha perdidas. Las provincias menos vulnerables son Mariscal Ramón Castilla y Requena.

8. El año de mayor pérdida económica total con respecto a los cuatro cultivos en estudio fue el 2001, con 121 564 008,32 nuevos soles; seguido del año 2004, con 40 913 986,72 nuevos soles. El año que presentó menor pérdida fue el 2005, con 3 175 029,40 nuevos soles.
9. El cultivo de plátano es el que ocasionó mayores pérdidas económicas, con un total de 270 732 672,58 nuevos soles; seguido del cultivo de yuca, con un total de 37 775 176,62 nuevos soles. El cultivo de maíz amarillo duro es el que presentó menor pérdida, con un total de 8 644 037,21 nuevos soles.
10. La provincia de Maynas es la más afectada económicamente por las pérdidas de los cultivos; a lo largo de once años acumula un total de pérdidas de 110 143 052,59 nuevos soles (entre los cuatro cultivos); seguida de la provincia de Alto Amazonas, que perdió un total de 64 903 377,63 nuevos soles. La provincia menos afectada fue

Mariscal Ramón Castilla, con un total de 13 384 089,56 nuevos soles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Comité Regional de Defensa Civil. 2004. Plan Regional de Prevención y Atención de Desastres de la Región Loreto. Iquitos, Perú, pp. 1-48.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci). 2006. Programa Educativo para Emergencias - Compendio general sobre desastres. Lima, Perú, pp. 1-50.
- Molinero L. 2004. Análisis de Series Temporales. Madrid, España, pp. 1-5.
- Newbold P. 1998. Estadística para los negocios y la economía. Prentice Hall. Pp. 608, 612. Impreso en España.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi). 2009. Series históricas de temperatura, precipitación y niveles de río, 1998-2008. Iquitos, Perú.
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA). 2009. La luna verde del medio ambiente y su clima. Primera edición. Lima, Perú, pp. 2, 3, 6, 9.