



## **EFFECTO DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS DETERMINANTES EN LA PRODUCCIÓN DE *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh EN UCAYALI, PERÚ, 2009-2019**

Nadia Masaya PANDURO-TENAZOA<sup>1\*</sup>, Noé RAMÍREZ-FLORES<sup>2</sup>; Javier Gonzalo LÓPEZ Y MORALES<sup>3</sup>; Mario Herman PINEDO-PANDURO<sup>2</sup>; Hugo Alfredo HUAMANÍ-YUPANQUI<sup>4</sup>; Carlos ABANTO-RODRÍGUEZ<sup>2</sup>; Herman COLLAZOS SALDAÑA<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía. Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Departamento Académico de Ingeniería Agroforestal Acuícola. Carretera San José Km 0.63. Pucallpa - Perú.

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Av. Abelardo Quiñones Km 2.5, San Juan, Loreto, Perú.

<sup>3</sup> Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Av. Universitaria N° 601-607. Pillco Marca, Huánuco, Perú.

<sup>4</sup> Universidad Nacional Agraria de la Selva. Carretera Central km. 1.21; Tingo María, Perú.

<sup>5</sup> Universidad Nacional de Ucayali. Carretera Federico Basadre Km 6.2, Pucallpa, Perú.

\* Correo electrónico: nmpandurot@unia.edu.pe

### **RESUMEN**

La producción agrícola es sensible a los factores climáticos y el estudio de sus relaciones es fundamental para comprender su comportamiento a futuro; por ello, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de los factores climáticos determinantes en la producción de *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh, en Ucayali - Perú, 2009-2019; para ello, mediante la función de producción se cuantificó el efecto de los factores climáticos (temperatura y precipitación pluvial) determinantes sobre la producción del camu-camu en Ucayali; considerando para ello, como dimensiones de la producción: rendimiento por hectárea ( $t \cdot ha^{-1}$ ), superficie cosechada (ha) y el valor bruto de la producción (soles) del periodo 2009 - 2019 y su proyección hasta el

2029, utilizando el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Se pudo determinar que la precipitación pluvial es el factor climático con mayor importancia sobre el rendimiento con un 48,79%; y que, al 2029 la tendencia de su rendimiento es negativo, con una reducción de 1,12 t.ha<sup>-1</sup>. Por otro lado, la temperatura máxima es el factor climático determinante sobre la superficie cosechada del camu-camu en 68,82%; al 2029 su proyección es positiva con un incremento de 835,50 ha. Así también, la temperatura máxima es el factor climático determinante sobre el valor bruto de la producción de camu-camu a un 82,62% y al 2029, su proyección será positiva con un incremento de 3 546 843,95 soles.

PALABRAS CLAVE: rendimiento, superficie cosechada, valor bruto de la producción, camu-camu.

## **EFFECT OF VARIABILITY OF TEMPERATURE AND RAINFALL ON THE PRODUCTION OF *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh, IN UCAYALI, PERU, 2009-2019**

### **ABSTRACT**

Agricultural production is sensitive to climatic factors and the study of their relationships is essential to understand their behavior in the future; for this reason, the objective of this study was to determine the effect of the determining climatic factors on the production of *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh, in Ucayali - Peru, 2009-2019; to do this, through the production function, the effect of climatic factors (temperature and rainfall) determining the production of camu-camu in Ucayali was quantified; considering for this, as dimensions of production: yield per hectare, harvested area and the gross value of production for the period 2009 - 2019 and its projection until 2029, using the ordinary least square method (OLS). It was possible to determine that rainfall is the most important climatic factor on yield with 48.79%; and, by 2029, the yield trend is negative, with a reduction of 1.12 t.ha<sup>-1</sup>. On the other hand, the maximum temperature is the determining climatic factor on the harvested area of camu-camu in 68.82%; by 2029 its projection is positive with an increase of 835.50 ha. Likewise, the maximum temperature is the determining climatic factor on the gross value of camu-camu production at 82.62% and by 2029, its projection will be positive with an increase of 3,546,843.95 PEN

KEY WORDS: performance, harvested area, gross value of production, camu-camu

## INTRODUCCIÓN

El clima es uno de los elementos más significativos para el progreso de los cultivos, y afecta su producción y rendimiento (Galindo & Caballero, 2009; Benique, 2019; Chadalavada *et al.*, 2021; Villegas *et al.*, 2021; ); pudiendo impactar gravemente sobre la seguridad alimentaria en todas las escalas (Liu *et al.*, 2021); y por ello, para el óptimo rendimiento de los cultivos, estos deben estar dentro de los rangos de temperatura y precipitación pluvial adecuados, según sus etapas de desarrollo (Carrasco, 2016).

Sin embargo, resulta preocupante la proyección de los cambios de la temperatura y precipitación pluvial, ya que al ser consideradas insumos directos para la agricultura, esta sería una de las actividades económicas más vulnerables frente al cambio climático (Liang *et al.*, 2017; Saldarriaga, 2016). Más aún considerando que tres cuartas partes de la tierra cultivada del mundo se utiliza para agricultura de secano, la cual produce cerca del 70% del total de alimentos, siendo la mayor parte de la producción de alimentos procedente de países en desarrollo y menos favorecidos (Mahmood *et al.*, 2019)

Bajo condiciones extremas, se prevé que la producción agrícola para el 2030 disminuirá hasta un 50% (Boko *et al.*, 2007); y para el Perú, que junto con Honduras, Bangladesh y Venezuela, es parte de los diez países más vulnerables, que con un aumento de 2°C en la temperatura máxima y 20% en la variabilidad de las precipitaciones al 2050, reportaría una pérdida del 6% respecto al PBI potencial en el año 2030, mientras que al 2050 las pérdidas serían superiores al 20%; a menos que se adopten políticas globales que estabilicen las variables climáticas al 2030 (Sosa & Castillo, 2015; Pearce-Higgins *et al.*, 2022; Setsoafia *et al.*, 2022).

El camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) Mc-

Vaugh), frutal nativo distribuido entre Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (Borges *et al.*, 2014); tiene al Perú como primer centro productor con 14,028 toneladas (TM) de fruto por año, distribuidas en 3,958 hectáreas; de las cuales, Ucayali cuenta con 2,313 hectáreas distribuidas entre los distritos de Manantay, Callería, Masisea y Yarinacocha, con una producción de 1,836 toneladas métricas (TM) de fruto por año, rendimiento promedio de 1,96 t.ha<sup>-1</sup> y precio en chacra de S/ 2,25 por Kg (MIDAGRI, 2021).

El interés por investigar el efecto de los factores climáticos determinantes sobre la producción de este valioso producto agrícola, se debe a su alto contenido de ácido ascórbico de sus frutos, cuyo valor puede llegar hasta 3,133 mg por cada 100 g, sumado al enorme potencial financiero que posee, con una demanda de exportación en el año 2020 de 4,7 millones, destinado a los mercados de EE.UU (47%), Unión Europea (17%), Japón (8%), Canadá (7%) y Australia (7%) (MINCETUR, 2021); sin embargo, su rendimiento es altamente sensible a la precipitación pluvial (Panduro *et al.*, 2022), por lo que mediante la función de producción, se buscó cuantificar los efectos de los factores climáticos determinantes en su producción, en un periodo histórico desde el año 2009 y su proyección hasta el 2029, a fin de comprender y prepararse para los riesgos climáticos adversos (Schwarzwald & Lenssen, 2022); considerando que estos pueden afectar negativamente al cultivo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### ÁMBITO DE ESTUDIO

Se analizaron datos sobre producción y cosecha de camu-camu de la región Ucayali. La región ocupa una superficie de 102411 km<sup>2</sup> y se

halla situada en la parte central y oriental del territorio peruano (BCRP, 2012), que desagregado por provincias comprende: Coronel Portillo con una superficie de 36815,86 km<sup>2</sup>; Atalaya con 38924,43 km<sup>2</sup>, Padre Abad con 8822,50 km<sup>2</sup>; y Purús con 17847,76 km<sup>2</sup>. La zona se encuentra clasificada según el sistema Holdridge como un bosque tropical húmedo y la vegetación por ser de terraza media (GOREU, 2017); con clima muy lluvioso, semi cálido y muy húmedo, las temperaturas son altas durante todo el año, superando los 30°C, casi todos los días y una precipitación anual de 1,600 mm (SENAMHI, 2022).

Esta investigación, corresponde al tipo descriptivo, correlacional, longitudinal y ex post facto y regresional; de nivel explicativo y diseño no experimental, longitudinal (de series de tiempo). La técnica de recolección de datos cuantitativos, fue a partir de documentos y registros de datos desde: a. Base de datos del SENAMHI, para las variables temperatura (máxima y mínima) y precipitación pluvial de los últimos 10 años de la región Ucayali y b. Base de datos del MINAGRI, para el rendimiento (t.ha<sup>-1</sup>), superficie cosechada (ha) y el valor bruto de la producción (soles) de camu-camu de los últimos 10 años de la región Ucayali.

## POBLACIÓN Y MUESTRA

Se analizaron los datos climáticos (temperaturas máximas y mínimas y precipitación pluvial) del periodo 1950-2019; así como también, los datos de producción (rendimiento, superficie cosechada y el valor bruto de la producción) de las plantaciones de camu-camu, establecidas en la región Ucayali del periodo 2006-2019, según la base de datos reportada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI y el Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI, respectivamente; mientras que la

muestra, correspondió al conjunto de datos climáticos y de producción de las plantaciones en estudio, consideradas durante el periodo 2009 - 2019; correspondiendo como unidades muestrales a cada año de dicho periodo.

## PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Los datos utilizados fueron del periodo 2009 al 2019, tanto de las variables climáticas como la temperatura máxima, media y mínima, expresadas en grados Celsius (°C) y la precipitación pluvial promedio mensual acumulada, expresado en milímetros (mm), obtenidos del SENAMHI; y las variables de producción agrícola del camu-camu, como el rendimiento (t.ha<sup>-1</sup>), se obtuvieron de la base de datos del (MINAGRI) de la región Ucayali. Ambas series históricas fueron sometidas a la prueba formal de normalidad de residuos de Jarque - Bera. Luego partiendo de la función de la producción polinómica de segundo grado, el modelo econométrico planteado para el análisis de la producción y rendimiento queda especificado de la siguiente forma:

$$Rdto_t = \beta_0 + \beta_1 TMax_t + \beta_2 TMax_t^2 + \beta_3 Tmin_t + \beta_4 Tmin_t^2 + \beta_5 Pp_t + \beta_6 Pp_t^2 + E_t$$

Dónde: Rdto es el rendimiento de camu camu (t.ha<sup>-1</sup>); t, representa los años de estudio (2009-2019); TMax, es la temperatura máxima promedio anual (°C); TMin, es la temperatura mínima promedio anual (°C); Pp, es la precipitación pluvial promedio mensual acumulada (mm); E, es el error aleatorio no controlado, y  $\beta_0 \dots \beta_6$  son los parámetros del modelo. Asimismo, para analizar el efecto individual de cada variable climática sobre el rendimiento del camu-camu, se analizó econométricamente de la siguiente forma:

$$Rdto_{it} = \beta_0 + \beta_1 Tmax_{it} + \beta_2 Tmax_{it}^2 + e_{it}$$

$$Rdto_{it} = \beta_0 + \beta_1 Tmin_{it} + \beta_2 Tmin_{it}^2 + e_{it}$$

$$Rdto_{it} = \beta_0 + \beta_1 Tmin_{it} + \beta_2 Tmin_{it}^2 + e_{it}$$

El procesamiento de los datos se realizó mediante el software Econométric Views® 12, teniendo en cuenta las variables en estudio, mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios- MCO (NLS and ARMA) para la estimación de los parámetros de los modelos comparados. Los parámetros utilizados para la comparación de los modelos estimados fueron:  $R^2$  y el  $R^2$  ajustado, el Criterio de Información de Akaike (AK) y Schwarz (SCH), la prueba de distribución de Fisher o prueba de F, la prueba de Darwin-Watson (DW), así con estos “mejores parámetros” se pudo elegir el modelo general con los mejores estimadores.

Previa a la elección del mejor modelo general, se observó el aporte individual de cada variable independiente en el modelo general, realizado con la prueba de t de Student. Cuando en la prueba de t de Student se observa un aporte individual insignificante de la variable independiente en el modelo general, inmediatamente se procedió a realizar la prueba de redundancia, la que consistió en retirar dicha variable como especificación del modelo general, con la finalidad de estimar un nuevo modelo general con mejores estimadores. Asimismo, utilizando el resultado del procedimiento con el MCO (NLS and ARMA) se efectuó la estimación de la proyección para los 10 años siguientes (periodo 2020 a 2029).

## RESULTADOS

### COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES EN ANÁLISIS

De acuerdo a los datos climáticos del SENAM-HI, en la figura 1 se aprecia el comportamiento de las variables estudiadas, de tal manera que, la variable temperatura máxima anual, presenta una tendencia decreciente, con un promedio de 31,68 °C, pero en los últimos ocho años esa tendencia empieza a ser creciente; la temperatura mínima tiene una tendencia creciente con un promedio de 22,44 °C. La precipitación pluvial media mensual muestra un año atípico de alta precipitación con casi 200 mm en el 2011, por los siguientes años hay una tendencia creciente, pero con ciclos bianuales crecientes y decrecientes. El rendimiento ( $Kg.ha^{-1}$ ) del camu-camu tiene un comportamiento decreciente, presentando una abrupta disminución en los años 2013 y 2014, y el 2015 recupera, sin llegar a los niveles de productividad de los años anteriores a 2013; sin embargo, la tendencia a la disminución continua en los años siguientes. En cambio, el volumen de producción aumenta de manera constante hasta el 2014 y luego de ello, tiene más explosión en cuanto a su incremento.

### RELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES EN ANÁLISIS

Al efectuar la correlación de Pearson (Figura 2), se encuentra que, la temperatura mínima (°C) y la precipitación pluvial (mm), son los elementos climáticos que muestran un nivel de asociación débil ( $r=0,2794$ ) y ( $r=0,2538$ ) y no significativa estadísticamente ( $p=0,4053$  y  $p=0,4514$ ) con la producción (t) de camu-camu (Figura 02), siendo su intervalo de confianza del coeficiente de correlación  $r = 0,1130$  a  $r=0,3223$  y  $r=0,1087$  a  $r=0,3200$ , respectivamente. En cuanto al rendimiento del camu-camu (t/ha), esta tiene una asociación intermedia ( $r=0,3793$ ), pero estadísticamente no significativa ( $p=0,2499$ ) con la temperatura máxima (°C), siendo su intervalo de confianza de  $r=0,1313$  a  $r=0,3305$ .

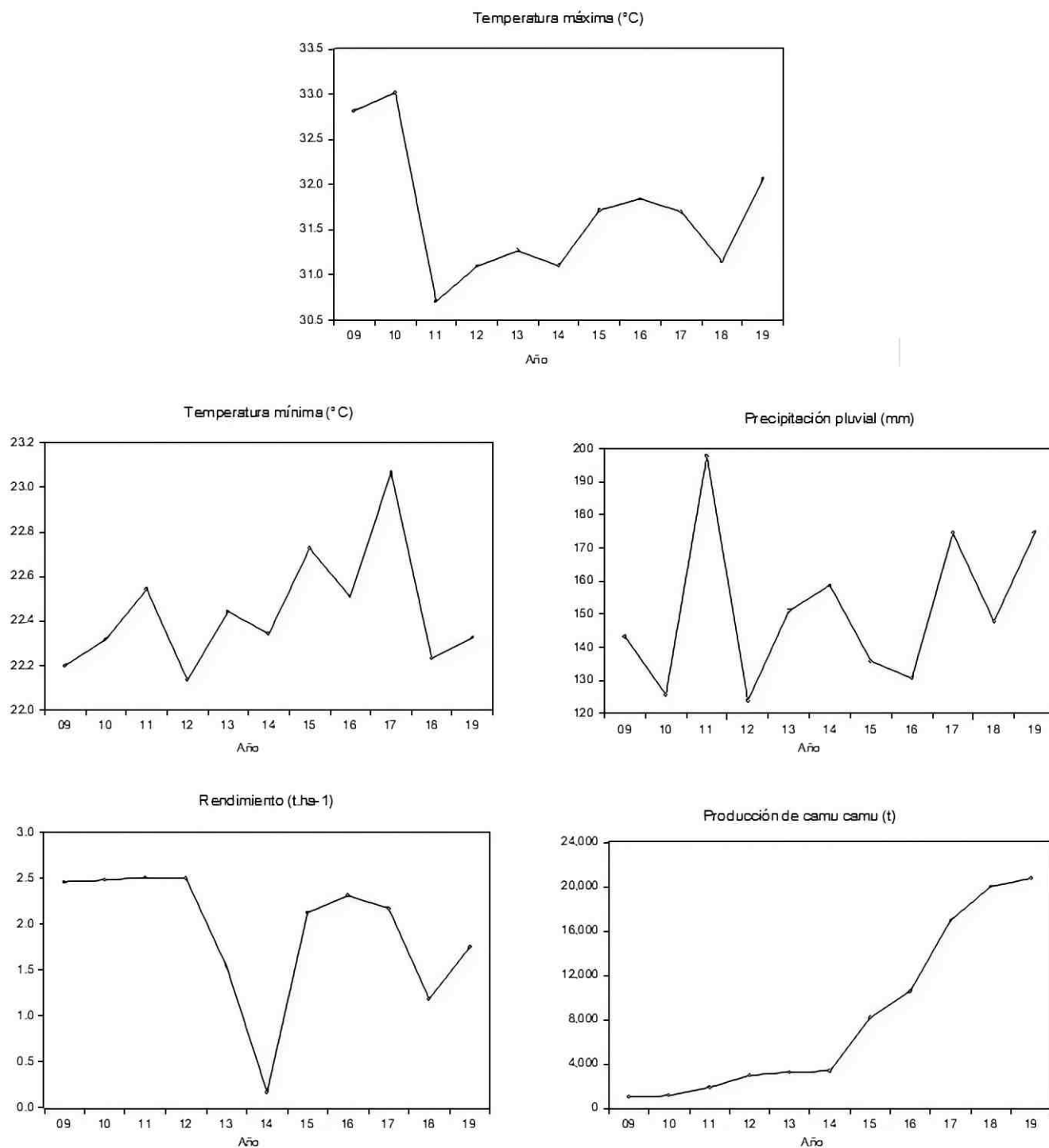
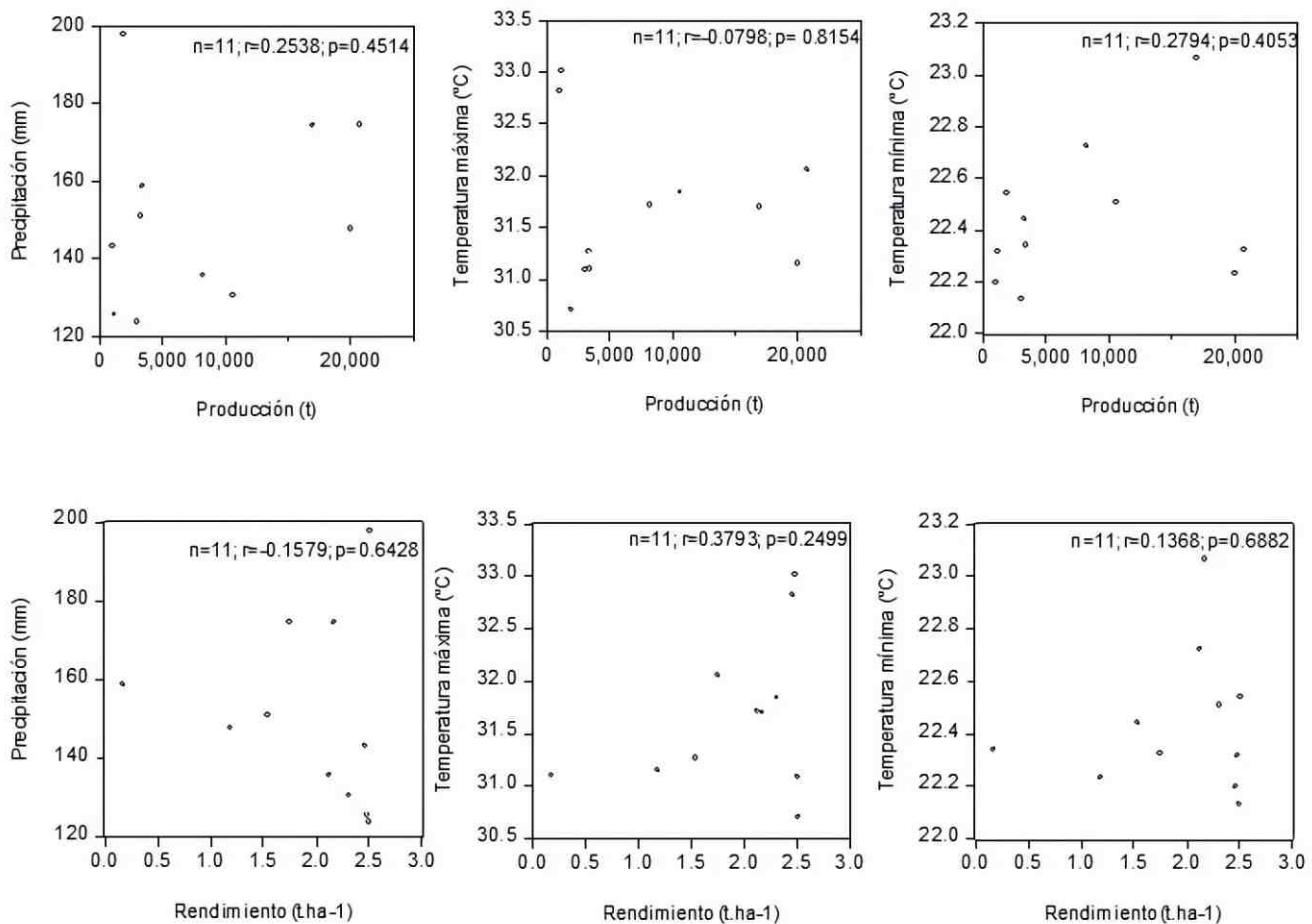


Figura 1. Comportamiento de las variables estudiadas.



**Figura 2.** Correlaciones entre la producción y rendimiento vs precipitación pluvial, temperatura mínima y temperatura máxima.

## REGRESIÓN DE LOS MODELOS PLANTEADOS

Determinación del factor climático que más influye en el rendimiento del camu-camu y su tendencia hacia el año 2029

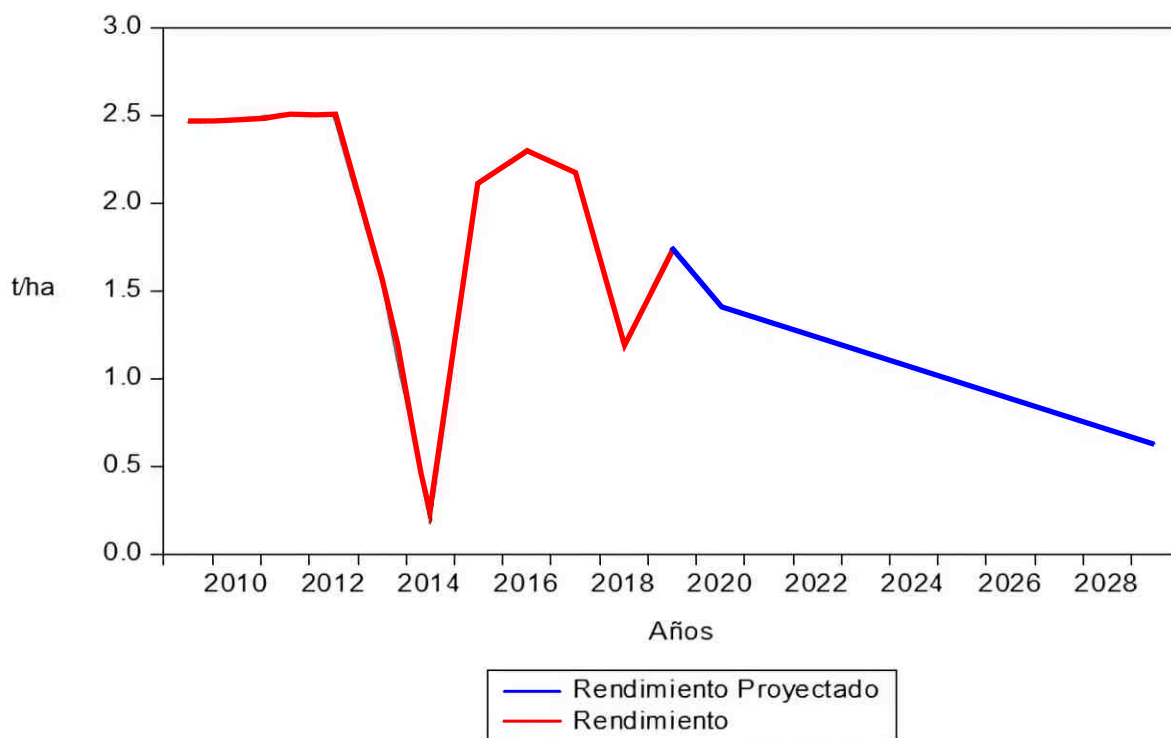
En la Tabla 1, se muestran las estimaciones de los diferentes modelos matemáticos para determinar si la variabilidad de la temperatura y la precipitación pluvial influyen sobre el rendimiento (t.ha<sup>-1</sup>) del camu-camu. Así, de las estimaciones vistas, la variable que mejor explica el rendimiento del camu-camu, es la Pp, pues al analizar individualmente su aporte en el modelo, el valor de AK es 1,99 y de SCH 2,09 son mí-

nimos, respecto a los resultados de las otras estimaciones individuales. Por otro lado, el R<sup>2</sup> de la Pp, es el más alto de las estimaciones individuales, indicando que esta variable influye en un 48,79% sobre el rendimiento del camu-camu y es la única variable significativa (p=0,0687). Sin embargo, existe un 51,21% de influencia por explicar en el modelo, aunque según estos criterios, se podría concluir que, la variable Pp es la que más influye en el rendimiento del camu-camu.

Por otro lado, la proyección de su rendimiento al 2029 (Figura 3), muestra una tendencia negativa, reduciéndose de 2,5 t.ha<sup>-1</sup> a 0,625 t.ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 1.** Estimación del modelo para el rendimiento del camu-camu.

Variables	Tmax	Tmin	Pp	Todas	Estimación 5
Constante	253,9220	640,9815	25,84184	505,0188	
Temp máxima	-16,17916			26,08071	31,36117
Temp máxima <sup>2</sup>	0,259496			-0,401322	-0,483835
Temp mínima		-56,95687		-79,58775	-42,22928
Temp mínima <sup>2</sup>		-0,202362		1,767767	0,939403
Precip pluvial			-0,304350	-0,398112	-0,405682
Precip pluvial <sup>2</sup>			0,000946	0,001263	0,001288
R <sup>2</sup>	0,175158	0,038110	0,487899	0,782431	0,772764
R <sup>2</sup> ajustado	-0,031053	-0,202362	0,359874	0,456076	0,545529
AK	2,462552	2,616260	1,985882	1,857151	1,718802
SCH	2,571069	2,724777	2,094398	2,110357	1,935836
F stad	0,849412	0,158481	3,810962	2,397489	
F prob	0,462896	0,856054	0,068774	0,208349	
DW (autocor)	1,840661	1,416310	2,147497	2,882065	2,572954



**Figura 3.** Variabilidad de la temperatura y la precipitación pluvial sobre el rendimiento del cultivo de camu-camu.



Determinación del factor climático que más influye sobre la superficie cosechada del camu-camu y su tendencia hacia el año 2029

La Tabla 2 muestra los diferentes modelos matemáticos estimados para determinar si la variabilidad de la temperatura y la precipitación pluvial influye significativamente sobre la superficie cosechada (ha) del camu-camu; donde se observa que, la variable que mejor explica la superficie cosechada del camu-camu, es la TMax, pues al analizar individualmente su

aporte en el modelo, el valor de AK es 0,69 y de SCH 0,81 son mínimos, respecto a los resultados de las otras estimaciones individuales. Por otro lado, el R<sup>2</sup> es el más alto de las estimaciones individuales, indicando que esta variable influye en un 68,82% sobre la superficie cosechada del camu-camu y es la única variable altamente significativa al 0,94% (Tabla 2).

La proyección de la superficie cosechada del camu-camu, en un horizonte de 10 años, al 2029 (Figura 4), muestra que su tendencia es positiva, con un incremento de 835,50 ha.

**Tabla 2.** Estimación del modelo para la superficie cosechada del camu-camu.

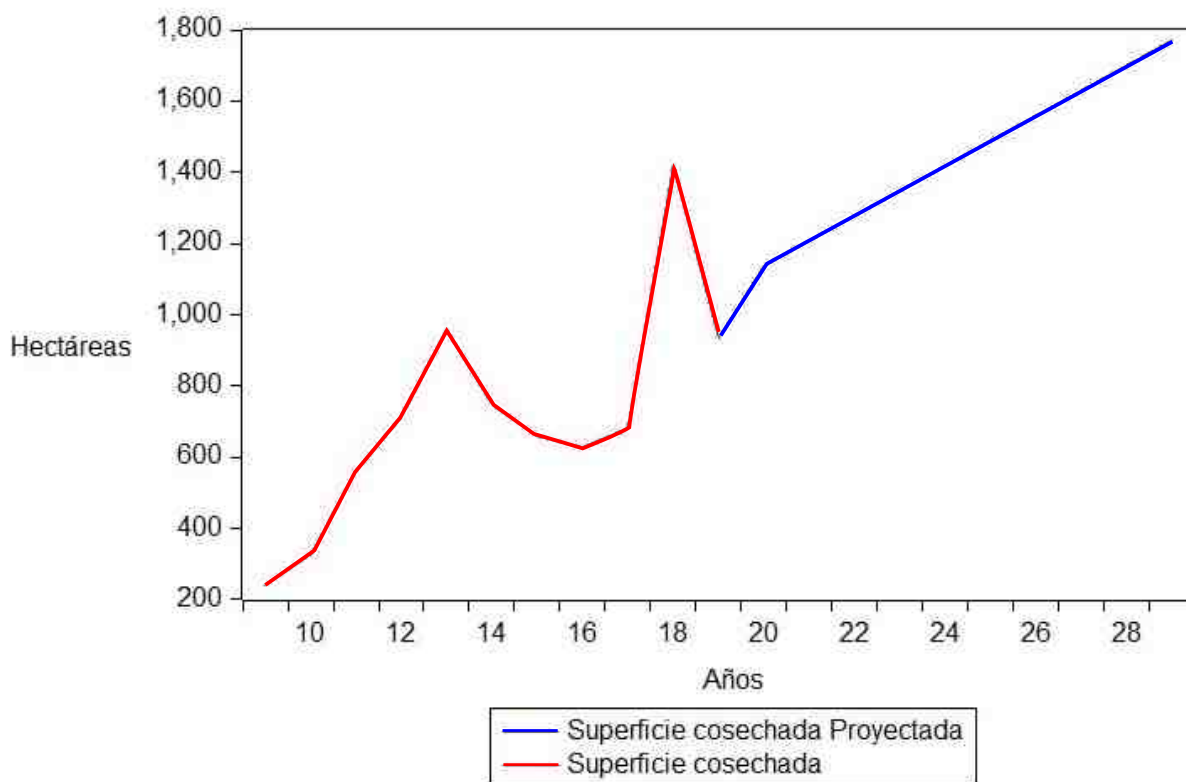
Variables	Tmax	Tmin	Pp	Todas	Estimación 5
Constante	-434,6832	-214,0390	-1,866799	-551,3148	-308,4801
Temp máxima	28,13018			29,47993	19,92532
Temp máxima <sup>2</sup>	-0,448166			-0,469372	-0,320000
Temp mínima		19,39737		8,508994	
Temp mínima <sup>2</sup>		-0,426440		-0,197766	
Precip pluvial			0,103490	0,047909	0,065965
Precip pluvial <sup>2</sup>			-0,000313	-0,000147	-0,000211
R <sup>2</sup>	0,688208	0,010027	0,157930	0,755003	0,722893
R <sup>2</sup> ajustado	0,610260	-0,237466	0,052588	0,387508	0,538155
AK	0,696886	1,852227	1,690413	1,183068	0,942588
SCH	0,805403	1,960744	1,798930	1,436274	1,123450
F stad	8,829056	0,040515	0,750196	2,054456	3,913077
F prob	0,009451	0,960491	0,502798	0,253305	0,067425
DW (autocor)	1,642993	0,595493	0,920416	1,854522	1,532849

Determinación del factor climático que más influye sobre el valor bruto de la producción del camu-camu y su tendencia hacia el año 2029

La influencia de la variabilidad de la temperatura y la precipitación pluvial sobre el valor bruto de la producción del camu-camu, fue estimada a partir de diferentes modelos matemáticos (Tabla 3), siendo la Tmax, que mejor explica el valor bruto de la producción del camu-camu, pues el valor de Akaike (AK) es 0,53 y de Schwarz (SCH) 0,64; valores mínimos respecto a

los resultados de las otras estimaciones. Además, el R<sup>2</sup> es el más alto de las estimaciones individuales, indicando que esta variable influye en un 82,62% sobre el valor bruto de la producción del camu-camu y es la única variable altamente significativa al 0,09%; los demás parámetros resultan no ser significativos.

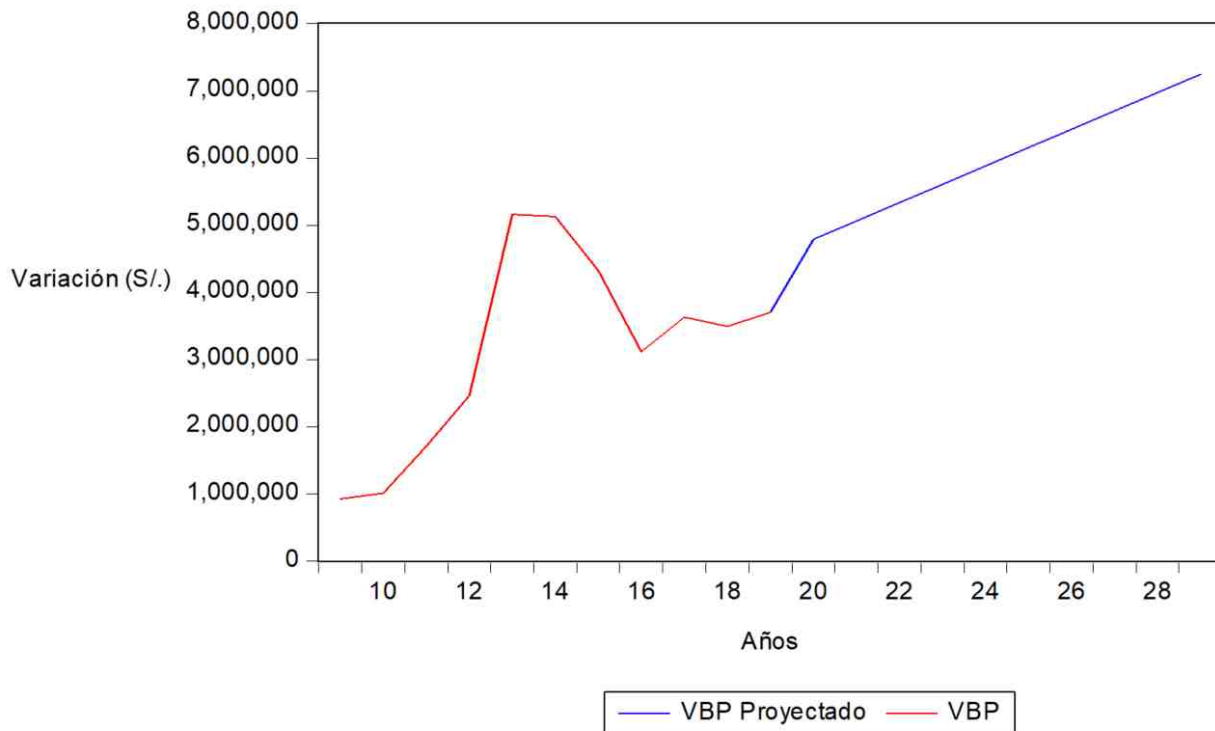
La proyección del valor bruto de la producción, en un horizonte de 10 años, al 2029 (Figura 5), muestra que su tendencia es positiva, con un incremento en el valor bruto de la producción de 3 546 843,95 soles.



**Figura 4.** Variabilidad de la temperatura y la precipitación pluvial sobre la superficie cosechada del cultivo de camu-camu.

**Tabla 3.** Estimación del modelo para el valor bruto de la producción del camu-camu.

Variables	Tmax	Tmin	Pp	Todas
Constante	-823,6546	-690,2697	-7,217837	-1285,998
Temp máxima	52,64697			34,44381
Temp máxima <sup>2</sup>	-0,832865			-0,548163
Temp mínima		61,08932		65,63351
Temp mínima <sup>2</sup>		-1,335648		-1,447638
Precip pluvial			0,191609	0,124047
Precip pluvial <sup>2</sup>			-0,000592	-0,000401
R <sup>2</sup>	0,826201	0,141166	0,289111	0,921650
R <sup>2</sup> ajustado	0,782751	-0,073543	0,111388	0,804124
AK	0,532790	2,130464	1,941405	0,463350
SCH	0,641307	2,238981	2,049921	0,716556
F stad	19,01503	0,657475	1,626754	7,842127
F prob	0,000912	0,544049	0,255393	0,033098
DW (autocor)	1,804925	0,496114	0,421648	2,423224



**Figura 5.** Variabilidad de la temperatura y la precipitación pluvial sobre el valor bruto de la producción del cultivo de camu-camu.

## DISCUSIÓN

### DETERMINACIÓN DEL FACTOR CLIMÁTICO QUE MÁS INFLUYE EN EL RENDIMIENTO DEL CAMU-CAMU Y SU TENDENCIA HACIA EL AÑO 2029

Siendo que la variable Pp es la que más influye en el rendimiento del camu-camu y que existe un 51,21% de influencia por explicar en el modelo, esta posiblemente se deba a la incertidumbre del escenario, del modelo o la variabilidad interna de las variables en estudio (Schwarzwald & Lenssen, 2022). Sin embargo, la influencia de la precipitación pluvial sobre el rendimiento del camu-camu, se ve reflejada en su necesidad hídrica, propia de su fisiología y hábitat (Imán, 2001); aun cuando los requerimientos de precipitación pluvial son altos

(2500 a 4000 mm por año) en suelos aluviales, su estrecha cercanía a fuentes de agua puede asegurar la mayor parte de sus requerimientos suministrados por el sustrato donde se desarrolla; sin embargo, en los suelos de altura, en los meses de menor precipitación o de veranos prolongados, la planta llega a presentar marchitez (Pinedo *et al.*, 2019), situación a la que algunos clones de camu-camu, como el E3-F7, que presenta cierta tolerancia a medida que crece y se desarrolla, podría presentarse como una alternativa a esta situación negativa (Aguirre *et al.*, 2011); puesto que la proyección al 2029 avizora un escenario negativo sobre el rendimiento de este importante cultivo (Figura 3); aun cuando la media de los modelos matemáticos para la proyección climática en Ucayali indiquen cambios ligeros de la precipitación dentro de su variabilidad (+/-5%); es decir que, no

habría cambios importantes en la precipitación; sin embargo, esta afirmación debe ser complementada con técnicas de reducción de escala de medición, según recomienda (Ávalos R.G. *et al.*, 2013).

Lo visto en la Figura 3, evidencia los impactos que la variabilidad de la precipitación generaría hacia el 2029 sobre el rendimiento del camu-camu, donde los impactos son negativos; situaciones a las que no son ajenos otros cultivos; donde bajo las mismas condiciones climáticas estas resultan favorecedoras para unas especies, mientras que, para otras, le serán adversas (Fernández, 2013; Benique, 2019; Caira Mamani *et al.*, 2021; Quispe Mamani *et al.*, 2021; Villegas *et al.*, 2021; Quispe Mamani *et al.*, 2022); no obstante, las precipitaciones pluviales pueden afectar el rendimiento de los cultivos, de manera positiva al principio, pero luego de ciertos límites pueden ser negativos; lo cual puede depender de múltiples factores intrínsecos a las plantas relacionadas con su capacidad de resiliencia y adaptación frente a los cambios climáticos y a la “fuerza” o bondad de ajuste con que los modelos matemáticos explicarían el impacto de las variables climáticas sobre el rendimiento de los cultivos.

#### DETERMINACIÓN DEL FACTOR CLIMÁTICO QUE MÁS INFLUYE SOBRE LA SUPERFICIE COSECHADA DEL CAMU-CAMU Y SU TENDENCIA HACIA EL AÑO 2029

La estimación de la superficie agrícola podría ser utilizada para planificar, mejorar la asignación de recursos y garantizar la seguridad alimentaria, al menos de sus habitantes (Colotti *et al.*, 2013); así, el conocimiento del impacto de la variabilidad de la temperatura y la precipitación pluvial sobre la superficie cosechada del camu-camu en Ucayali, contribuiría como base para la toma de decisiones de las en-

tidades ligadas a la actividad agrícola; por ello, al analizar la relación temperatura/precipitación pluvial – superficie cosechada, estadísticamente se hallan muy relacionadas, en especial con la temperatura máxima, la cual influye significativamente sobre la superficie cosechada en el periodo en estudio y en su proyección al 2029, cuya tendencia describe un incremento; sin embargo, esto en la práctica podría explicarse parcialmente en razón a que la Temperatura máxima calculada, se halla dentro del óptimo requerido por el camu-camu, lo cual favorecería su desarrollo (Távora Hernández, 2020); sin embargo, esto en la práctica, no motivaría el incremento de la superficie de cosecha, puesto que esta respuesta está en función, entre varios factores, del rendimiento individual de cada cultivo (Fernández, 2013; Benique Olivera, 2019; Caira Mamani *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2021; Villegas *et al.*, 2021; ), frente a la influencia de los mismos factores edafoclimáticos; en ese sentido, el incremento de la superficie cosechada no debe confundirse con la creciente expansión que está experimentando en los últimos años, justamente debido a la demanda que tienen sus frutos.

#### DETERMINACIÓN DEL FACTOR CLIMÁTICO QUE MÁS INFLUYE SOBRE EL VALOR BRUTO DE LA PRODUCCIÓN DEL CAMU-CAMU Y SU TENDENCIA HACIA EL AÑO 2029

La variabilidad climática influye fuertemente sobre la economía, ocasionado fundamentalmente por la precipitación pluvial y la temperatura, pudiendo frenar el desarrollo económico y social de la población por ser dependiente en gran medida del clima, es por ello que sus cambios deben ser medidos en términos humanos (OMS, 2008); como por ejemplo ocurre con la sequía, la cual se relaciona con la disminución de la precipitación pluvial y afecta a algunos factores de producción y del ecosistema (Colotti *et*

*al.*, 2013); de modo que, no cabe duda del importante papel que el clima tiene sobre en la formación de la faz de la tierra y en el tipo de actividades económicas que el hombre puede practicar (Mohammed *et al.*, 2018).

Así, de acuerdo a los resultados vistos en la Tabla 3 donde la variable temperatura máxima es la variable climática que más influye sobre el valor bruto de la producción del camu-camu; asimismo, su proyección al 2029 denota un incremento (Figura 3), hecho que avizoraría mejores ingresos para los productores dedicados a este cultivo; sin embargo, pese a que estadísticamente se relacionan positivamente, habría que determinar los verdaderos factores que realmente estén relacionados con la mejora del valor neto de la producción, entre ellos, las tendencias del mercado, el incremento de la población y de áreas sembradas, el perfil y la intención del consumidor de los productos y hasta quizás de sus derivados; por lo tanto, es importante investigar sobre los efectos económicos del cambio climático, dado que sus modificaciones repercuten sobre la producción y el comercio, pudiendo tener importantes consecuencias para el crecimiento, la política y la capacidad de los productores para acumular activos en el contexto de una economía en desarrollo (Saldarriaga, 2021; Etwire *et al.*, 2022); en cuanto a que una mayor variabilidad de la temperatura incrementará los precios de los principales productos agrícolas entre 3,5% y 4%, y con ello el mayor costo de los alimentos, así entre el 2020 al 2040, la producción agrícola se verá reducida entre 5% y 6% y, la rentabilidad o utilidad agrícola, entre 10% y 11%, según las proyecciones descritas en su modelo para la selva peruana (Saldarriaga, 2021).

Avizorando estos posibles escenarios, donde la economía puede verse afectada, las investigaciones realizadas al respecto, sugieren la adopción de diferentes estrategias de adaptación y/

o resiliencia, según el área y cultivos en estudio; las cuales incluyen asistencia técnica e infraestructura así como, la presencia de los sectores competentes y de las autoridades locales, regionales y nacionales (Villar, 2019) que equivaldrían a intervenciones políticas que mejoren la adopción de estrategias por parte de los agricultores contra los impactos del cambio climático (Suresh *et al.*, 2021), de preferencia, practicadas autónomamente y con orientación a corto plazo y de carácter reactivo más que sostenible y proactivo (Rijal *et al.*, 2022).

## CONCLUSIONES

En el camu-camu la precipitación pluvial (Pp) tiene un efecto sobre su rendimiento en un 48,79%, hacia el 2029, este describe una tendencia negativa de 1,12 t.ha<sup>-1</sup>.

La temperatura máxima (TMax) es la variable que tiene un mayor efecto sobre la superficie cosechada del camu-camu con 68,82%. La proyección hacia el 2029, con respecto a esta variable, es positiva con 835,50 ha.

En cuanto al valor bruto de la producción, la temperatura máxima (Tmin) es la variable que mayor efecto tiene sobre el camu-camu con 82,62%. La proyección hacia el 2029, con respecto a esta variable, es positiva con 3546843,95 soles

## AGRADECIMIENTOS

A los servidores administrativos, Sr. Walter Ríos Pereira, Estadístico - DRSA-Ucayali, por facilitar los datos estadísticos agrícolas requeridos para este estudio y al Sr. Alberto Valera Rodríguez- Técnico meteorólogo UNU, por apoyar en la colecta de datos meteorológicos de la EMAP - UNU - SENAMHI.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, O.; Abanto, C.; Oliva, C.; Zumaeta, D.; Chia, J. 2011. Evaluación agronómica de cuatro clones de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh) en un suelo aluvial inundable de la región Ucayali. *Revista Investigación y Amazonía*, 1(2): 70-77.
- Ávalos R.G.; Llacza R.A.; Jácome, G.; Barreto S.C. 2013. *Evaluación de los modelos CMIP5 del IPCC en el Perú: Proyecciones al año 2030 en la Región Ucayali - Reporte Ejecutivo*. SENAMHI. Lima. 22pp.
- Banco Central de Reserva del Perú - BCRP. 2012. *Informe económico y social de la región Ucayali*. BCRP, Lima. 147 pp.
- Benique, O.E. 2019. Impacto del cambio climático en el rendimiento de la producción de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en la Región - Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(2), 100-110. DOI: <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.454>
- Boko, M.; Niang, I.; Nyong, A.; Vogel, C.; Githeko, A.; Medany, M.; Osman-Elasha, B.; Tabo, R.; Yanda, P. 2007. Africa. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. . En: Parry, M.L.; Canziani, O.F.; Palutikof, J.P.; Van Der Linden, P.J, Hanson, C.E. (Eds.). *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. p. 433-467
- Borges, L; Cardoso, E; Silveria, D. 2014. Active compounds and medicinal properties of *Myrciaria* genus. *Food Chemistry*, 153: 224-233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.064>
- Caira, M.; López, I.C.; Carhuarupay, M. 2021. Efecto de la temperatura y precipitación sobre la agricultura en la cuenca Coata-Puno, Perú. *Revista Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(14), 285–296. DOI: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.118>
- Carrasco, C.F. 2016. Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli, periodo 1997 - 2014. *Comuni@cción*, 7(2), 38-47.
- Chadalavada, K.; Kumari, B.; Kumar, T.S. 2021. Sorghum mitigates climate variability and change on crop yield and quality. *Planta*, 253(5), 113. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03631-2>
- Colotti, E.; Cedeño, M.; Montañez, C. 2013. La sequía meteorológica y la variación de la superficie agrícola en la Isla de Margarita, estado Nueva Esparta, Venezuela período 1972-2004. *Terra Nueva Etapa*, XXIX(45),11-53.
- Etwire, P.M.; Koomson, I.; Martey, E. 2022. Impact of climate change adaptation on farm productivity and household welfare. *Climatic Change* 170, 11 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03308-z>
- Fernández, M.E. 2013. *Evaluación del riesgo agroclimático por sectores: Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de cultivos por sectores mediante el modelo de simulación AquaCrop*. IDEAM, Bogotá.104pp.
- Galindo, L. M.; Caballero, K. 2009. *La economía del Cambio Climático en México: Algunas reflexiones*. Gaceta de Economía. México. 29pp.
- GOREU. 2017. *Zonificación Ecológica, Económica, base para el Ordenamiento Territorial de la Región Ucayali*. GOREU, Ucayali. 228pp.
- Imán, S. 2001. *Cultivo de camu camu Myrciaria dubia HBK en la región Loreto*. INIA, Serie Manual 01-00. 32 pp.
- Liang, X. Z.; Wu, Y.; Chambers, R. G.; Schmoltdt, D. L.; Gao, W.; Liu, C.; Liu, Y. A.; Sun, C.; Kennedy, J. A. 2017. Determining climate effects on US total agricultural productivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(12), E2285–E2292.



- B. 2022. A systematic review of nepalese farmers' climate change adaptation strategies. *Climate Policy*, 22(1): 132-146. DOI: <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1977600>
- Saldarriaga, V. 2016. *Efectos de la variabilidad de la temperatura en la productividad y en los precios de los productos agrícolas: Evidencia en Perú*. INTAL. 50 pp.
- Schwarzwald, K.; Lenssen, N. 2022. The importance of internal climate variability in climate impact projections. *Environmental Sciences*. 119(42) e2208095119. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2208095119>
- SENAMHI. 2021. *Climas del Perú – Mapa de Clasificación Climática del Perú. Proyecto de Gestión de Apoyo a la Gestión del Cambio Climático*. SENAMHI, Lima. 70 pp.
- Setsoafia, E. D.; Ma, W.; Renwick, A. 2022. Effects of sustainable agricultural practices on farm income and food security in northern ghana. *Agricultural and Food Economics*, 10(9). DOI: <https://doi.org/10.1186/s40100-022-00216-9>
- Sosa, M.; Castillo, F. 2015. *Impacto del cambio climático en el rendimiento del trigo, la cebada y el maíz amiláceo para la región La Libertad*. Tesis de pre-grado. Universidad Nacional de Trujillo. Perú. 78pp.
- Suresh, K.; Khanal, U.; Wilson, C.; Managi, S.; Quayle, A.; Santhirakumar, S. 2021. An economic analysis of agricultural adaptation to climate change impacts in Sri Lanka: An endogenous switching regression analysis. *Land Use Policy*, 109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105601>
- Távora Hernández, M. P. 2020. *Efectos del cambio climático en la productividad del banano orgánico en el Valle del Chira – Sullana – Piura*. Tesis de Maestría, Universidad de Piura. Perú. 115pp.
- Villar, L. 2019. *Efectos de la variabilidad climática (temperatura y precipitación) en la seguridad alimentaria en Acomayo – Cusco*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. 106pp.
- Villegas, Y.M.; Villegas, A.G.F.; García, V.L.; Timaná, Á.M.; Reto, G.J.; Mogollón T.M. 2021. Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de 5 cultivos agrícolas, región Piura, Perú 1973-2018. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 24(106): 27-33. DOI: <https://doi.org/10.47460/uct.v24i106.392>

**Recibido:** 14 de marzo de 2023 **Aceptado para publicación:** 27 de junio de 2023