

Epistemología ambiental aplicada al cambio climático y su impacto en la agricultura

GERMÁN BELIZARIO QUISPE



Instituto Latinoamericano de Altos Estudios

Epistemología ambiental

**aplicada al cambio climático y
su impacto en la agricultura**

INSTITUTO
LATINOAMERICANO
DE ALTOS ESTUDIOS

Germán Belizario Quispe

[belizarioquispegerman@gmail.com]

Posee título de Ingeniero Civil, Ingeniero Agrícola y Licenciado en Educación en la especialidad de Físico-Matemáticas; con Grado de *Magister Scientiae* en Ingeniería de Recursos Agua y Suelo, Grado de *Doctoris Scientiae* en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. En la actualidad es profesor investigador con registro RENACYT P0038812 y profesor principal de la Escuela de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, desde 2003 hasta la actualidad en el pregrado, y profesor de Posgrado desde el año 2014 en la maestría y desde el año 2018 en el doctorado. Posee publicaciones de artículos de científicos en: *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *Revista Española AGER*, *Revista Española de Geriatría y Gerontología*, *10P Conference Series: Earth and Environmental Science*, *Revista Boliviana de Química*, *Revista de Investigaciones Altoandinas*, *Revista Ciencia y Desarrollo*, *Revista de Investigaciones*. Autor de textos: *Resistencia de materiales: una introducción para los estudiantes de ingeniería*; *Métodos numéricos para principiantes en ingenierías*; *Elementos para el diseño de pequeños sistemas de riego* y *Glosario de gestión del desarrollo territorial rural*.

Epistemología ambiental
aplicada al cambio climático y
su impacto en la agricultura

Germán Belizario Quispe

INSTITUTO
LATINOAMERICANO
DE ALTOS ESTUDIOS

Queda prohibida la reproducción por cualquier medio físico o digital de toda o una parte de esta obra sin permiso expreso del Instituto Latinoamericano de Altos Estudios –ILAE–.

Publicación sometida a evaluación de pares académicos (*Peer Review Double Blinded*).

Esta publicación está bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento - NoComercial - SinObraDerivada 3.0 Unported License.



ISBN 978-958-53675-2-4

© Germán Belizario Quispe, 2021

© Instituto Latinoamericano de Altos Estudios –ILAE–, 2021

Derechos patrimoniales exclusivos de publicación y distribución de la obra
Cra. 18 # 39A-46, Teusquillo, Bogotá, Colombia
PBX: (571) 232-3705, FAX (571) 323 2181
www.ilae.edu.co

Diseño de carátula y composición: Harold Rodríguez Alba
Edición electrónica: Editorial Milla Ltda. (571) 702 1144
editorialmilla@telmex.net.co

Editado en Colombia
Published in Colombia

Contenido

INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO PRIMERO	
AGRICULTURA: NOCIONES Y FUNDAMENTOS	13
I. Nociones de agricultura	14
II. Tipos de agricultura	16
III. Importancia de la agricultura	19
IV. Sector agrícola y los efectos del cambio climático	21
V. Agricultura sostenible	23
CAPÍTULO SEGUNDO	
EPISTEMOLOGÍA AMBIENTAL: PRINCIPIOS Y CRITERIOS	25
I. Principios de la epistemología ambiental	26
II. Ética medioambiental	28
III. Perspectivas sobre el medioambiente	29
IV. Principios de la agroecología	31
V. Ciencias ambientales	33
CAPÍTULO TERCERO	
CAMBIO CLIMÁTICO: PERSPECTIVAS TEÓRICAS	35
I. Nociones sobre el cambio climático	36
II. Elementos del clima	37
III. Factores del clima	39
IV. Calentamiento global	40
V. Impactos del cambio climático en la agricultura	43

CAPÍTULO CUARTO

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS, REGIÓN PUNO - PERÚ	47
I. Hipótesis de la investigación	48
A. Hipótesis general	48
B. Hipótesis específicas	48
II. Objetivos de la investigación	49
A. Objetivo general	49
B. Objetivos específicos	49
III. Población y muestra	49
IV. Ámbito de estudio	49
V. Procedimiento de recolección de datos	53
VI. Análisis de la información por objetivos planteados	54
VII. Análisis e interpretación de resultados	60
CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES	114

CAPÍTULO QUINTO

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA DE LAS CUENCAS	115
---	-----

BIBLIOGRAFÍA	121
---------------------	------------

Índice de tablas

TABLA 1.	Correlación de temperaturas medias anuales-grupo n° 1	63
TABLA 2.	Correlación de temperaturas medias anuales-grupo n° 2, 2014	68
TABLA 3.	Medidas de tendencia central y variación del promedio de temperatura en la cuenca del río Ramis, 1992-2012	75
TABLA 4.	Variación en las temperaturas máximas por estación en la cuenca del río Ramis, 1992-2012	76
TABLA 5.	Variación en las temperaturas mínimas por estación en la cuenca del río Ramis, 1992-2012	77
TABLA 6.	Variación en las temperaturas mínimas por estación en la cuenca del río Ramis, 1992-2012	77
TABLA 7.	Resumen del modelo de variables predictoras de temperaturas, cuenca Ramis, 1992-2012	78
TABLA 8.	Prueba de hipótesis mediante análisis de varianza (ANOVA) del cambio climático y los variables del clima	79
TABLA 9.	Análisis de coeficientes independientes de temperaturas frente al cambio climático, cuenca Ramis. 1992-2012	79
TABLA 10.	Correlaciones bivariadas del cambio climático con las variaciones de las temperaturas, cuenca Ramis, 1992-2012	80
TABLA 11.	Coefficientes de las temperaturas máximas medias según el modelo lineal, en la cuenca Ramis, 1992-2012	81
TABLA 12.	Coefficientes del promedio de temperaturas máximas según el modelo logarítmico	81
TABLA 13.	Coefficiente del promedio de temperaturas máximas según el modelo exponencial	82
TABLA 14.	Coefficiente del promedio de temperaturas mínimas según el modelo lineal	83
TABLA 15.	Coefficientes del promedio de temperaturas mínimas según el modelo logarítmico	83
TABLA 16.	Coefficientes del promedio de temperaturas mínimas según el modelo exponencial	84
TABLA 17.	Coefficiente de correlación (r) para cada estación - grupo n° 1, 2014	86
TABLA 18.	Coefficiente de correlación (r) para cada estación-grupo n° 2, 2014	87
TABLA 19.	Coefficiente de correlación (r) para cada estación-grupo n° 3, 2014	87
TABLA 20.	Análisis de saltos de las precipitaciones mensuales-grupo n° 1, 2014	88
TABLA 21.	Análisis de saltos de las precipitaciones mensuales-grupo n° 2, 2014	89
TABLA 22.	Análisis de saltos de las precipitaciones mensuales-grupo n° 3, 2014	89

TABLA 23.	Resumen del modelo de regresión lineal de precipitación, cuenca Ramis, 1992-2012	93
TABLA 24.	ANOVA de las precipitaciones pluviales, cuenca Ramis, 1992-2012	93
TABLA 25.	Análisis de coeficientes independientes, según prueba T	94
TABLA 26.	Correlaciones bivariadas del cambio climático con las variaciones de las precipitaciones pluviales en la cuenca del río Ramis, 1992-2012	95
TABLA 27.	Coefficientesa de precipitación total según el modelo lineal	96
TABLA 28.	Coefficientes de precipitación total según el modelo logarítmico	96
TABLA 29.	Coefficientes de precipitación total según el modelo exponencial	96
TABLA 30.	Medidas de tendencia central y variación del rendimiento de los cultivos seleccionados en la cuenca Ramis, 1992-2012	98
TABLA 31.	Comportamiento del rendimiento del cultivo de haba en kg/ha a variables climáticos óptimos	99
TABLA 32.	Comportamiento del rendimiento del cultivo de haba en kg/ha a variables climáticos óptimos	99
TABLA 33.	Comportamiento del rendimiento del cultivo de haba en kg/ha a variables climáticos óptimos	100
TABLA 34.	Resumen del modelo de relación entre cultivo y clima	101
TABLA 35.	ANOVA de la regresión residual total para el cultivo de haba	102
TABLA 36.	Coefficientesa no estandarizadas y tipificadas de las variables climáticas	102
TABLA 37.	Correlaciones bivariadas del cultivo de haba con las variaciones climáticas en la cuenca del río Ramis, 1992-2012	103
TABLA 38.	Resumen del modelo del rendimiento de papa y variables climáticos, cuenca Ramis, 1992-2012	105
TABLA 39.	ANOVA de la regresión residual total para el cultivo de papa, cuenca Ramis, 1992-2012	106
TABLA 40.	Coefficientesa no estandarizados y tipificados de variables climáticos	106
TABLA 41.	Correlaciones bivariadas del cultivo de papa con las variaciones climáticas en la cuenca del río Ramis, 1992-2012	108
TABLA 42.	Resumen del modelo de la relación del rendimiento de quinua y variables climáticos, cuenca Ramis 1992-2012	109
TABLA 43.	Análisis de ANOVA de regresión residual total para el cultivo de papa, cuenca Ramis, 1992-2012	110
TABLA 44.	Coefficientesa no estandarizadas y tipificadas de variables climáticas, cuenca Ramis, 1992-2012	110
TABLA 45.	Correlaciones bivariadas del cambio climático con las variaciones de las precipitaciones pluviales en la cuenca del río Ramis, 1992-2012	111

Índice de figuras

FIGURA 1.	Ubicación geográfica de la cuenca del río Ramis	51
FIGURA 2.	Ubicación de las estaciones meteorológicas en la cuenca Ramis, 2014	54
FIGURA 3.	Índices anuales de los vectores regionales de datos originales de las temperaturas máximas	61
FIGURA 4.	Índices anuales de los vectores regionales de datos completados de las temperaturas máximas	61
FIGURA 5.	Índices anuales de los vectores regionales de datos originales de las temperaturas medias	62
FIGURA 6.	Índices anuales de los vectores regionales de datos completados de las temperaturas medias	62
FIGURA 7.	Índices anuales de los vectores regionales, acumulados	64
FIGURA 8.	Datos originales y completados de las temperaturas mínimas	64
FIGURA 9.	Índices anuales de los vectores regionales de datos de temperaturas máximas	65
FIGURA 10.	Índices anuales de los vectores regionales de datos completados de temperaturas máximas	65
FIGURA 11.	Índices anuales de los vectores regionales de datos originales de temperaturas medias	66
FIGURA 12.	Índices anuales de los vectores regionales datos completados y corregidos de las temperaturas medias	66
FIGURA 13.	Series de datos originales y completados de las temperaturas mínimas	67
FIGURA 14.	Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas máximas, medias y mínimas, mediante los test paramétricos y no paramétricos, estaciones del grupo n°1, (1966-2012)	69
FIGURA 15.	Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas máximas medias y mínimas, mediante los test paramétricos y no paramétricos, estaciones del grupo n°2, (1966-2012)	70
FIGURA 16.	Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas, mediante los test paramétricos y no paramétricos, (1966-2012)	71
FIGURA 17.	Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas mediante los test paramétricos y no paramétricos, (1966-2012)	72
FIGURA 18.	Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas, mediante los test paramétricos y no paramétricos, (1966-2012)	72

FIGURA 19. Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas, mediante los test paramétricos y no paramétricos, (1966-2012)	73
FIGURA 20. Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas, mediante los test paramétricos y no paramétricos, (1966-2012)	74
FIGURA 21. Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas, mediante los test paramétricos y no paramétricos, (1966-2012)	74
FIGURA 22. Diagrama de doble masa de las precipitaciones anuales respecto al promedio - grupo n° 1	86
FIGURA 23. Diagrama de doble masa de las precipitaciones anuales respecto al promedio - grupo n° 3	88
FIGURA 24. Resumen del análisis de tendencias de precipitación mensual y anual, mediante los test paramétricos y no paramétricos, estaciones estudiadas (1966-2012)	90
FIGURA 25. Resumen del análisis de tendencias de precipitación mensual y anual, mediante los test paramétricos y no paramétricos, estaciones estudiadas, 1966-2012	91
FIGURA 26. Resumen del análisis de tendencias de precipitación mensual y anual, mediante los test paramétricos y no paramétricos, estaciones estudiadas, 1966-2012	92
FIGURA 27. Precipitación total y tendencias de rendimiento de cultivos del haba en la cuenca del río Ramis	104

Introducción

La Tierra ha experimentado cambios durante toda su existencia. Sin embargo, en los últimos años, se ha podido evidenciar que estas variaciones se han acelerado, debido, en principio, a la intervención de los seres humanos, quienes han ocasionado un aumento en los gases de efecto invernadero. Precisamente, estos son los que provocan “cambios duraderos en el clima, incrementando la aparición de eventos extremos”¹. Esto quiere decir que la responsabilidad de la situación en la que se encuentra el planeta proviene del propio accionar de la humanidad, la cual se encuentra en la necesidad de asumir un compromiso frente a esto.

Así mismo, dentro de este contexto de cambios constantes del clima, se desarrolla la actividad agrícola, la cual es sumamente importante, puesto que “califica entre las actividades más antiguas de la especie humana con origen en la prehistoria, siendo actualmente un sector económico indispensable y fundamental en la alimentación mundial”². De este modo, se entiende que la agricultura no solo manifiesta su importancia en el sentido en que provee de ganancias económicas a quienes la desarrollan, sino que es a partir de ella que se extraen los alimentos que los seres humanos necesitan para subsistir.

Además, la agricultura se desarrolla no solo de manera tradicional, sino también de forma industrial. Esta práctica agrícola responde a la necesidad de una gran cantidad de personas por obtener productos capaces de satisfacer sus necesidades alimentarias. Sin embargo, el desarrollo de esta actividad se ha enfocado, en muchos casos, en los “monocultivos de gran escala, reduciendo peligrosamente la diversidad genética presente en los sistemas agrícolas globales”³. De esta manera se evidencia que el enfoque de la agricultura industrial tradicional vulnera otras esferas de producción; sin embargo, no es este el único problema. La agricultura a gran escala implica el uso de agentes contaminantes como plaguicidas, los cuales no solo producen daño a los cultivos, a la tierra,

-
- 1 PATRICIA MARCOS GARCÍA y MANUEL PULIDO VELÁZQUEZ. “Cambio climático y planificación hidrológica: ¿es adecuado asumir un porcentaje único de reducción de aportaciones para toda la demarcación?”, en *Ingeniería del Agua*, vol. 21, n.º 1, 2017, disponible en [<https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/6361/7226>], p. 36.
 - 2 SEBASTIANA DEL MONSERRATE RUIZ CEDEÑO. “De la agricultura arcaica al agronegocio y los modelos asociativos. Su impacto social”, en *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, vol. 4, n.º 2, 2015, disponible en [<http://jaesnet.com/vol-4-no-2-december-2015-abstract-16-jaes>], p. 137.
 - 3 MIGUEL ALTIERI y CLARA NICHOLLS. “Agroecología y cambio climático: ¿adaptación o transformación?”, en *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 52, n.º 2, 2018, disponible en [<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/10596>], p. 238.

a las aguas subterráneas y a los ecosistemas que se desarrollan alrededor, sino que también la emisión de sus agentes tóxicos contaminan el aire y aumentan la producción de gases de efecto invernadero, lo cual retiene la radiación y forma una capa que produce el aumento de la temperatura⁴.

En el caso de Perú, el impacto del cambio climático sobre la agricultura es heterogéneo, puesto que dentro del territorio se evidencian diversos microclimas, los cuales determinan los efectos que suelen recibir. Así mismo, la región altiplánica es considerada como una zona sensible al cambio climático, debido a que “afecta a la zona desde la atmósfera, con lluvias, granizadas, heladas; caracterizando un clima frío y semiseco, con una temperatura promedio anual de 8 °C”⁵. Por lo tanto, es un territorio donde la producción agrícola responde a los eventos climáticos, de manera que se debe procurar que sean estables para evitar complicaciones.

El desarrollo de una agricultura que vela por el mantenimiento del equilibrio del medioambiente, así como también por la conservación de los recursos tanto renovables como no renovables, permite evitar que se continúe propagando la contaminación. Bajo este punto de vista, resulta fundamental “su esencia como un sistema agrícola que respeta la naturaleza, que es amigable con el ambiente y que cuida los recursos naturales y la salud de los seres vivos”⁶. Por tanto, se determina que la agricultura como actividad de producción de los recursos que los seres humanos necesitan para subsistir, debe procurar el desenvolvimiento natural del medioambiente, a fin de garantizar el respeto por la preservación de los demás seres vivos. El ser humano debe buscar optar por una agricultura sostenible, la misma que debe regirse bajo los principios del respeto y la responsabilidad en cuanto al manejo de los territorios donde se realiza la labor agrícola.

-
- 4 RUBÉN PANERO MARTÍNEZ. “Sistema de guiado, navegación y control para vehículo eléctrico mediante el uso de sistemas de navegación GNSS y técnicas borrosas” (tesis de pregrado), Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, 2017, disponible en [<http://oa.upm.es/50398/>].
 - 5 FREDDY CARRASCO CHOQUE. “Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli, periodo 1997 – 2014”, en *Comunicación: Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo*, vol. 7, n.º 2, 2016, pp. 38 a 47, disponible en [<https://www.comunicacionunap.com/index.php/rev/article/view/109>].
 - 6 J. REFUGIO PÉREZ SÁNCHEZ. “Agricultura ecológica y mercado alternativo en el estado de Tlaxcala, México”, en *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 1, 2015, disponible en [<https://www.redalyc.org/pdf/2631/263139243048.pdf>], p. 365.

Agricultura: nociones y fundamentos

El sistema agrícola se originó “hace aproximadamente unos diez mil años, cuando los grupos humanos prehistóricos domesticaron las primeras plantas, inventaron las primeras herramientas y los procesos necesarios para acondicionar los terrenos y el medio donde realizaron los primeros cultivos”⁷. Desde ese momento, la agricultura se convirtió en una actividad que se desarrolla a nivel mundial. Así mismo, uno de los objetivos primordiales del sector agrícola es proveer de alimentos a la humanidad, así como también de brindar materia prima vegetal para el desarrollo de las industrias; por ejemplo, en el caso del cultivo de algodón. A su vez, se sostiene que la actividad agrícola crece en relación con la demanda de productos de este tipo; así, a mayor cantidad de personas, mayor necesidad de lo que la agricultura es capaz de ofrecer⁸. De este modo, cabe mencionar que la agricultura

7 SANDRA NOEMÍ JUÁREZ VELAZCO. “Investigación y análisis de proyecto estratégico de agricultura protegida, en la ribera del río Hondo, Othón P. Blanco Quintana Roo” (tesis de licenciatura), Chetumal, México, Universidad de Quintana Roo, 2018, disponible en [<http://risisbi.uqroo.mx/handle/20.500.12249/2303>], p. 19.

8 JUAN JOSÉ CASTELLÓN GÓMEZ, ROBERTO BERNAL MUÑOZ y MARÍA DE

es muy importante porque proporciona productos que constituyen el sustento alimentario de los habitantes del planeta.

I. NOCIONES DE AGRICULTURA

Desde hace miles de años, la agricultura se ha convertido en una actividad que procura el sustento de la humanidad en el aspecto alimentario. Del mismo modo, el impulso de la agricultura garantiza el abastecimiento de alimentos en todo el mundo. La gran demanda de productos de origen vegetal ha propiciado el crecimiento de la industria agrícola, por lo cual este sector se ha visto en la necesidad de implementar pautas para realizar una labor cada vez más eficaz y que beneficie a la mayor cantidad de personas.

Se estima que la agricultura surgió como necesidad de aplacar el hambre, debido a que las actividades que solían ser el sustento de los seres humanos de esa época comenzaron a sufrir una disminución producida, probablemente, por el aumento de la población alrededor del mundo. Se entiende, de esta manera, que la agricultura surgió como una práctica complementaria de las que, hasta ese momento, eran las más comunes. De este modo, se optó por la búsqueda de terrenos capaces de soportar de manera permanente, la siembra y cosecha de productos considerados como de primera necesidad. Por lo tanto, es comprensible que el ser humano haya optado por dejar de lado la costumbre, tal vez más sencilla, de extraer los alimentos de forma directa de la naturaleza, por un estilo de vida que implica ejercicios más dinámicos⁹. Además, esto se sustenta en lo expresado por CASAS *et al.*, quienes señalaron lo siguiente:

El aumento de la biomasa humana se correlaciona significativamente con el decremento de la biomasa de la megafauna de mamíferos hasta hace 12.000 años, lo que sugiere

LOURDES HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ. “Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala”, en *Ingeniería. Revista Académica de la Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Yucatán*, vol. 19, n.º 1, 2015, pp. 39 a 50, disponible en [<https://www.revista.ingenieria.uady.mx/ojs/index.php/ingenieria/article/view/13>].

9 RUIZ CEDEÑO. “De la agricultura arcaica al agronegocio y los modelos asociativos. Su impacto social”, cit.

fuertemente una relación entre la extinción de megafauna y la cacería, llevada a cabo por los seres humanos [...] La agricultura [...] es el resultado del manejo de los ecosistemas (la domesticación del paisaje) que tiene varias decenas de miles de años de antigüedad, y el manejo de la diversidad genética [...] la [agricultura] más antigua es quizás de alrededor de 11.000 años¹⁰.

A partir de lo expuesto en la cita, se puede entender que fue precisamente la mano del hombre la que llevó a la necesidad de contar con una práctica que resulte ser satisfactoria para sus necesidades de alimentación, las cuales se vieron amenazadas en vista de que la fuente de alimentos primigenia, es decir, las presas de caza, se habían reducido de forma drástica, en comparación con lo que solían contar las generaciones anteriores. Así pues, la agricultura fue vista como una alternativa para el sustento de la humanidad en la lucha por la supervivencia.

De acuerdo con SÁNCHEZ¹¹, la agricultura suele ser una práctica activa dentro de las comunidades donde constituye el sustento de las personas, no solo porque es importante para satisfacer sus necesidades de alimentación, sino también porque es el sustento económico de muchas familias que se dedican a esta actividad. Así mismo, ARDISANA *et al.*¹² sostuvieron que, dentro del territorio sudamericano, la agricultura es muy importante, puesto que es considerada como una práctica fundamental que otorga productos alimenticios tanto para las personas que viven dentro de un determinado territorio, como para el sector encargado de la exportación.

10 ALEJANDRO CASAS, JUAN TORRES GUEVARA y FABIOLA PARRA (eds.). *Domesticación en el continente americano. Volumen 1: Manejo de biodiversidad y evolución dirigida por las culturas del nuevo mundo*, México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016, pp. 191 y 192.

11 MARIO E. SÁNCHEZ DÁVILA. “Comprender la agricultura en los Andes Peruanos: religión en la comunidad de Yanque (Caylloma, Arequipa)”, en *Revista Peruana de Antropología*, vol. 2, n.º 3, 2017, pp. 9 a 19, disponible en [<http://www.revistaperuanadeantropologia.com/wp-content/uploads/2017/12/ART-1-5.pdf>].

12 EDUARDO HÉCTOR ARDISANA, BÁRBARA MILLET GAÍNZA, ANTONIO TORRES GARCÍA y OSVALDO FOSADO TÉLLEZ. “Agricultura en Sudamérica: la huella ecológica y el futuro de la producción agrícola”, en *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades Chakiñan*, n.º 5, 2018, pp. 90 a 101, disponible en [<https://chakinan.unach.edu.ec/index.php/chakinan/article/view/174>].

Por su parte, ARGOTA y ARGOTA¹³ sostuvieron que la agricultura, en el ámbito económico, es un sector sólido, puesto que se encarga de satisfacer una necesidad primordial del ser humano: la alimentación. Además de lo económico, esta actividad suele presentar características que tienen relación con lo social, debido a que está dirigida a cada una de las personas, ya sea a nivel de la comunidad, a nivel nacional o internacional; a su vez, se relaciona con lo técnico, porque requiere de una serie de procedimientos para que se lleve a cabo de manera prudente; y, sobre todo, se vincula con lo natural, puesto que implica la extracción de productos brindados por la naturaleza.

II. TIPOS DE AGRICULTURA

La actividad agrícola es desarrollada a gran escala, debido al alcance global con el que goza, puesto que el ser humano necesita alimentarse para poder subsistir. Dicho esto, es importante saber que la agricultura no se desarrolla de una sola manera, sino que puede ser tipificada, de acuerdo con parámetros que establecen su denominación. Así, se pueden determinar los siguientes tipos de agricultura.

Por un lado, se presenta la agricultura familiar, la cual, según la Federación de Organizaciones Nucleadas de la Agricultura Familiar -FONAF-, citada por FEITO, viene a ser “un recurso significativo en la estrategia de vida de la familia, la cual aporta la fracción predominante de la fuerza de trabajo utilizada en la explotación. Y la producción se dirige tanto al autoconsumo como al mercado”¹⁴. Así mismo, según sostuvieron ROMÁN y DA GRACA, este tipo de economía se caracteriza por tener como prioridad “la fuerza de trabajo familiar, con acceso limitado a recursos de tierra y capital, así como uso de múltiples estrategias de supervivencia y de generación de ingresos”¹⁵. Así, este tipo

-
- 13 YADIRA ARGOTA PÉREZ y GEORGE ARGOTA PÉREZ. “La gestión de la comunicación institucional a través de un modelo de gestión estratégica organizacional”. Caso: Sector Agropecuario Santiaguero”, en *Razón y Palabra*, n.º 92, 2015, pp. 1 a 19, disponible en [<https://www.redalyc.org/pdf/1995/199543036022.pdf>].
- 14 FONAF, cit. en MARIA CAROLINA FEITO. “Aportes para una ley nacional: rol de la agricultura familiar para el desarrollo rural argentino”, en *Revista Márgenes*, vol. 13, n.º 18, 2016, disponible en [<https://revistas.uv.cl/index.php/margenes/article/view/1029>], p. 62.
- 15 JESSICA JOHANA ROMÁN TORRES y NURY KATHERINE DA GRACA VEGA.

de agricultura presenta, como característica principal, la ayuda que proporciona cada uno de los integrantes de la familia dedicados no solo a la producción, sino también a la gestión de los recursos agrícolas. Dichos autores mencionaron que existen tres tipos de agricultura familiar: en primer lugar, se considera como *de subsistencia* -AFS- a aquella que se encuentra en un estado vulnerable debido a la falta de herramientas y recursos en general para poder sostenerla; en segundo lugar, se menciona la que se encuentra *en transición* -AFT-, es decir, aquella cuyo acceso crediticio y mercantil se encuentran limitados, sin embargo, cuenta con recursos y técnicas para el autoconsumo y la venta; también consideran la de tipo *consolidada* -AFC-, es decir, la que cuenta con el potencial para la superación de la pobreza a nivel rural, puesto que presenta gran cantidad de recursos y elementos, en general, capaces de brindarle gran potencial a nivel de producción.

Por otro lado, CONSTANTE y GORDÓN¹⁶ definieron diversos tipos de agricultura. En primer lugar, de acuerdo con la dependencia del agua, se puede clasificar en *de seco*, cuando el riego no es llevado a cabo por agricultores, sino de manera natural, es decir, por la humedad del suelo, por las lluvias, entre otros; así mismo, se denomina agricultura *de regadío* a aquella que es desarrollada por intervención humana, esto es, por canales, acequias, entre otros. En segundo lugar, de acuerdo con el alcance de los productos, se puede considerar, por un lado, como *de subsistencia*, cuando va dirigida solo a un grupo pequeño de personas; en cambio, cuando muestra una magnitud que hace posible su comercialización a distintas zonas, se denomina *industrial*. En tercer lugar, según su rendimiento y la utilidad de recursos en la actividad agrícola es considerada, por un lado, como *intensiva*, cuando se pretende abarcar una gran producción en un espacio limitado que puede llegar a dañarse sin dificultad; por otro lado, es *extensiva* cuando la amplitud del terreno permite que el suelo resista la práctica

“Modelo de agricultura familiar urbano como estrategia de integración social y desarrollo sustentable en la institución agrícola Guacavía” (tesis de pregrado), Villavicencio, Colombia, Universidad Santo Tomás, 2019, disponible en [<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/16698>], p. 24.

16 PATRICIA NATALY CONSTANTE PRÓCEL y ANDRÉS MARCELO GORDÓN GARCÉS. “Diseño e implementación de un sistema de visión artificial para clasificación de al menos tres tipos de frutas” (tesis de maestría), Quito, Escuela Politécnica Nacional, 2015, disponible en [<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11368>].

agrícola. Por último, de acuerdo con el método y los objetivos de la agricultura, puede ser considerada como *tradicional*, cuando es desarrollada en base a objetos que son originarios de la comunidad donde se realiza; a su vez, se denomina agricultura *industrial* a aquella que suele producir gran cantidad de productos en un tiempo y espacio que resultan limitados; además, se considera como agricultura *ecológica* a aquella que busca preservar la fertilidad del territorio donde se lleva a cabo la actividad agrícola, así como también trata de mantener sus cualidades ecológicas, de modo tal que los impactos negativos se desarrollen en menor medida.

De la misma manera, COLOMA¹⁷ manifestó que la denominación de la agricultura ecológica puede ser también la de orgánica, la cual surgió a partir de la necesidad de generar una actividad sostenible, que busque la conservación de las propiedades del suelo, en beneficio de procurar la supervivencia de los organismos que la naturaleza requiere para mantener el equilibrio. La agricultura orgánica presenta ciertas ventajas, las cuales, según MAMANI, citado por COLOMA, son las siguientes: en primer lugar, la calidad y la fertilidad de la tierra aumentan; en segundo lugar, evita, en lo posible, que el agua se escurra de manera superficial; en tercer lugar, se evidencia el aumento en el rendimiento de las plantas en cuanto a su distribución por hectárea; “estimulan el ciclo vegetativo de las plantas”¹⁸; además, las plantas aumentan la absorción de nutrientes, puesto que presentan “un mayor desarrollo en el volumen del sistema radical”¹⁹. Por lo tanto, este tipo de agricultura muestra aportes en cuanto al equilibrio del medioambiente, a fin de procurar su conservación y, así, alcanzar beneficios a gran escala.

Por otro lado, de acuerdo con BEDÓN, se puede indicar la existencia de otro tipo de agricultura: la *hidropónica*, la cual puede funcionar como alternativa ante la falta de espacios para realizar la actividad. De este modo, no requiere del suelo para desarrollarse, sino que en su lugar se puede utilizar medios alternativos, tales como “la grava,

17 RENATO ELOY COLOMA PANATA. “Evaluación del comportamiento forrajero de la *brachiaria decumbens* (pasto dalis), con la aplicación de diferentes niveles de micorrizas y una base estándar de abono orgánico” (tesis de pregrado), Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015, disponible en [<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5195>].

18 EVARISTO MAMANI, cit. en *ibíd.*, p. 10.

19 *Ídem.*

vermiculita, piedra pómez o serrín, a los cuales se les añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales necesarios por la planta para su normal crecimiento y desarrollo”²⁰. Se puede notar, entonces, que la agricultura hidropónica funciona como alternativa ante la problemática que constituye la falta de suelos, que es una dificultad que va en aumento, debido a la explotación que los mismos reciben y cuya actividad ha desembocado, en su mayoría, en la infertilidad de los terrenos²¹.

III. IMPORTANCIA DE LA AGRICULTURA

La agricultura es vista como una actividad que otorga muchos beneficios para diversos sectores de la sociedad, puesto que, además de proveer de productos alimenticios a las personas, constituye una de las actividades fundamentales en la economía de gran cantidad de comunidades y países que se enfocan en la actividad agrícola. Además, se comporta como base de la industria alimentaria, la cual goza de una amplia demanda.

A nivel general, CARPIO destacó que la importancia de la agricultura radica en que se trata de una actividad productiva, a partir de la cual el ser humano obtiene los:

Alimentos necesarios para su existencia, a través del uso de múltiples herramientas de manejo para controlar sus sembríos, con el objetivo de optimizar el nivel de producción, y reducir los riesgos que implica dicho proceso, por tal razón se requiere del estudio de factores externos que influyen durante la etapa de sembrío y desarrollo de las plantaciones, como el clima, y mercado, que son aspectos determinantes

20 ALAN RANDY BEDÓN ÁLVAREZ. “Productos gastronómicos a base de tomate riñón hidropónico en la ciudad de Latacunga” (tesis de pregrado), Ambato, Ecuador, Universidad Regional Autónoma de los Andes, 2016, disponible en [<https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/5247>], p. 9.

21 MIRSA ISABEL TORRE PILLPA y PATRICIA DENIS RIVAS AQUINO. “Análisis temporal de la pérdida de cobertura vegetal mediante teledetección en el distrito de Satipo-Satipo-Junín, durante los años 2015 - 2018” (tesis de pregrado), Lima, Universidad César Vallejo, 2019, disponible en [<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39901>].

por lo imprevisibles que son, además es de vital importancia estar a la vanguardia de las herramientas tecnológicas necesarias para el desarrollo del sector agrícola²².

Como se pudo notar, la agricultura es necesaria como recurso para conseguir los alimentos necesarios para la supervivencia de la humanidad. Además, la actividad agrícola requiere de pautas que garanticen una mayor productividad, pero siempre procurando que sea sostenible y de provecho para la mayor cantidad de personas. A fin de obtener mejores resultados, se requiere de estudios adecuados para garantizar su desenvolvimiento de manera pertinente.

En cuanto a lo económico, se dice que la agricultura es importante porque “constituye el motor de las economías rurales, suponiendo la principal fuente de renta y de creación de empleo, y que, además, sirve de sustento a otros sectores económicos como pueden ser el turismo, el comercio o el sector agroalimentario”²³. Como se puede apreciar, la agricultura constituye un soporte en la economía, puesto que funciona como un sector transversal, es decir, tiene relación también con otros rubros. Además, otro de los beneficios de esta índole se encuentra en que tanto los agricultores que responden al sector pequeño, como los medianos y los grandes, pueden apoyarse de estrategias que les permitan obtener utilidades; de este modo, se aprovechará la ventaja global con la que cuenta la agricultura para ver crecer sus negocios²⁴.

Por otro lado, la importancia de la agricultura y su desarrollo adecuado radica en que, con el paso de los años, la población aumenta; esto trae como consecuencia la necesidad de producir mayor cantidad de alimentos que puedan mantener la calidad de vida de las personas. Por lo tanto, el uso adecuado de las técnicas agrícolas va a garantizar no solo que la producción aumente, sino también que logre ser establecida de forma tal que los terrenos destinados a esta actividad estén

-
- 22 LISI KATHERINE CARPIO SANTOS. “El uso de la tecnología en la agricultura”, en *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, vol. 2, n.º 14, 2018, disponible en [<http://www.journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/70>], p. 25.
- 23 NEREA GIL CASAS. “La nueva política agraria común (PAC) de la Unión Europea”, en *Derecho y Cambio Social*, año 12, n.º 42, 2015, disponible en [<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5456405>], p. 2.
- 24 PEDRO BARRIENTOS FELIPA. “La agricultura peruana y su capacidad de competir en el mercado internacional”, en *Equidad y Desarrollo*, n.º 32, 2018, pp. 142 a 179.

siempre disponibles para ello, y así, no se llegue a una falta de tierra para desempeñar esta actividad tan importante para la supervivencia tanto del ser humano como de muchas otras especies que dependen de la agricultura como fuente para su alimentación²⁵.

IV. SECTOR AGRÍCOLA Y LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Resulta coherente pensar que la agricultura es una actividad que se relaciona con el medioambiente, puesto que comprende la producción y extracción de recursos naturales. Esto quiere decir que los efectos que lleguen a ejercer sobre el entorno ambiental mostrarán un impacto relacionado con los otros elementos naturales, así como también con los fenómenos climatológicos. Según MEZA, “en términos fisiológicos, los cultivos establecen relaciones de intercambio de materia y energía con su entorno y se ven expuestos a fluctuaciones meteorológicas por períodos considerables de tiempo”²⁶. Por ello, es necesario evaluar de qué manera se comporta el sector agrícola, así como las repercusiones que pueda manifestar el clima sobre la agricultura.

Por su parte, LÓPEZ y HERNÁNDEZ²⁷ sostuvieron que el cambio de clima se asocia con los efectos que producen los agentes contaminantes, es decir, el efecto invernadero. Dichos cambios producen que la agricultura deba tomar decisiones que la ayuden a adaptarse. A pesar de ello, se corre el riesgo de que el sector agrícola se vea afectado en

-
- 25 EDUARDO CHILON CAMACHO. “La agricultura, fuentes de origen y diferencias entre los conocimientos occidentales y no occidental Andino”, en *Apthapi*, vol. 4, n.º 3, 2018, pp. 1.334 a 1.364, disponible en [<http://ojs.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/265>].
- 26 FRANCISCO MEZA. *Estimación de costos asociados a la seguridad hídrica en la agricultura como medida de adaptación al cambio climático en Chile: un estudio en el contexto del Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario*, Santiago de Chile, Naciones Unidas, 2017, disponible en [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41783/1/S1700478_es.pdf], p. 9.
- 27 ALEJANDRO J. LÓPEZ FELDMAN y DANAE HERNÁNDEZ CORTÉS. “Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina”, en *El Trimestre Económico*, vol. 83, n.º 332, 2016, pp. 459 a 496, disponible en [<https://www.eltrimestreeconomico.com.mx/index.php/te/article/view/231>].

cuanto al abastecimiento de los alimentos, y a su vez, en lo económico, puesto que pueden mostrar un incremento.

Así mismo, de acuerdo con NICHOLLS *et al.*, en el último informe de 2014 brindado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, se sostuvo que:

El cambio y la variabilidad del clima impactará sobre la producción de alimentos y fibra a nivel global debido a los efectos sobre el crecimiento y rendimiento de los niveles elevados de CO₂, las temperaturas más altas, la alteración de las precipitaciones y de los regímenes de transpiración y el aumento en la frecuencia de eventos extremos, así como el cambio en la presión ejercida por malezas, plagas y patógenos²⁸.

Se muestra que el cambio climático incide en la actividad agrícola, debido a los efectos que produce no solo la variación de la temperatura, sino también el efecto invernadero que propicia eventos relacionados con la propagación de agentes que constituyen diversos tipos de males en la producción de los alimentos. Además, se prevé una escasez producida por los impactos del clima sobre la agricultura, así como también una inestabilidad en la sociedad producida por la falta de alimentos. Por ello, es importante adoptar medidas que procuren desarrollar la actividad agrícola con cautela, además de tomar precauciones para evitar situaciones catastróficas.

Algunos otros efectos que el cambio climático suele evidenciar en la agricultura, según MEZA²⁹, son los siguientes: se presenta un descenso en la productividad y variaciones en los patrones de tipo fenológico de los productos agrícolas, esto debido a que la temperatura se intensifica; otro efecto producido consiste en la pérdida de terrenos destinados para la agricultura; todo ello sucede, incluso, a pesar de los recursos tecnológicos con los que se cuenta. Por lo tanto, es evidente que el clima y sus variaciones, en definitiva, afectan los terrenos de cultivo y, con ello, los alimentos que los seres humanos y otros requieren para su supervivencia.

28 CLARA INÉS NICHOLLS, ALEJANDRO HENAO y MIGUEL ANGEL ALTIERI. "Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático", en *Agroecología*, vol. 10, n.º 1, 2015, disponible en [<https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300711>], p. 8.

29 MEZA. *Estimación de costos asociados a la seguridad hídrica en la agricultura como medida de adaptación al cambio climático en Chile...*, cit.

V. AGRICULTURA SOSTENIBLE

Es evidente que el clima puede facilitar o, por el contrario, ocasionar efectos adversos en el desarrollo del sector agrícola. Sin embargo, la agricultura puede producir impactos sobre el medioambiente, en vista de la relación que guardan entre sí, puesto que el suelo viene a ser un espacio donde se sostienen diversos ecosistemas. Así mismo, es importante tomar el suelo como un aspecto sumamente importante porque es allí donde se desarrolla la agricultura; por lo tanto, se debe buscar que se mantenga saludable, en tanto que se procure “el mantenimiento continuo de su capacidad funcional como un sistema vivo, que conserva la calidad de sus componentes y promueve la salud ambiental”³⁰. De esta manera, se busca mantener un equilibrio en su desarrollo, a fin de que garantizar el establecimiento de pautas que permitan una agricultura sostenible.

En primer lugar, “en el desarrollo sostenible de la agricultura moderna, la utilización de microorganismos para el manejo de plagas y enfermedades constituye una alternativa viable para asegurar la producción de alimentos sanos”³¹. Como se puede observar, el uso de plaguicidas, el cual es nocivo y costoso, puede ser alternado por recursos que la propia naturaleza brinda; así, los microorganismos representan una fuente ecológica del cuidado de la agricultura. Un ejemplo de ello viene a ser la microbiota, cuya función es la de “mantener la productividad, diversidad y estructura de las comunidades vegetales en el planeta [...] puesto que actúa como una proveedora de nutrientes que son absorbidos por las plantas”³².

Tal como lo señalaron RIZO *et al.*, los aportes de una agricultura sostenible pueden ser las que se expresan a continuación:

-
- 30 CECILIA M. CREUS. “Inoculantes microbianos: piezas de un rompecabezas que aún requiere ser ensamblado”, en *Revista Argentina de Microbiología*, vol. 49, n.º 3, 2017, p. 207.
- 31 BARBARITA COMPANIONI GONZÁLEZ, GRISEL DOMÍNGUEZ ARIZMENDI y RÓMULO GARCÍA VELASCO. “Trichoderma: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura”, en *Biotecnología Vegetal*, vol. 19, n.º 4, 2019, disponible en [<http://scielo.sld.cu/pdf/bvg/v19n4/2074-8647-bvg-19-04-237.pdf>], p. 238.
- 32 LINA PAOLA GARZÓN. “Importancia de las micorrizas arbusculares (ma) para un uso sostenible del suelo en la Amazonía colombiana”, en *Luna Azul*, n.º 42, 2016, disponible en [<http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n42/n42a14.pdf>], p. 218.

En lo social, si se producen alimentos nutritivos e inocuos a precios razonables, se generan empleos, se reducen los riesgos en la salud y la pobreza; en lo ambiental: si se usan eficientemente los recursos renovables y no renovables, disminuyen las pérdidas de agroquímicos por percolación, volatilización y erosión, se mantiene o mejora la calidad del suelo y se minimiza el riesgo de contaminación de aguas y las emisiones de gases de invernadero a la atmósfera [...]; en lo económico, si se genera riqueza y se promueve el comercio de alimentos³³.

Como se pudo observar, los beneficios que manifiesta la agricultura sostenible se asocian con la perspectiva ambiental, en relación con otros aspectos de interés mundial, como son la pobreza, el hambre, la salud, entre otros, los cuales, garantizan la estabilidad ecológica y social. Es evidente, procurar el desarrollo de una agricultura cuyo desenvolvimiento, en lugar de afectar a la comunidad, le otorgue solo efectos positivos, demuestra el compromiso de las entidades y personas responsables de dicha actividad a nivel internacional, nacional y local.

Así mismo, el desarrollo de una agricultura sostenible también está relacionada con los objetivos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura, la cual, de acuerdo con la meta 12.3 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, requiere la disminución, en un 50%, del “desperdicio de alimentos per cápita mundial en la venta al por menor y a nivel de los consumidores y reducir la pérdida de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha”³⁴. Por lo tanto, el desarrollo de una agricultura sostenible tiene como fin procurar el bienestar no solo del medioambiente, sino también de la sociedad en general, cuya problemática se encuentra, en cierta medida, en el hambre producida por la falta de recursos, la cual puede ser superada si se maneja la agricultura de manera adecuada.

33 MIRIELA RIZO MUSTELIER, DANIEL RAFAEL VUELTA LORENZO y ANA MARÍA LORENZO GARCÍA. “Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad”, en *Ciencia en su PC*, n.º 2, 2017, disponible en [<https://www.redalyc.org/pdf/1813/181351615008.pdf>], p. 111.

34 ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos*, Roma, FAO, 2019, disponible en [<http://www.fao.org/3/ca603oes/ca603oes.pdf>], p. 12.

Epistemología ambiental: principios y criterios

El medioambiente es el entorno donde se desenvuelven los seres bióticos y abióticos, además, “establece el conjunto de las condiciones que permiten la existencia y la reproducción de la vida en el planeta”³⁵. El ser humano es responsable del desarrollo sostenible de los ecosistemas, puesto que con frecuencia hace uso constante de los recursos naturales. La importancia de proteger el medioambiente radica en que cada uno de los seres que componen el planeta posee un determinado propósito y garantiza el equilibrio y la preservación de los entornos naturales. Así, el mundo se relaciona con los seres humanos “y la naturaleza, mediante su ser, pensamiento y acción; estas esferas están íntimamente interrelacionadas y evolucionan de acuerdo con los procesos de adaptación a los incesantes cambios que se presentan en las

35 MILTON JOSÉ PEREIRA BLANCO. “Hacia la construcción de un derecho energético ambiental como disciplina autónoma”, en *Jurídicas CUC*, vol. 12, n.º 1, 2016, disponible en [<https://revistascientificas.cuc.edu.co/index.php/juridicascuc/article/view/1121>], p. 181.

condiciones naturales”³⁶. Por ello, el compromiso de las personas debe ser garantizar la conservación de los ecosistemas, a fin de alcanzar un estado equilibrado en base a una adecuada gestión de recursos.

I. PRINCIPIOS DE LA EPISTEMOLOGÍA AMBIENTAL

El reconocimiento de una epistemología ambiental es el primer paso para entender la perspectiva filosófica que implica el medioambiente; es decir, las bases del pensamiento gnoseológico en la comprensión del equilibrio que procura la ecología. Así mismo, se entiende la presencia de una problemática ambiental, la cual debe ser analizada y se debe procurar la búsqueda de soluciones para garantizar la conservación de los ecosistemas, a pesar de la intervención constante del ser humano, cuyas actividades suelen traer consigo una serie de consecuencias de todo tipo para el planeta.

El planeta viene a ser el resultado de las asociaciones establecidas entre la naturaleza y los seres humanos. En definitiva, los enlaces entre ambos son intrínsecos, debido a que los humanos forman también parte de la naturaleza; sin embargo, debido a sus ansias de crecimiento, la humanidad se ha encargado de depredar los territorios a su paso, así como también a los seres que habitan la Tierra. Por lo tanto, la armonía en la naturaleza puede suceder, a medida que los seres humanos comprendan que su propia existencia es la consecuencia del equilibrio en el desarrollo y evolución del planeta en general, así como de todos los seres que lo habitan. Por esto, el pensamiento reflexivo, en la actualidad, genera conflictos que se pueden resumir en el siguiente enunciado: “modelo depredador capitalista o evolución, como el *ethos* de la transición civilizatoria”³⁷.

De la misma manera, de acuerdo con MARTÍNEZ³⁸, el mundo, de forma implícita, ha sido dividido en dos partes: por un lado sensible,

36 GUILLERMO TORRES CARRAL. “Reflexiones alrededor de la epistemología ambiental”, en *Revista de Estudios Sociales*, n.º 58, 2016, disponible en [<https://revistas.uniandes.edu.co/doi/10.7440/res58.2016.03>], p. 40.

37 Ídem.

38 ALEXANDER MARTÍNEZ RIVILLAS. “Elementos para una epistemología ambiental descolonial”, en *El Ágora USB*, vol. 20, n.º 1, 2020, pp. 226 a 245, disponible en [<https://revistas.usb.edu.co/index.php/Agora/article/view/4191>].

y por el otro, inteligible. Este paralelismo en la comprensión del ahora y todo lo que encierra, se ha visto propagado desde siempre por los pueblos que se han desarrollado en el planeta desde el principio de los tiempos. De hecho, nociones como los polos, el mundo de arriba y el mundo de abajo, la idea de dentro/fuera, las nociones de izquierda/derecha, e incluso la división de lo oriental con lo occidental, han devenido en una ambivalencia de la percepción que el ser humano manifiesta sobre lo que lo rodea. Entonces, una de las consecuencias de este tipo de pensamiento es precisamente, el ser y el objeto. Este nivel de entendimiento de la realidad subyace a la idea de que el ser humano puede disponer de los recursos que se encuentran en el planeta como desee, puesto que cada uno de ellos cuenta con un propósito que la humanidad puede aprovechar.

Por otro lado, GLEASON, citado por GARCÍA y DENEGRÍ, sostuvo, bajo el enfoque del “reduccionismo ontológico extremo, denominado atomismo [...] que las entidades de más bajo nivel eran fundamentales por ser los cimientos del universo, mientras que las entidades de alto nivel eran meros derivados”³⁹. Dicha perspectiva sostenía, de esta manera, que los seres que formaban parte de los ecosistemas considerados como de un bajo nivel, eran muy importantes dentro del funcionamiento de la naturaleza. Así mismo, LINDEMAN, citado por GARCÍA y DENEGRÍ, manifestó que los ecosistemas se desenvuelven a partir de un dinamismo ecológico, donde “la naturaleza estaba organizada en ecosistemas [...] que tenían un origen y un desarrollo que conducía a un estado estable o equilibrio dinámico. Estos sistemas poseían una estructura definida por una red de relaciones alimentarias entre las poblaciones de especies”⁴⁰. A su vez, las asociaciones que evidenciaban podían ser reducidas si se les asignaba una categoría bajo la noción de cadenas alimenticias.

Por lo tanto, el medioambiente se tomaba en cuenta, en primer lugar, desde una perspectiva en la que el ser humano tenía a su disposición los seres que se encuentran en la naturaleza, debido a la noción del ser/objeto. Sin embargo, con el paso del tiempo, este panorama fue

39 HENRY ALLAN GLEASON, cit. en CAROLINA I. GARCÍA CURILAF y GUILLERMO M. DENEGRÍ. “Supuestos epistemológicos y ontológicos presentes en la historia de la ecología”, en *Ecología Austral*, vol. 26, n.º 3, 2016, disponible en [http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/260], p. 224.

40 RAYMOND L. LINDEMAN, cit. en *ibíd.*, p. 225.

evolucionando hasta llegar a la noción actual que se caracteriza por considerar que cada uno de los seres que conforman el medioambiente cumple una función; por lo tanto, todos ellos, junto a sus ecosistemas, son importantes y tienen derecho a ser conservados.

II. ÉTICA MEDIOAMBIENTAL

La conservación del medioambiente ha cumplido un rol fundamental en el fomento del desarrollo sostenible del ser humano, quien, en cierta medida, ha comprendido que todos los seres que habitan el planeta son importantes porque cumplen una función dentro del equilibrio de la naturaleza. A pesar de que este aspecto no sea tenido en cuenta por todas las personas, alrededor del mundo hay mucha gente comprometida con el derecho que cada una de las especies tiene de subsistir en el planeta.

De esta manera, JONAS, citado por BURGUI, sostuvo que los seres humanos no solo están constituidos por lo físico y su desarrollo respectivo, sino que también abarcan lo moral, lo espiritual, lo ético. A propósito de ello:

Esta descripción biofilosófica de la vida incluye también a la naturaleza y su conexión indisoluble con el ser humano, tendiendo un puente que conecta la bioética y la ecoética –o ética ambiental–, en tanto pone de manifiesto el valor indiscutible de la vida frente a su ausencia. Y este valor despierta en quien lo percibe el sentimiento de responsabilidad por cuidar esa vida, humana y natural, en todas sus formas⁴¹.

La tendencia de la humanidad, entonces, debe ser la de protectora de todos los seres que conforman el planeta. Así, la naturaleza, de la cual forma parte también el ser humano, es vista como todo un mundo que merece ser preservado. Tras haber sido aprovechado por las personas, incluso más allá de los límites implícitos establecidos, a tal punto de que el ser humano llegó a convertirse en depredador del entorno na-

41 HANS JONAS, cit. en MARIO BURGUI BURGUI. "Hans Jonas: conservación de la naturaleza, conservación de la vida", en *Cuadernos de Bioética*, vol. 26, n.º 87, 2015, disponible en [<http://aebioetica.org/revistas/2015/26/87/253.pdf>], p. 254.

tural, el medioambiente debe ser respetado, puesto que todos los seres tienen derecho a subsistir porque conforman la naturaleza, al igual que la humanidad.

Así mismo, de acuerdo con MERCADO⁴², la crisis ambiental está latente; por ello, surge la necesidad de concientizar a las personas acerca de la problemática para que así, puedan asumir una ética del medioambiente que les permita hacerse responsables de su conducta frente a los otros seres. Precisamente, una de las corrientes de la ética medioambiental es la denominada ecología profunda, la cual sostiene que el ser humano debe transformar su estilo de vida para establecer relaciones más sanas con los seres de otras especies, de tal manera que pueda procurar, con mayor cuidado, su conservación.

Por lo tanto, la ética del medioambiente tiene relación con un precepto de responsabilidad, la cual procura “tanto a la salvaguarda del valor intrínseco que poseen la naturaleza, las plantas o los animales, como también a la protección del derecho humano a un medio ambiente equilibrado”⁴³. Así, la ética se encarga de establecer los principios que deben regir como normas para los seres humanos, los cuales deben tomar conciencia acerca de la importancia de los entes que habitan el planeta, así como de la protección que merecen y los derechos que los amparan, establecidos dentro de las leyes de cada país que reconoce la importancia de la naturaleza y la interacción sostenible que el ser humano debe mantener con ella.

III. PERSPECTIVAS SOBRE EL MEDIOAMBIENTE

El entorno que abarca cada rincón del planeta es reconocido como ambiente. Las montañas, las playas, los ríos, los bosques, los campos, es decir, todo lo que abarca la naturaleza, actúan de forma paralela para garantizar la armonía en la supervivencia de los seres de la Tierra. Los estrechos lazos que guardan entre sí han otorgado las características que, en la actualidad, posee el medioambiente.

42 RAÚL MERCADO PÉREZ. “El cuidado del medio ambiente, una cuestión ética”, en *Sincronía*, n.º 69, 2016, pp. 20 a 31, disponible en [<https://www.redalyc.org/pdf/5138/513854326002.pdf>].

43 MANUEL APARICIO PAYÁ. “Vulnerabilidad, reconocimiento mutuo y ética ambiental”, en *Bioderecho*, n.º 8, 2018, disponible en [<https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/74024>], p. 7.

De acuerdo con CID *et al.*, el medioambiente es definido como “el sistema de factores abióticos, bióticos y socioeconómicos con los que interactúan las personas en un proceso de adaptación, transformación y utilización de este para satisfacer sus necesidades en el proceso histórico-social”⁴⁴. Se sostiene entonces, que las interrelaciones que manifiestan los seres que conforman la naturaleza son producto de pautas naturalmente establecidas, donde el hombre también adquiere responsabilidad, puesto que es un ser que forma parte de la naturaleza. Así mismo, el medioambiente le otorga al ser humano una serie de beneficios, los cuales han sido aprovechados desde siempre por la humanidad para garantizar su propia supervivencia.

Por otra parte, el medioambiente es considerado como “un sistema complicado y dinámico de interrelaciones ecológicas, socioeconómicas y culturales, que a través del tiempo va evolucionando con la sociedad, comprende la naturaleza, la sociedad en general, el patrimonio cultural, la humanidad y su creación”⁴⁵. Se entiende que el entorno ambiental consta de diversos procesos conectados, donde están involucrados tanto seres vivos como inertes. Los procesos que subyacen a todos ellos son activos; por lo tanto, se encuentran en cambios constantes.

Del mismo modo, no se puede mencionar el medioambiente sin considerar las pautas bajo las cuales debe ser administrado. Entonces, es preciso mencionar que para ello se establece una gestión medioambiental, la cual es definida como una sucesión de hechos que implica el compromiso de las entidades en beneficio del equilibrio del medioambiente y la reducción de los impactos que puedan generar las acciones del ser humano o las empresas en el transcurso del entorno ambiental⁴⁶. De esta forma, se destaca la importancia de definir los

44 ANA MARÍA CID ELORRIA, LUIS BORGES MESA, VANESSA MILAGROS PADRÓN LUGO, ORLANDO BENIGNO CASTRILLÓN ÁLVAREZ y JOSÉ RAÚL GARCÉS SIGAS. “La salud y el medio ambiente, un tema bioético”, en *Panorama Cuba y Salud*, vol. 11, n.º 3, 2016, disponible en [<https://www.redalyc.org/pdf/4773/477355399007.pdf>], p. 44.

45 AMBAR GEOVANA ARANA BARROS. “Los impuestos verdes y el medio ambiente en el Ecuador periodo 2012-2014” (tesis de pregrado), Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 2015, disponible en [<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8775>], p. 17.

46 MARÍA AGUIRRE AGUIRRE. “Gestión medioambiental de la Sección Elcano de la Facultad de Economía y Empresa (UPV/EHU): análisis y propuesta de modelo” (tesis de maestría), España, Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2019, disponible en [<http://e-spacio.uned.es/fez/view/bibliuned:master-CEE-SyRSC-Maguirre>].

lineamientos que van a permitir el desarrollo de las industrias y otros sectores sin perjudicar el desenvolvimiento de la naturaleza. Para ello, los organismos deben estar comprometidos y deseosos de encontrar la mejor manera de continuar con sus actividades y mantener el equilibrio ambiental.

Por lo tanto, el medioambiente es considerado como un entorno muy importante, puesto que en él se desarrollan los seres de la naturaleza, dentro de los cuales está incluido el ser humano. Esto quiere decir que los impactos que se produzcan dentro del ambiente serán también afrontados por la humanidad. En este sentido, se trata de tomar conciencia acerca de la preservación del medioambiente y de su importancia como medio de vida de muchas especies.

IV. PRINCIPIOS DE LA AGROECOLOGÍA

La agricultura es la actividad que actúa como fuente de alimentos, pues proporciona recursos que sirven para aplacar el hambre alrededor del mundo. Esto, en definitiva, realza su importancia; sin embargo, el terreno donde se desarrolla dicha actividad tiende a sufrir cambios que comprenden desde la absorción de los nutrientes de la tierra a menor escala hasta causar, en ciertas ocasiones, infertilidad. Cabe resaltar que este efecto generará otros en cadena, puesto que, al agotar los espacios destinados para la agricultura en un momento determinado, se buscará otros que, probablemente, sean el albergue de diversos ecosistemas. Esto generará el desplazamiento de los seres hacia otros lugares, lo cual puede ocasionar, en cierta medida, un efecto en el equilibrio del medioambiente. Por otra parte, el uso de plaguicidas y otros productos tóxicos usados en las actividades agrícolas pueden resultar nocivos para el ambiente. Este contexto requiere que se asuma un principio de ecología aplicada a la agricultura, que permita su desarrollo bajo la noción de compromiso⁴⁷.

La agroecología es entendida como una variación de la perspectiva de la agricultura en beneficio de la ecología, vista desde la socie-

47 NELE VERHULST, ISABELLE FRANÇOISE Y BRAM GOVAERTS. *Agricultura de conservación y captura de carbono en el suelo: entre el mito y la realidad del agricultor*, México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 2015, disponible en [<https://repository.cimmyt.org/handle/10883/4409?show=full>].

dad, la economía, la política y la producción como un hecho capaz de cambiar la forma en la cual ya se ha hecho costumbre una práctica agrícola, a fin de restablecer “una realidad sociocultural devastada por la producción industrial de alimentos. La agroecología genera conocimientos en lo local, construye justicia social, promueve la identidad y la cultura, y fortalece la viabilidad económica de las áreas rurales y urbanas”⁴⁸. Como se pudo apreciar, se nota la necesidad de transformar las pautas que se siguen de manera tradicional para favorecer una agricultura que asegure el equilibrio del medioambiente.

Por otra parte, es importante mencionar que la agroecología, en cuanto a sus cuestiones epistemológicas, se encuentra en proceso de consolidación, puesto que se debe definir sus implicancias y sostener de qué manera la transdisciplinariedad puede ayudar, pues es evidente que se puede trabajar en conjunto con otras disciplinas; sin embargo, se tiene que abarcar propuestas lo suficientemente sólidas como para entender de qué manera otros enfoques pueden contribuir con esta perspectiva agroecológica⁴⁹.

Así mismo, GÓMEZ *et al.* señalaron una propuesta de los principios de la agroecología, que serán vistos a continuación:

Diversificación óptima espaciotemporal intra e interespecífica; optimización del reciclaje de nutrientes; optimización de las condiciones del suelo mediante el reciclaje de materia y la preservación y aprovechamiento de su biodiversidad; preservación de suelo y agua a través del mantenimiento de la cobertura del suelo, el control de la erosión y el manejo del microclima; minimización de pérdidas de cosecha mediante el manejo integrado de control de plagas y enfermedades (IPM); aprovechamiento de las dinámicas entre los seres vivos del agroecosistema⁵⁰.

-
- 48 LA VÍA CAMPESINA. “Roma: declaración de organizaciones de productores de alimentos a pequeña escala y organizaciones de la sociedad civil”, 9 de abril de 2018, disponible en [<https://viacampesina.org/es/roma-declaracion-de-organizaciones-de-productorxs-de-alimentos-a-pequena-escala-y-organizaciones-de-la-sociedad-civil/>], párrafo 2.
- 49 LUIS FERNANDO GÓMEZ ECHEVERRI; LEONARDO RÍOS OSORIO y MARÍA LUISA ESCHENHAGEN DURÁN. “Las bases epistemológicas de la agroecología”, en *Agrociencia*, vol. 49, n.º 6, 2015, pp. 679 a 688, disponible en [<https://www.redalyc.org/pdf/302/30241188007.pdf>].
- 50 LUIS FERNANDO GÓMEZ ECHEVERRI, LEONARDO RÍOS OSORIO y MARÍA

Como se pudo observar, la propuesta de la gestión de la agricultura enfocada en la ecología permite dar cuenta de que la actividad agrícola puede verse como un ejercicio que procura mantener el equilibrio de la naturaleza en beneficio de todos. De este modo, la agricultura puede pasar de ser vista como un hecho que genera impactos, a mostrarse como una acción que, además de brindar los productos necesarios para la alimentación, representa una gestión solidaria hacia el medioambiente.

V. CIENCIAS AMBIENTALES

El ambiente abarca todo lo que nos rodea y está compuesto por los recursos renovables y no renovables que los seres necesitan para subsistir. Además, es importante cuidar sus entornos, puesto que se requiere de ellos para poder continuar con el camino de la supervivencia. Los elementos que abarca el ambiente son aprovechados por los seres que conviven en los diversos ecosistemas, quienes necesitan mantener un desarrollo equilibrado, a fin de que su medio de vida no se vea alterado, y así puedan continuar su desenvolvimiento cotidiano.

Las ciencias ambientales son definidas por URIBE como “un oficio que integra la indisolubilidad de lo epistemológico, ético y estético como dispositivos para abordar la totalidad compleja y sistémica del sistema viviente. La dimensión humana estaría presente en este esquema de modo tal, que sean visibles sus acciones”⁵¹. De esta manera, se puede señalar que las ciencias ambientales buscan ser entendidas como perspectivas acerca de lo que el ambiente significa para cada ser que compone la naturaleza; además, los humanos también se encuentran involucrados porque pertenecen al entorno ambiental, en el cual suelen dejar huellas, esto es, los efectos que produce cada una de sus actividades.

LUISA ESCHENHAGEN DURÁN. “Propuesta de unos principios generales para la ciencia de la agroecología: una reflexión”, en *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 14, n.º 2, 2017, pp. 212 a 219, disponible en [<http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/rldi/article/view/1532>], p. 215.

51 HERNANDO URIBE CASTRO. “Retos epistémicos, éticos y estéticos del campo emergente de las ciencias ambientales”, en *Sapiens Research Boletín Científico*, vol. 5, n.º 2, 2015, disponible en [<https://www.srg.com.co/bcsr/index.php/BCSR/article/view/133>], p. 6.

Así mismo, ORTIZ aseveró que estas ciencias surgieron como pauta de la educación ambiental, necesaria en estos tiempos en los que la repercusión de los efectos que produce la contaminación es cada vez más evidente; por ello, “uno de los grandes retos de la sociedad actual, es conducir y reorientar los programas existentes hacia un verdadero desarrollo sustentable, de allí la institucionalización de las ciencias ambientales para evitar el continuo deterioro ambiental”⁵². Por lo tanto, los objetivos de las ciencias ambientales apuntan a establecer pautas que garanticen el desarrollo sustentable de las diversas actividades del ser humano.

Entonces, las ciencias ambientales funcionan como un conjunto de patrones que se encargan de organizar las perspectivas que se tiene sobre el ambiente, el cual funciona como un contexto donde se desarrolla la vida de manera sostenible. Así, es primordial procurar el desarrollo de las ciencias ambientales en favor del equilibrio ambiental.

52 ARTURO ORTIZ ARISMENDY y HENRY DE JESÚS GALLARDO PÉREZ. “Las ciencias ambientales un camino hacia la sustentabilidad en la educación superior”, en *Dialéctica*, vol. 15, n.º 2, 2019, disponible en [<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/88/88837021/html/index.html>], p. 499.

Cambio climático: perspectivas teóricas

El desarrollo equilibrado del medioambiente garantiza que los recursos naturales se conserven de tal manera que los seres que conforman los ecosistemas del planeta puedan subsistir. Esto implica evitar invadir los medios naturales donde las especies se desarrollan, así como también dejar de contaminar los espacios que conforman la Tierra. Sin embargo, en los últimos años, se ha podido experimentar un acelerado proceso de contaminación, causado por diversos factores, los cuales, en su mayoría, son originados por la intervención del hombre. Los efectos de la contaminación ocasionan daño a todas las especies, incluyendo a la humana, por lo cual es urgente la toma de medidas para que dicho proceso disminuya o, en el mejor de los casos, se detenga. El cambio climático es entendido como la “variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos”⁵³. A su vez, el cambio climático cons-

tituye una de estas consecuencias, las cuales afectan, además, el modo de vida de todos los seres en distintos niveles.

I. NOCIONES SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

El estilo de vida de la humanidad produce que los cambios que, por lo general, toman un período extenso para desarrollarse, se aceleren y se produzca, así, un impacto en el clima. Tal como señaló RUIZ, citado por CAJIGAL *et al.*, “un desastre se va construyendo en y por la sociedad y solo está a la espera de una amenaza para revelarse”⁵⁴. La intensidad con la que se desarrollan los procesos de devastación influye en la manifestación de los impactos ambientales y, por ende, en el cambio climático.

El cambio climático es definido por LÓPEZ y NEIRA como “un fenómeno definido por las variaciones significativas y duraderas de los patrones locales o globales del ambiente. Este proceso está estrechamente ligado con el calentamiento del sistema climático”⁵⁵. Así mismo, es importante mencionar que el fenómeno del cambio climático comprende no solo los efectos producidos de manera natural, sino también por los impactos que el ser humano genera en el ambiente.

Una definición planteada por BURBANO es aquella que implica “una alteración climática mundial que se observa en los incrementos en el promedio global de la temperatura del aire y de los mares, en el deshielo creciente de glaciares y en el consiguiente ascenso del nivel

cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita, Norte de Santander - Colombia”, en *Revista Luna Azul*, n.º 40, 2015, disponible en [<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321733015010>], p. 129.

54 JUAN CARLOS RUIZ, cit. en ERICK CAJIGAL MOLINA, ANA LUCÍA MALDONADO GONZÁLEZ y EDGAR GONZÁLEZ GAUDIANO. “Construcción de conocimiento y creencias epistemológicas sobre cambio climático en docentes de nivel primaria. De la vulnerabilidad a la resiliencia”, en *Revista Interamericana de Educación de Adultos*, vol. 38, n.º 2, 2016, disponible en [<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457546143004>], p. 53.

55 MARÍA A. LÓPEZ LATORRE y MARCO NEIRA. “Influencia del cambio climático en la biología de *Aedes Aegypti* (Diptera: Culicidae) mosquito transmisor de arbovirosis humanas”, en *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, vol. 37, n.º 2, 2016, disponible en [<http://remcb-puce.edu.ec/remcb/article/view/2>], p. 11.

medio del mar”⁵⁶. Dichos fenómenos se ven acelerados por la intervención humana, la misma que, como se ha visto, es capaz de producir efectos que generan cambios en la naturaleza en diferentes escalas.

Por su parte, OUARIACHI *et al.* sostuvieron que el cambio climático consiste en una dificultad de gran impacto “una amenaza de carácter ambiental, social, económico, ético y político que, por sus dimensiones globales, requiere de una nueva forma de acción ciudadana a la que las próximas generaciones están llamadas a actuar”⁵⁷. De este modo, se evidencia que el cambio climático comprende también otros aspectos, los cuales, en conjunto, son capaces de establecer lineamientos que otorguen una mirada comprensiva, por parte del ser humano, a la propagación de los efectos nocivos del cambio climático.

Por lo tanto, es evidente que el cambio climático resulta ser una consecuencia tanto de aspectos naturales como de la intervención humana, los que, en conjunto producen que dicho fenómeno continúe su propagación. Sin embargo, a diferencia de las causas naturales, los efectos producidos por los humanos son los que aceleran el proceso, cuyo avance genera repercusiones en todo el planeta. Se requiere, por ello, de un avance pausado y equilibrado, de tal manera que se procure una evolución saludable del planeta.

II. ELEMENTOS DEL CLIMA

Los elementos del clima son propiedades de la atmósfera que se encargan de delimitarlo. Dicho esto, a continuación se mencionará cada uno de los componentes que lo conforman.

En primer lugar, se encuentra la temperatura, la cual consiste en el “grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados, así como a su evolución temporal y espacial en las distintas

56 HERNÁN BURBANO ORJUELA. “El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático”, en *Revista de Ciencias Agrícolas*, vol. 35, n.º 1, 2018, disponible en [<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/3925>], p. 84.

57 TANIA OUARIACHI, JOSÉ GUTIÉRREZ PÉREZ y MARÍA DOLORES OLVERA LOBO. “Criterios de evaluación de juegos en línea sobre cambio climático: aplicación del método Delphi para su identificación”, en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 22, n.º 73, 2017, disponible en [<http://www.comie.org.mx/revista/v2018/rmie/index.php/nrmie/article/view/21>], p. 446.

zonas climáticas”⁵⁸. De esta manera, gracias a la temperatura se puede definir el total de grados en los que se encuentra el ambiente. Además, es importante mencionar que la temperatura varía de acuerdo con los entornos geográficos y el tiempo en que se encuentra.

En segundo lugar, se presenta el viento, que surge debido a “las diferencias de presión y temperatura y se manifiesta como el movimiento de las masas de aire [...] que se relaciona con la evaporación, la precipitación y los fenómenos de difusión del vapor de agua, del calor y elementos contaminantes”⁵⁹. Entonces, se nota la importancia del viento en tanto que actúa como difusor del aire en el planeta.

Además, se evidencia la precipitación, que consiste en el estado en el cual el agua cae sobre la superficie terrestre. Es originada por las nubes, sin embargo, su producción depende de su tamaño, puesto que no caen a menos que lleguen a un determinado volumen, capaz de afrontar las corrientes de la atmósfera⁶⁰.

Otro elemento relevante es la humedad relativa, la cual se refiere al vapor de agua presente en el aire. Sobre este punto, es importante indicar que el aire siempre presenta humedad, puesto que contiene vapor de agua en proporciones que pueden medirse⁶¹.

Por otro lado, se presenta la evaporación, proceso por el cual el agua pasa de su estado líquido a convertirse en estado gaseoso. Así mismo, “es un fenómeno complejo que controla el intercambio de masa y energía en el sistema atmosférico global y se considera como una herramienta útil para el monitoreo del cambio de energía y transferencia de humedad del suelo a la atmósfera”⁶².

-
- 58 JHEIMMY LIZZETTE SÁNCHEZ ZAMBRANO y MAICOL ALEJANDRO ZARAZA AGUILERA. “Aplicativo web para el análisis de series de tiempo de imágenes satelitales para variables meteorológicas e índices” (tesis de especialización), Bogotá, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2019, disponible en [<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/15834>], p. 14.
- 59 CIRILO MARIO CCAIRA MAMANI. “Efecto de la temperatura y precipitación sobre la agricultura en la cuenca Coata - Puno” (tesis doctoral), Puno, Perú, Universidad Nacional del Altiplano, 2018, disponible en [<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9531>], p. 22.
- 60 SÁNCHEZ ZAMBRANO y ZARAZA AGUILERA. “Aplicativo web para el análisis de series de tiempo de imágenes satelitales para variables meteorológicas e índices”, cit.
- 61 CCAIRA MAMANI. “Efecto de la temperatura y precipitación sobre la agricultura en la cuenca Coata - Puno”, cit.
- 62 SÁNCHEZ ZAMBRANO y ZARAZA AGUILERA. “Aplicativo web para el análisis

Por último, se encuentra la radiación solar, la cual se refiere a la cantidad de energía que brinda el Sol al planeta, la cual, además, es de utilidad en el proceso de evaporación, puesto que es suficiente para que una porción mínima de agua se desvanezca⁶³.

III. FACTORES DEL CLIMA

Los factores del clima son aquellos que tienden a modificar sus elementos. Dentro de ellos, se presentan los siguientes.

En primer lugar, se encuentra la altitud, la cual viene a ser la medida en la que se encuentra la Tierra en comparación con el nivel del mar. Actúa como factor del clima porque “influye en el calentamiento de las masas de aire. A nivel del mar, se tienen las temperaturas más cálidas, y a medida que asciende, la temperatura va disminuyendo”⁶⁴. Como se pudo evidenciar, la altitud se relaciona con el clima porque la temperatura depende de ella, la misma que, a partir de sus cambios, determina también su variación.

En segundo lugar, se encuentra la latitud. Esta viene a ser “la distancia en grados que separa el paralelo que pasa por ese punto respecto del Ecuador. [Se cuenta con] la latitud a partir de un paralelo natural, el Ecuador terrestre, que divide a la Tierra por la mitad”⁶⁵. Se comporta como factor del clima porque se encarga de regular la temperatura de la Tierra, puesto que “determina la radiación incidente en el límite superior de la atmósfera a lo largo de las distintas épocas del año”⁶⁶.

sis de series de tiempo de imágenes satelitales para variables meteorológicas e índices”, cit., p. 12.

- 63 CCAIRA MAMANI. “Efecto de la temperatura y precipitación sobre la agricultura en la cuenca Coata - Puno”, cit.
- 64 ULISES MANZANILLA QUIÑONES. “Reconstrucción dendrocronológica de temperatura media y precipitación dentro del Eje Neovolcánico Transmexicano” (tesis de maestría), Morelia, México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2016, disponible en [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/1748], p. 2.
- 65 JUAN ANTONIO GARCÍA CRUZ. “La longitud: ¿qué hora es?”, en *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, vol. 100, 2019, disponible en [http://www.sinewton.org/numeros/numeros/100/Articulos_30.pdf], p. 161.
- 66 CAROLINA SANMARTINO ARIAS. “Revisión de la asociación entre la ansiedad nerviosa y el clima” (tesis de pregrado), España, Universidad de Santiago de Compostela, 2017, disponible en [<https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/16368>], p. 11.

Así mismo, otro factor es el relieve, el cual puede modificar el clima, puesto que toma en cuenta tanto la altitud como la manera en la cual se comporta con relación a los rayos del Sol y en cuanto al sentido que toma el viento⁶⁷. Por otro lado, un factor que se involucra en el desarrollo del clima es la ubicación geográfica, debido a que la temperatura varía en relación con la cercanía o lejanía de un determinado territorio con respecto a la costa. Así, si se encuentra cerca, la temperatura suele ser más cálida, de lo contrario, tiende a disminuir. “Las brisas marinas atenúan el calor durante el día y las terrestres limitan la irradiación nocturna”⁶⁸.

Por último, existe un factor importante también al que se le denomina corrientes oceánicas, puesto que “son flujos de masa forzados por procesos físicos como el viento, las mareas, aportes fluviales, gradientes termohalinos, rotura del oleaje, entre otros”⁶⁹. De este modo, el viento se encarga de movilizar el agua de temperatura cálida que llega desde el Ecuador y avanza hacia las diversas zonas marinas, lo que ocasiona cambios en el clima de las zonas cuya latitud es más alta.

IV. CALENTAMIENTO GLOBAL

Las acciones del ser humano en el medioambiente es uno de los factores que produce un aumento en la temperatura del planeta. Este es un problema que preocupa no solo a algunos, sino a entidades y ciudadanos a nivel mundial. Las consecuencias del calentamiento global no solo son consideradas como una problemática a futuro, sino que se está viviendo en la actualidad.

67 RICARDO FUENTES COVARRUBIAS, ANDRÉS GERARDO FUENTES COVARRUBIAS, JOSÉ ALFREDO CORTESQUIROZ y JONATHAN GERARDO DE JESÚS JUÁREZ. “Sistema basado en conocimiento para la predicción del clima para usos agrícolas”, en *Revista de Cómputo Aplicado*, vol. 2, n.º 8, 2018, pp. 1 a 11, disponible en [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Computo_Aplicado/vol2num8/Revista_de_Computo_Aplicado_V2_N8_1.pdf].

68 *Ibid.*, p. 4.

69 MANUELA HIGUITA SÁNCHEZ y RICARDO ANDRÉS QUINTANA BARRANCO. “Modulación de las corrientes oceánicas en el golfo de Urabá a partir de la onda de marea” (tesis de pregrado), Turbo, Colombia, Universidad de Antioquía, 2020, disponible en [<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/15302>], p. 13.

A partir de 1950, la Tierra ha experimentado un aumento en la temperatura, producto de los gases del efecto invernadero, los cuales han mostrado una elevación de la radiación que “para el 2011 fue mayor en un 43% respecto el 2005, lo que se ha traducido en un aumento de la absorción de energía en el sistema climático y se evidencia en el aumento de las temperaturas”⁷⁰. Esto demuestra que la tendencia continúa en ascenso, en comparación con años anteriores.

Así mismo, tal como sostuvo BURBANO sobre el cambio climático y el aumento de la temperatura, se muestra a continuación que:

El cambio climático global es uno de los principales problemas ambientales que enfrenta la sociedad mundial y que trae consigo el incremento de la temperatura media planetaria, como consecuencia del aumento -de origen antrópico- de los GEI, sobre todo dióxido de carbono CO₂, metano CH₄ y óxido de nitrógeno N₂O, en cuya dinámica el suelo como almacén de carbono orgánico ejerce una función clave. El efecto señalado irá creciendo en las próximas décadas y de ahí la preocupación mundial⁷¹.

De este modo, se entiende que el calentamiento global presenta causas relacionadas con las actividades del ser humano de diversos tipos; por ejemplo, las industrias, las cuales generan grandes proporciones de dióxido de carbono que se une a otros gases, considerados como de efecto invernadero e ingresan a la atmósfera. Estos fluidos son los responsables de la formación de una especie de capa que retiene la radiación producida por el Sol. Cabe destacar que dicho manto no es natural, puesto que la radiación, en realidad, debería ser absorbida por los elementos de la Tierra, tales como la flora –para la fotosíntesis–, los océanos, entre otros⁷².

70 DANIEL ELIAS CUARTAS y FABIÁN MÉNDEZ. “Cambio climático y salud: retos para Colombia”, en *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, vol. 48, n.º 4, 2016, disponible en [<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=343847934001>], p. 430.

71 BURBANO ORJUELA. “El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático”, cit., p. 84.

72 PATRICK PATERSON. “Calentamiento global y cambio climático en Sudamérica”, en *Revista Política y Estrategia*, n.º 130, 2017, pp. 153 a 188, disponible en [<https://www.politicayestrategia.cl/index.php/rpye/article/view/133>].

Los factores que suelen desencadenar el calentamiento global, como se mencionó, se originan por la intervención humana, la cual se ha encargado de colocar al planeta en una situación vulnerable hasta cierto punto, producto de acciones como la contaminación del aire, la sobrepoblación, la intensa tala de árboles, entre otros. La frecuencia con la que los seres humanos desarrollan ese tipo de acciones que transgreden la naturalidad con la cual la Tierra va evolucionando, ocasiona diversos tipos de consecuencias para todos los seres que habitan el planeta. Entre los efectos del calentamiento global, se encuentra la generación de lluvias que pueden ocasionar inundaciones, la destrucción de hábitats, el desequilibrio en el desarrollo del medioambiente, que puede generar enfermedades o acelerar el proceso de algunas de ellas, entre otros efectos que deben ser tomados en cuenta de inmediato, antes de que se desencadene una serie de fenómenos que amenacen aún más la existencia de los seres del planeta⁷³.

De la misma manera, el IPCC⁷⁴ realizó una publicación acerca del impacto que genera el calentamiento global en el planeta. En su informe, sostuvo que si se desea limitar a 1,5°C dicho proceso, se tendrán que modificar muchos aspectos en la vida del ser humano, así como también el compromiso no solo por parte de las personas comunes, sino también de las entidades que se encuentran a cargo de los países y las grandes industrias, que deben colaborar en este proceso tan complejo, pero que al parecer, aún se encuentra a tiempo de revertirse para garantizar la calidad de vida de los seres que habitan el planeta.

Por su parte, las políticas de planificación que actúan en la lucha para preservar la calidad del medioambiente y el equilibrio de la vida deben permanecer vigentes y mantener los principios a partir de los cuales fueron creados. Los compromisos por parte de organismos jurídicos establecidos por la ONU, tales como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el Protocolo de Kyoto, el Acuerdo de París y la Cumbre sobre la Acción Climática se refuerzan

73 ELENA ESMELDA FLOREANO MEREGILDO. "Cambio climático y el desafío del calentamiento global" (tesis de licenciatura), Trujillo, Perú, Universidad Nacional de Trujillo, 2019, disponible en [<https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15697>].

74 GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. *Calentamiento global de 1,5 °C*, Ginebra, IPCC, 2019, disponible en [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf].

cada año para otorgar lineamientos que ayudan a que los organismos locales establezcan políticas de protección del medioambiente⁷⁵.

V. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA

Los impactos que ha generado el cambio climático han sido vistos a partir de diversas perspectivas, puesto que representan no solo un camino para proteger el medioambiente, sino también constituyen un reto para la salud y actividades de gran importancia a nivel mundial como es la agricultura.

El primero es el impacto en la producción agrícola y la seguridad alimentaria, el segundo es el estrés por falta de agua e inseguridad del agua, el tercero es el aumento en el nivel del mar y la exposición a desastres meteorológicos, el cuarto es la transformación de los ecosistemas y la disminución de la biodiversidad, el quinto son los impactos en la salud humana⁷⁶.

El cambio del clima afecta a la agricultura debido a que modifica el entorno donde la tierra ha sido estudiada y preparada para brindar los productos agrícolas como se había planificado. Sin embargo, ante un eventual cambio del clima, esto no funcionará; por lo tanto, los trabajos realizados no podrán rendir frutos y, probablemente, gran cantidad de alimentos se pierdan debido a los factores ocasionados por la irregularidad en el clima.

De acuerdo con MONTIEL *et al.*, el cambio climático, en lo que respecta al aumento de precipitaciones, no necesariamente resulta ser un aspecto positivo en el caso del cultivo de maíz, por ejemplo, debido a que “hay factores asociados a las condiciones edáficas y topográficas que determinan el éxito del mismo y las condiciones en las cuales se

75 NACIONES UNIDAS. “Los compromisos de América Latina y el mundo en la Cumbre sobre la Acción Climática”, 23 de septiembre de 2019, disponible en [<https://news.un.org/es/story/2019/09/1462582>].

76 CUARTAS y MÉNDEZ. “Cambio climático y salud: retos para Colombia”, cit., p. 429.

dan mejores rendimientos”⁷⁷. Esto supone que se depende del estado climático para determinar las decisiones que se deben asumir en cuanto a la actividad agrícola, puesto que sus condiciones son las que inciden en los resultados de la cosecha.

Otros fenómenos climatológicos también influyen en la productividad de la agricultura. Así, se tiene el caso de Estados Unidos, donde en 2012 se presentó una sequía cuya intensidad no se experimentaba desde hacía aproximadamente 50 años. Debido a dicho fenómeno, prácticamente medio país se vio afectado, puesto que se perdió alrededor de un billón de hectáreas destinadas a la actividad agrícola; por ello, incluso el costo de los alimentos aumentó debido a su escasez. Luego, el huracán Irma perjudicó la agricultura en el mismo país, ya que se vio reducida en un 30%, lo cual, evidentemente, resultó perjudicial⁷⁸.

Por su parte, PALACIOS *et al.* determinaron que el cambio del clima influye en el terreno donde se desarrolla la agricultura, puesto que inciden factores como las precipitaciones y la temperatura. De este modo, “la contaminación ambiental (emisiones de CO₂) se erige en un determinante de las tierras cultivables y este es causante de la degradación de los suelos, lo que los hace cada vez menos productivos”⁷⁹. Esto demuestra que los terrenos también se ven afectados por la alteración de los fenómenos climáticos.

Por su parte, la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos -OCDE- propuso el modelo denominado PER -Presión-Estado-Respuesta-, el cual resulta ser una herramienta de pro-

77 IVÁN MONTIEL GONZÁLEZ, SANTOS MARTÍNEZ SANTIAGO, ARMANDO LÓPEZ SANTOS y GABRIEL GARCÍA HERRERA. “Impacto del cambio climático en la agricultura de secano de Aguascalientes, México para un futuro cercano (2015-2039)”, en *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, vol. 16, n.º 1, 2017, disponible en [<https://www.redalyc.org/pdf/4555/455552312001.pdf>], p. 11.

78 ALTIERI y NICHOLLS. “Agroecología y cambio climático: ¿adaptación o transformación?”, cit.

79 MICHELLE PALACIOS ESTRADA, PRISCILLA MASSA SÁNCHEZ y VALENTÍN ALEJANDRO MARTÍNEZ FERNÁNDEZ. “Cambio climático y contaminación ambiental como generadores de crisis alimentaria en la América Andina: un análisis empírico para Ecuador”, en *Revista Investigación Operacional*, vol. 39, n.º 2, 2018, disponible en [<http://www.invoperacional.uh.cu/index.php/InvOp/article/view/603>], p. 248.

vecho, desarrollada a fin de evaluar los impactos del cambio de clima sobre la “agricultura andina con indicadores económicos, ambientales, sociales imbricados en la cultura rural andina”⁸⁰. Así, el ejercicio de propuestas brinda beneficios para afrontar el cambio climático.

80 JOSÉ JESÚS NÚÑEZ RODRÍGUEZ, JULIO CÉSAR CARVAJAL RODRÍGUEZ, DARCY MARGARITA CARRERO CARREÑO y OMAIRA MENDOZA FERREIRA. “Indicadores del impacto del cambio climático en la agricultura familiar andina colombiana”, en *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, vol. 4, n.º 7, 2018, disponible en [<https://www.camjol.info/index.php/RIBCC/article/view/6309>], p. 830.

CAPÍTULO CUARTO

Impactos del cambio climático en la agricultura de la cuenca del río Ramis, región Puno - Perú

En la actualidad, el efecto del cambio climático impacta de forma directa sobre las poblaciones rurales con las alteraciones del clima, que de por sí ya es hostil por su posición geográfica situada por encima de los 3.800 m.s.n.m., con rendimientos de producción cada vez más bajos, asociados con la exigencia de incorporación de nutrientes al suelo (la tierra no produce como antes), los periodos de rotación de cultivos se han acortado, monocultivos, la incidencia y aparición de nuevas plagas y enfermedades, la excesiva micro parcelación de las tierras (menos de ½ hectárea por persona), reducción de las áreas de pastoreo, sobre pastoreo, excesiva carga de ganado por superficie, desertificación de las áreas naturales, tierras erosionadas por las lluvias. Así mismo, de acuerdo con ORTIZ, RUIZ y RODRÍGUEZ, la gestión de una cuenca es considerada como “un proceso administrativo complejo que induce a la regionalización de actividades económicas, sociales, naturales, políticas entre otras”⁸¹. De este modo, para que el manejo de

las cuencas se pueda desarrollar de forma conveniente, es necesario que sean establecidos los lineamientos que garanticen una correcta administración de los recursos hídricos, vitales para la supervivencia.

Así, la investigación pretendió conocer el comportamiento de los elementos del clima y su influencia en la actividad agrícola, puesto que el rendimiento de los cultivos en estos últimos años ha variado. Además, a partir de los resultados obtenidos, se puede plantear otras especies alternativas para mejorar la producción agrícola, de modo que no se vean afectados tanto su rendimiento como su calidad.

I. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

A. Hipótesis general

El cambio climático genera un impacto en la agricultura, repercutiendo así en el rendimiento de los cultivos del panllevar, de la cuenca del río Ramis, Puno - Perú.

B. Hipótesis específicas

- El cambio climático genera repercusiones positivas en el comportamiento de las series históricas de la temperatura en la cuenca del río Ramis en el periodo analizado, con tendencias al incremento.
- El cambio climático genera variabilidades en la actuación de las series históricas de las precipitaciones pluviales en la cuenca del río Ramis en el periodo de estudio.
- Las variables climáticas tienen relación inversa con el rendimiento de los cultivos seleccionados en el periodo de veinte años en la cuenca del río Ramis.

PABLO RODRÍGUEZ MIRANDA. "Planificación y gestión de los recursos hídricos: una revisión de la importancia de la variabilidad climática", en *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, vol. 9, n.º 1, 2017, disponible en [<https://revistalogos.policia.edu.co:8443/index.php/rlct/article/view/401>], p. 101.

II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

A. *Objetivo general*

Evaluar el impacto del cambio climático en la agricultura de la cuenca del río Ramis, Puno - Perú.

B. *Objetivos específicos*

- Analizar el comportamiento de las series históricas de temperaturas extremas de la cuenca del río Ramis.
- Analizar el comportamiento de las series históricas de precipitaciones pluviales de la cuenca del río Ramis.
- Determinar la relación que existe entre las variables climáticas y el rendimiento de los cultivos seleccionados en el periodo de veinte años en la cuenca del río Ramis.

III. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población constituida por todas las estaciones meteorológicas (ver figura 2) y las agencias agrarias que se encuentran dentro de la jurisdicción de estudio. Para la muestra de estudio fueron seleccionadas diez estaciones meteorológicas (Arapa, Ayaviri, Azángaro, Crucero, Lampa, Pucará, Taraco, Asillo, Muñani y Umachiri) y se ha superpuesto con las agencias agrarias de la Dirección Regional Agraria del Ministerio de Agricultura, que proporcionó las informaciones de producción agrícola seleccionadas (papa, quinua y haba).

IV. ÁMBITO DE ESTUDIO

La investigación se llevó a cabo en la cuenca del río Ramis desde 2012 a 2014, con los datos meteorológicos provenientes de las estaciones climatológicas principales del ámbito de estudio desde 1966 a 2012, y los datos de rendimiento del cultivo de quinua, papa y haba prove-

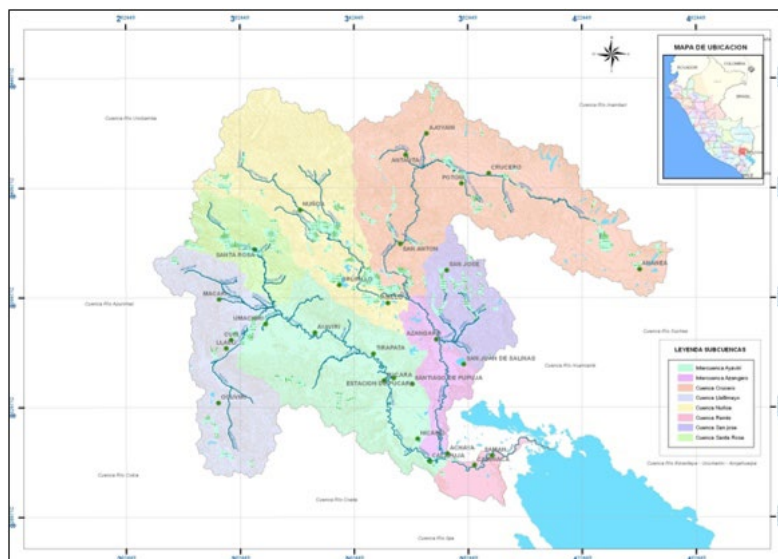
nientes del Instituto Nacional de Estadística e Informática -INEI- de la Dirección Regional de Agricultura Puno del Ministerio de Agricultura desde 1992 a 2012.

En el ámbito climatológico, se encuentra ubicado dentro de la influencia de la cuenca del río Ramis que comprende la vertiente del lago Titicaca lado peruano, el subtipo climático A, clasificado según la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales -ONERN- en 1965. En esta zona se desarrollan cultivos como la papa, quinua, cebada, haba, forrajales, alfalfa, hortalizas, entre otros de importancia económica para los pobladores del ámbito de estudio.

Desde el punto de vista geográfico, se ubica en las coordenadas entre 14°03'26.6" y 15°27'33.7" latitud sur, y 69°25'26.4" a 71°07'4.7" longitud oeste; hidrográficamente se encuentra en la vertiente del Titicaca y en el sistema hídrico del Sistema Titicaca-Desaguadero-Poopo y Salar de Coipasa -TDPS-, y políticamente se encuentra inmerso en la región Puno, que abarca las provincias de Melgar, Azángaro y parte de las provincias de Sandía, Lampa y Carabaya. La principal arteria en la cuenca es la vía que une las capitales de las regiones de Puno y Cusco con una longitud pavimentada de 762 km. dentro del área de influencia. Esta se constituye en un eje de desarrollo dado que atraviesa los poblados de Calapuja, Pucara, Ayaviri, Chuquibambilla y Santa Rosa. Esta vía es clasificada como una vía de segundo orden y tiene una dirección de sur a norte.

- Límites hidrográficos

La cuenca limita por el Este con las cuencas de Huancané y Suches, por Oeste con la cuenca del río Vilcanota, por Norte con la cuenca del río Inambari y por el Sur con la cuenca del río Coata.

FIGURA 1. Ubicación geográfica de la cuenca del río Ramis

– *Fisiografía de la zona*

La cuenca del río Ramis se ubica a alturas mayores a los 3.810 m.s.n.m. y se extiende sobre la región de Puno. Las capas más bajas del Altiplano (de 3.810 a 5.400 m.s.n.m.) se encuentran alrededor del lago Titicaca (elevación 3.825 m.s.n.m.) en especial al oeste y noroeste del lago; cordillera con elevaciones mayores a 5.400 m.s.n.m.⁸².

La evolución del Altiplano y la cadena montañosa de los Andes es el resultado de movimientos tectónicos y de la intrusión de roca volcánica que causó el levantamiento y los pliegues de las rocas sedimentarias que caracteriza al Altiplano y a la vertiente oriental de los Andes. Se encuentran abundantes sedimentos de lagos extintos o en su defecto en vías de extinción. El resultado son suelos mayormente derivados de material sedimentario primario y de depósitos lacustres. Los procesos de formación de suelos están caracterizados por una erosión intensa y una sedimentación. Los suelos están generalmente poco desarrollados.

82 ANTONIO BAZOBERY. *Anteproyectos y alternativas sobre la utilización de las aguas del lago Titicaca, Desaguadero y Poopó con fines de energía e irrigación*, La Paz, Artis, 1969.

– Características geológicas

Teniendo en cuenta los diversos materiales parentales de los suelos de la zona estudiada, cuyo patrón distribuido es suelos derivados de materiales fluviónicos, de materiales lacustrinos, de materiales coluvio-aluviales, de materiales residuales y suelos de origen antrópico⁸³.

– Características agroecológicas

Las localidades de Arapa y Progreso se encuentran dentro del tipo climático mesotérmico B'1, sub-húmedo C2; la estación de Azángaro y Chuquibambilla se encuentran dentro del clima mesotérmico C'2, húmedo B2. Como una clasificación climática, solo caracteriza cierto tipo de clima y ordenadas manifestaciones medias de la atmósfera; además, el valor no depende del hecho si concuerda o no con ciertas distribuciones de la naturaleza, si no del grado de certeza con lo que se logra clasificar el clima.

La Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales – ONERN⁸⁴ tipificó el clima de la vertiente del Titicaca como semiseco y frío determinando cuatro subtipos climáticos. La temperatura y la precipitación considera además la evaporación media y la precipitación media, teniendo estas consideraciones la hoya hidrográfica es del tipo climático subhúmedo y húmedo.

La temperatura es variable, siendo los meses más fríos ente junio y agosto y los más cálidos noviembre y diciembre y la precipitación tiene un carácter estacionario. El inicio del periodo de lluvias por lo general, es en el mes de diciembre y se extiende hasta el mes de marzo, presentándose retrasos y adelantos en la lluvia y se presentan en octubre y noviembre y en otras se retrasan apareciendo en enero o principios de febrero. El régimen pluvial es variable e irregular, se tienen años húmedos seguidos⁸⁵.

83 R. AMBROGGY. “Cuencas acuíferas del lago Titicaca”, en *Hidrología del Altiplano de Bolivia*, La Paz, Ministerio de Agricultura, 1965.

84 OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES. *Programa de inventario y evaluación de los recursos naturales del departamento de Puno: Sector de prioridad 1*, Puno, Perú, ONERN, 1965, disponible en [<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/967>].

85 MARIO BAUDOIN y EDUARDO FORNO (eds.). *Historia natural de un valle en los Andes, La Paz*, La Paz, Universidad Mayor de San Andrés, Instituto de Ecología, 1991.

V. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En la evaluación de impacto del cambio climático sobre el rendimiento de la agricultura en la cuenca del río Ramis, fueron realizados los siguientes procedimientos:

– Información básica

Se han recopilado las informaciones básicas de las investigaciones a nivel de informes, revistas y artículos científicos, a fin de sistematizar dichas informaciones para sus respectivas codificaciones posteriores.

– Información cartográfica

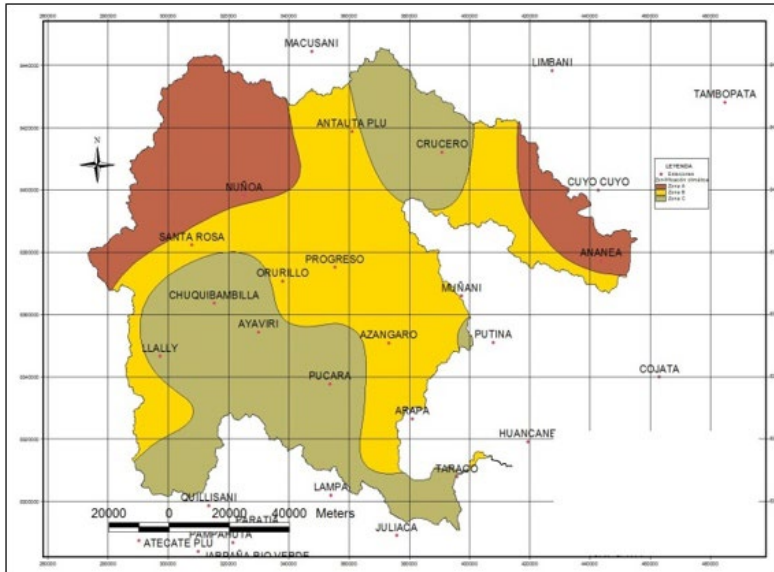
Las informaciones cartográficas que se han tomado como base en la investigación para determinar las características de la cuenca hidrográfica del lago Titicaca y sus afluentes fueron las siguientes: cartas nacionales a escala 1:100000, planos catastrales a escala 1:25000, del sistema hídrico de la hoya del Titicaca y de macrozonificación ecológica y económica del sistema Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa o TDPS.

– Información de producción agrícola

Se obtuvo de las agencias agrarias de la Dirección Regional de Agricultura Puno, en los diferentes puntos estratégicos dentro del área de los estudios más importantes, presentando registros desde 1992 a 2012, sobre los rendimientos de los cultivos de haba, papa y quinua. Luego, se sistematizan y procesan las informaciones recopiladas en la fase inicial de acuerdo a nuestro interés para el presente trabajo.

– Información meteorológica

Las informaciones meteorológicas se obtuvieron del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú –SENAMHI– Puno desde 1965 hasta 2012 en promedio, referentes a temperaturas medias mensuales, máximas, mínimas, y precipitaciones pluviales medias mensuales.

FIGURA 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas en la cuenca Ramis, 2014

VI. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN POR OBJETIVOS PLANTEADOS

– Selección de las series históricas de precipitación y temperaturas

Se analizaron los datos de las estaciones desde tres puntos de vista, por la longitud de la serie de datos, estaciones con datos faltantes menores o iguales al 15% y por la consistencia o homogeneidad de los mismos.

– Análisis de consistencia de la información meteorológica

Se analizó la consistencia de los datos meteorológicos mediante pruebas de consistencia y homogeneidad de precipitación y temperaturas, que permitió detectar, corregir y eliminar los errores sistemáticos y aleatorios que se presentaron en series históricas de datos meteorológicos mediante el análisis estadístico y con el índice del vector regional.

Se analizó la consistencia de las series históricas mediante pruebas estadísticas, a fin de obtener una serie confiable, es decir, homogénea y consistente, y mediante el software Hydraccess y estadísticamente, a fin de realizar:

- La consistencia, homogenización y regionalización de la precipitación y temperaturas.
- Relleno de series mensuales mediante correlación múltiple cruzada.
- Estimación de la precipitación espacial aplicando técnicas geo-estadísticas.

Después de obtener de los gráficos construidos para el análisis visual, los periodos de posible corrección y los periodos de los datos que se mantuvieron con sus valores originales, se procedió al análisis estadístico.

Se utilizó la prueba T para la verificación de la hipótesis de igualdad de medias y la prueba de F para verificar la hipótesis de igualdad de la desviación estándar; ambos con un nivel de significancia del 5% y 95% de probabilidad.

– *Consistencia en la media*

La prueba permitió detectar la inconsistencia en la media, dado que los valores medios son estadísticamente iguales o diferentes de la siguiente manera:

Se calculó la media y desviación estándar para cada periodo, luego la T_c , posteriormente la T_T mediante la tabla T de Student y finalmente se comparó T_c con T_T .

Si $|t_c| \leq t_t$ (95%) $\rightarrow \bar{x}_1 = \bar{x}_2$ (son iguales estadísticamente), no se realizan procesos de corrección.

Si $|t_c| > t_t$ (95%) $\rightarrow \bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ (son diferentes estadísticamente), se corrigen.

– *Consistencia en la desviación estándar*

Mediante la prueba se analizó si los valores de la desviación estándar de las sub-muestras son estadísticamente iguales o diferentes, calculando la varianza de ambos periodos, luego se calculó la FC , posteriormente la FT mediante la tabla F de Fisher y finalmente se comparó la FC con FT ; se asume similares criterios de la prueba T.

Con estos análisis se conoció que, en efecto, los saltos no son significativos tanto en la media como en la desviación estándar.

Así mismo, la calidad, confiabilidad y consistencia de los datos fueron definidas por la regionalización y la validación de estos para su uso y aplicación para analizar las tendencias, agrupando en grupos regionales de estaciones meteorológicas cuyos registros presentan un comportamiento temporal homogéneo a nivel mensual y anual. La principal herramienta utilizada para esta etapa fue el vector regional con el software Hydraccess, desde 1966 a 2012.

Es decir, para las precipitaciones como para las temperaturas, se realizó el análisis de regionalización a nivel mensual y de año hidrológico sobre las estaciones, conformando así en tres grupos regionales, con el fin de evaluar la consistencia para el periodo más extenso posible según los criterios indicados en la selección de estaciones. Se observó que existe correspondencia entre las temperaturas y precipitaciones registradas en las diferentes estaciones regionales durante el periodo de 1966 a 2010. El análisis de consistencia de la información y el relleno de datos faltantes de las estaciones se realizó a través de un modelo de regresión lineal múltiple cruzada con el software Hydraccess, con base de datos creados.

Además, este es un paquete completo que permite importar y guardar varios tipos de datos hidrometeorológicos en una base de datos en formato Access y realizar los procesamientos básicos que un meteorólogo puede requerir, con datos instantáneos, horarios, diarios y mensuales, anuales de cotas, caudales, calidad de aguas, meteorológicos. Estos se organizaron por campos y fueron vinculados al código de la estación (punto de medición) y a un captor (código de la serie observada), la misma que posee propiedades que definen su tipo, unidad, número de dígitos significativos y de decimales, entre otros. Existen tres tipos de captosres: captosres instantáneos (I), donde los datos son ingresados con fecha y hora libres sin imponer un intervalo de tiempo fijo, captosres diarios (D) donde se ingresa un solo valor por día y captosres mensuales (M) es donde se ingresa un solo valor por mes.

Así mismo, entre los procesamientos se generaron gráficos simples o comparativos a partir de los datos importados; visualización gráfica, desde diario a mensual, que permitió la elaboración de cuadros de anuario a nivel diario o mensual y un intervalo de los datos presentes en la base.

De ahí que se organizó el vector regional –VR– de índices anuales o mensuales (individualmente) de precipitación y de temperaturas en base a una serie cronológica de datos temporales ficticios, correspondientes a una estación igualmente ficticia. El VR de índices toma en

cuenta los efectos de la tendencia de las series, y los pseudociclos de la zona o región climática que afectan a cada una de las estaciones, verificando de esta manera la homogeneidad temporal y espacial de las series observadas en las estaciones pertenecientes a la misma zona climática.

Es necesario recalcar que el cálculo de los índices del VR se base en una matriz de observaciones compuesta de los registros anuales o mensuales de la variable meteorológica de n estaciones con t años de registros, con observaciones faltantes a ciertas estaciones en ciertos años. Para cada estación se calcula una media que cubre el grupo de datos del periodo de estudio, y para todos los años, se calcula un índice superior a 1 cuando el año presenta valores altos (año húmedo o con altas temperaturas) e inferior a 1 cuando el año tiene valores bajos (año con déficit de lluvias o con bajas temperaturas). El VR toma en cuenta la información de una región que supuestamente es homogénea (comportamiento temporal similar). El valor del VR del grupo regional de estaciones, permitió la crítica de los datos que facilita:

- Evaluar la calidad de los datos de una estación y su pertenencia al grupo regional, mediante diversos parámetros estadísticos proporcionados por el VR.
- Comparar y evaluar gráficamente el comportamiento de las estaciones dentro de un grupo y entre grupos, trazando el vector regional del grupo de las estaciones que lo componen, así como las curvas dobles acumuladas; esto permitió identificar con rapidez quiebres y datos anómalos que dependen de los datos de entrada, aunque los algoritmos usados intentan minimizar la influencia de los datos erróneos.
- Eliminan o corrigen de forma gradual los datos incoherentes más evidentes en los datos de entrada, llegando así a un VR de buena calidad y esto se usó para reconstruir datos faltantes, multiplicando el índice regional de un año por el valor medio de la precipitación en esa estación durante el periodo de estudio.

Dado que la salida del programa proporciona varios parámetros que evalúan la calidad de los resultados, se consideraron los siguientes parámetros: el coeficiente de correlación “r” del índice con las estaciones ($> 0,70$), el valor de las desviaciones (que se deben mantener dentro de un margen de tolerancia) y los límites de confianza (inferior y su-

perior) dentro de los que se deben mantener las series interanuales del índice del vector.

De la misma manera, estos parámetros fueron admitidos dentro del grupo regional conformado por estaciones y sobre contexto físico geográfico diferente (altiplano peruano). El análisis de resultados llevó a disminuir el tamaño del grupo regional, e identificó estaciones cuyos datos son inconsistentes y en caso extremo, eliminar aquellas estaciones con bajo coeficiente de correlación y alta desviación, quedando en forma de índices obtenidos sobre los valores anuales de periodos históricos comunes de al menos nueve estaciones del año hidrológico adoptado (septiembre-agosto), las estaciones regionales más consistentes que se han filtrado se encontraron dentro del intervalo de confianza las estaciones seleccionadas.

– Análisis de tendencia de la información meteorológica

Antes de realizar el análisis de tendencias, se realizó el análisis de saltos y con la serie libre de saltos se procedió a analizar las tendencias en la media y en la desviación estándar.

Para ver si la serie presenta tendencia en la media se procedió al cálculo de la tendencia en la media, luego los parámetros de la ecuación de regresión lineal simple y, por último, compararon si la (95%), entonces no se presenta tendencia en la media y de lo contrario se los presentan.

Se utilizó la tendencia en la desviación estándar puesto que se trabajó con datos mensuales para el primer y segundo objetivo, con el siguiente procedimiento:

- Regionalización, y análisis de consistencia de la precipitación y temperaturas a nivel mensual. Se aplicó el método del vector regional – MVR– para identificar anomalías, valores extremos o comportamientos no homogéneos en la región, que se evaluaron para establecer su confiabilidad con el fin de ratificarlos o corregirlos.
- Preparación y armado de series continuas mensuales y anuales de los datos de precipitación y temperaturas para el análisis de tendencias. Los datos originales presentan vacíos en algunos meses o periodos, que fueron reconstituídos para poder aplicar test estadísticos usados para el análisis de tendencias.

- Análisis de tendencias de precipitaciones y temperaturas mensuales y anuales, aplicando test estadísticos paramétricos y no paramétricos usando el software TREND (test Mann-Kendall y Sperman's Rho, t-student)⁸⁶, los resultados se interpretaron al considerar los comportamientos de eventos extremos de los elementos frente al fenómeno del cambio climático.

- *Análisis del rendimiento de los cultivos frente al cambio climático en la cuenca del río Ramis*

Para relacionar entre la producción de cultivos de panllevar con los elementos climáticos de la cuenca Ramis, se obtuvo los rendimientos de los cultivos para cada zona sub-tipo climático de las Oficinas del Ministerio de Agricultura de Puno y, luego, se analizó la consistencia de las informaciones del periodo considerado en el presente trabajo; después se realizaron cálculos de los estimadores para cada cultivo utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios y regresión, el rendimiento en función de las variables climáticas; primero, separando la temperatura mínima y luego por la temperatura máxima de precipitación pluvial para comparar el efecto individual de cada variable. Acto seguido, se realizó la estimación conjunta de las variables climáticas (temperaturas máximas y mínimas extremas) y las precipitaciones pluviales y al final se incluyeron los eventos extremos.

Seguir esta secuencia de estimaciones permitió ver el impacto de cada variable en el modelo y al final se comparó cada uno y se eligió el mejor modelo según los criterios estadísticos; más adelante, se realizaron las interpretaciones de los valores obtenidos de la interrelación de las variables climáticas y el rendimiento de los cultivos seleccionados, mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

Para interpretar el coeficiente de correlación (r) que se logra, se tiene como criterio de decisión la siguiente calificación:

(+) (-) Correlación inexistente	$0,00 \leq r < 0,00$
(+) (-) Correlación muy baja	$0,01 \leq r < 0,20$

86 SHENG YUE, PAUL PILON, BOB PHINNEY y GEORGE CAVADIAS. "The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series", en *Hydrological Processes*, n.º 16, 2020, pp. 1.807-1.829, disponible en [<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/hyp.1095>].

(+) (-) Correlación baja	$0,21 < r > 0,40$
(+) (-) Correlación moderada	$0,41 < r > 0,60$
(+) (-) Correlación alta	$0,61 < r > 0,80$
(+) (-) Correlación muy alta	$0,81 \leq r \leq 0,99$
(+) (-) Correlación perfecta	$1,00 \leq r \leq 1,00$

Para la prueba de hipótesis estadística, se tomó en cuenta lo siguiente:

No existe correlación: $H_0: R_{xy} = 0$

Existe correlación: $H_1: R_{xy} \neq 0$

Se considera un nivel de significancia de $p < 5\%$.

VII. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- Comportamiento de las temperaturas

Se ha delimitado la cuenca del río Ramis a partir del uso de las cartas nacionales de Perú, obteniéndose una superficie de 14.685 km²; así mismo, se ha realizado la ubicación de las estaciones meteorológicas mediante sus coordenadas UTM (sistema de coordenadas universal transversal de Mercator), proporcionados por el SENAMHI - Puno.

El análisis de consistencia se efectuó a través de análisis de correlación, basado en la suposición de que las temperaturas medidas en las estaciones de la cuenca se relacionen entre sí, mediante los índices anuales de vector regional con el software de Hydraccess y validadas estadísticamente.

FIGURA 3. Índices anuales de los vectores regionales de datos originales de las temperaturas máximas

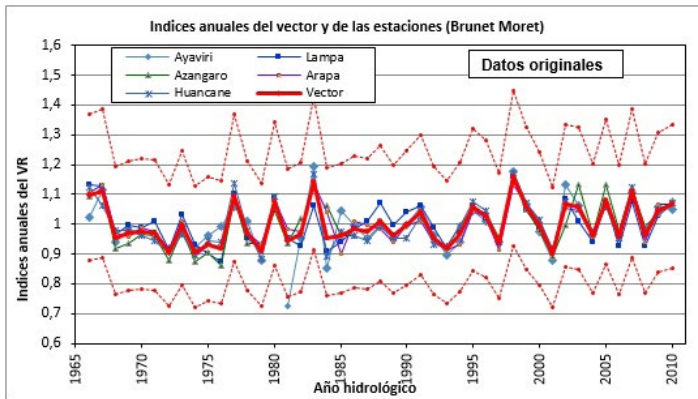
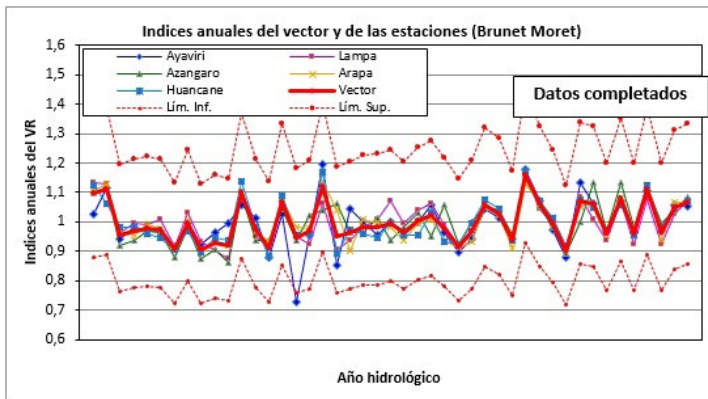


FIGURA 4. Índices anuales de los vectores regionales de datos completados de las temperaturas máximas



En las Figuras 3 y 4 se evidenció que los índices anuales para temperaturas máximas mostraron un comportamiento regional homogéneo, puesto que los índices regionales de las estaciones del grupo n.º 1 están dentro de los límites de confianza; es decir, los datos son consistentes, homogéneos y de buena calidad; además, tienen un comportamiento similar. A excepción de la estación Ayaviri, que en 1981 se encontró fuera del límite de confianza; a pesar de esta condición, se tuvo en cuenta por tener una serie larga y continua para ser comparada con las otras estaciones adoptadas para el análisis de tendencias.

FIGURA 5. Índices anuales de los vectores regionales de datos originales de las temperaturas medias

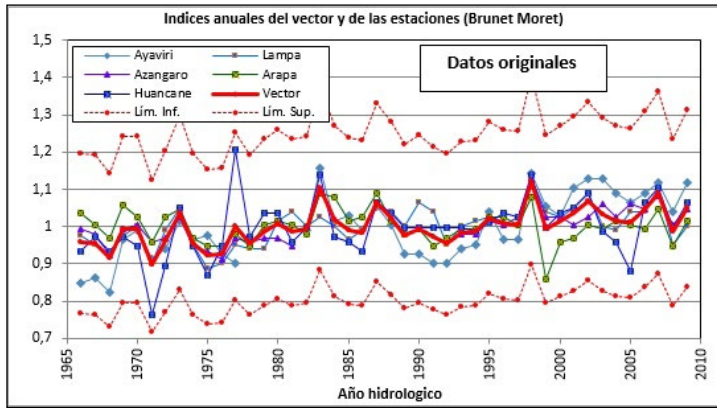
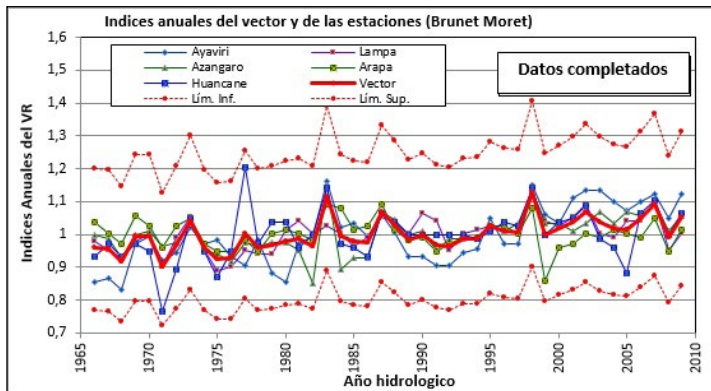


FIGURA 6. Índices anuales de los vectores regionales de datos completados de las temperaturas medias



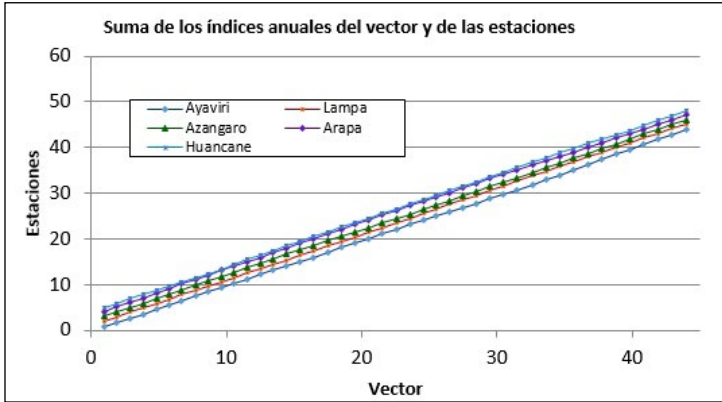
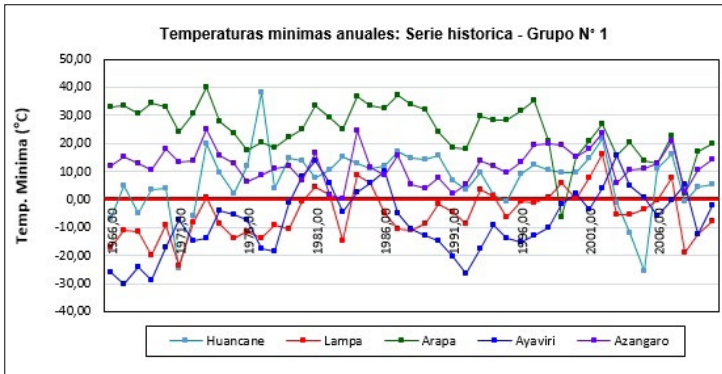
En las Figuras 5 y 6 se observó que los índices anuales de temperaturas medias del grupo 1 mostraron un comportamiento regional homogéneo, donde los índices regionales de las estaciones se encuentran dentro de los límites de confianza, es decir, los datos son de buena calidad y se admite que existe un comportamiento homogéneo o similar.

Las temperaturas anuales de las cinco estaciones analizadas (ver Tabla 1) cumplen con la hipótesis de pseudoproporcionalidad, tanto los datos originales como los datos completados y corregidos son consistentes, debido a que en la columna correspondiente a “Correl / Vector” los valores tiende a la unidad (0,896).

TABLA 1. Correlación de temperaturas medias anuales-grupo n° 1

	N°	Estación	Años	D.E. Obs.	Coef. Variación	Temperatura media anual		Media Desvíos	D. E. Desvíos	Homogeneidad B. M.	Correl./Vector
						Media Obs.	Media Calculada				
grupo 1 (datos originales)	1	Ayaviri	41	0,700	0,089	7,900	7,900	-0,002	0,052	0,007	0,846
	2	Lampa	45	0,400	0,053	8,000	8,000	0,001	0,030	0,034	0,831
	3	Azángaro	34	0,500	0,052	8,800	8,800	0,002	0,023	0,023	0,896
	4	Arapa	45	0,400	0,046	9,100	9,100	0,001	0,041	0,000	0,622
	5	Huancané	45	0,600	0,078	7,700	7,700	-0,001	0,050	0,249	0,771
grupo 1 (datos completados)	1	Ayaviri	45	0,700	0,088	7,800	7,800	-0,002	0,056	0,020	0,802
	2	Lampa	45	0,400	0,052	8,000	8,000	0,001	0,031	0,102	0,812
	3	Azángaro	45	0,500	0,059	8,700	8,700	0,001	0,033	0,006	0,821
	4	Arapa	45	0,400	0,044	9,100	9,100	0,001	0,044	0,000	0,544
	5	Huancané	45	0,600	0,077	7,700	7,700	-0,001	0,051	0,123	0,749

La visualización de curvas de dobles acumulaciones entre estaciones y vector regional de las zonas en estudio, determinan que existe una buena relación entre el vector y las estaciones. Esto se ha trabajado con datos completados y corregidos, tal como se muestra en la Figura 7, que no presentan quiebres significativos.

FIGURA 7. Índices anuales de los vectores regionales, acumulados**FIGURA 8.** Datos originales y completados de las temperaturas mínimas

En la Figura 8 se observó que las series históricas anuales de las temperaturas mínimas mostraron un comportamiento regional homogéneo; esto indicó que los datos son de buena calidad y se admite que tienen un comportamiento similar entre las estaciones del grupo 1.

FIGURA 9. Índices anuales de los vectores regionales de datos de temperaturas máximas

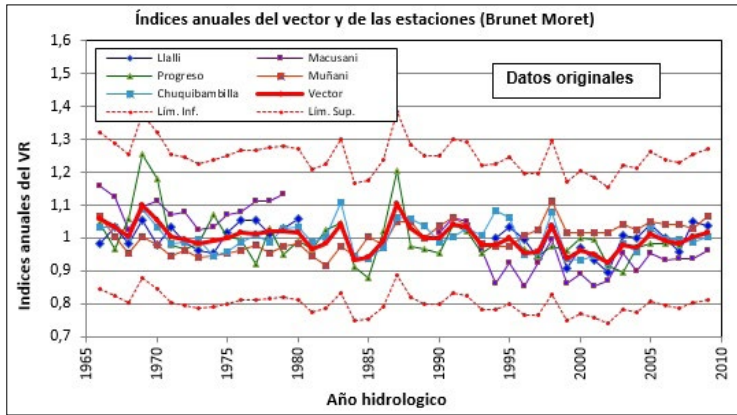
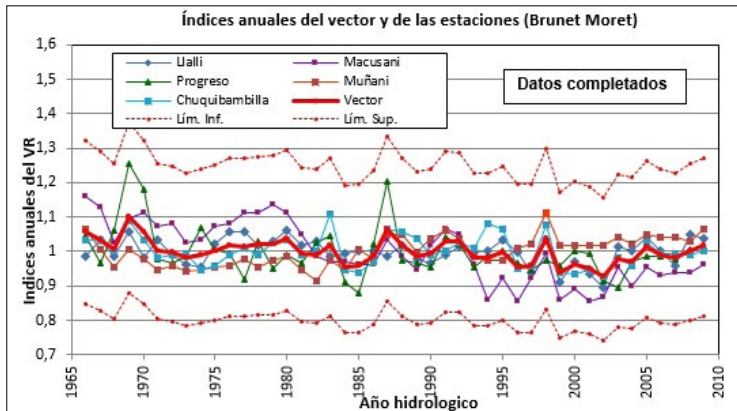


FIGURA 10. Índices anuales de los vectores regionales de datos completados de temperaturas máximas



En las Figuras 9 y 10 se evidenció que los índices anuales de los vectores de datos de temperaturas máximas mostraron un comportamiento regional homogéneo, puesto que los índices regionales de las estaciones del grupo n.º 2 se encuentran dentro de los límites de confianza. Esto indica que los datos son de buena calidad; es decir, consistentes y de comportamiento homogéneo o similar.

FIGURA 11. Índices anuales de los vectores regionales de datos originales de temperaturas medias

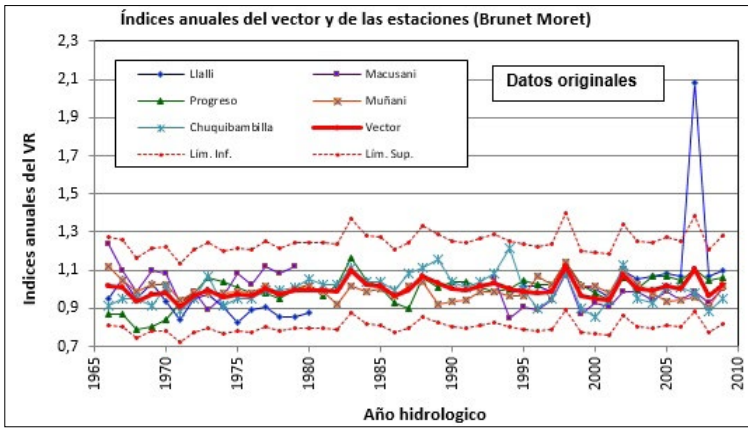
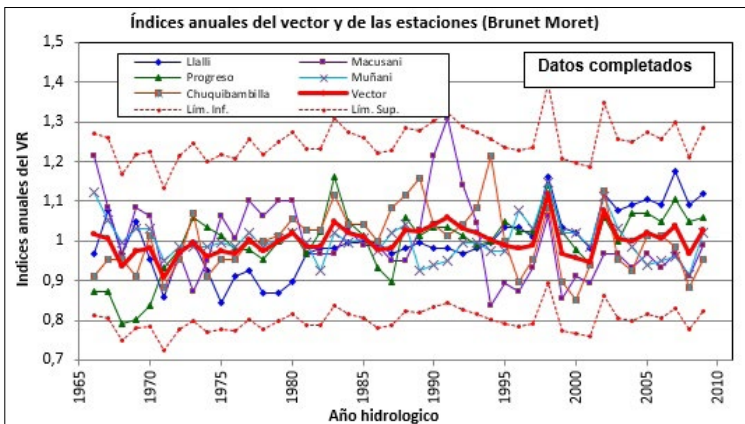


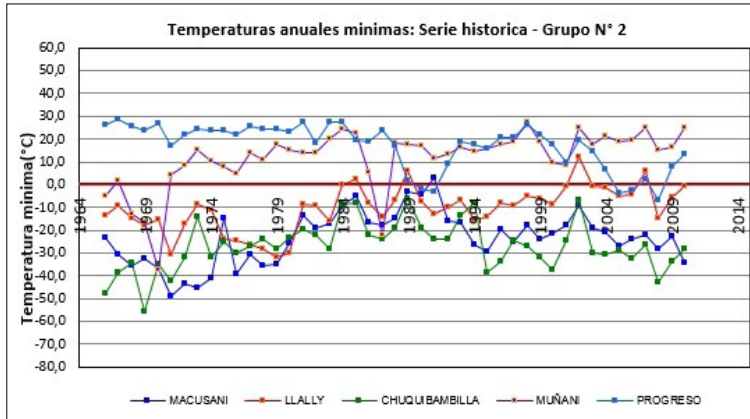
FIGURA 12. Índices anuales de los vectores regionales datos completados y corregidos de las temperaturas medias



En la Figura 11 se señaló que los índices anuales de los vectores regionales de los datos originales de temperaturas medias mostraron un comportamiento regional homogéneo, puesto que los índices regionales de las estaciones del grupo n.º 2 están dentro de los límites de confianza; a excepción de la estación Llalli de 2007, la cual está fuera del límite de confianza superior, por lo que se corrigió mediante el vector regional (VR) del grupo. Por consiguiente, en la Figura 12, los índices anuales de los vectores regionales, datos completados y co-

regidos de las temperaturas medias, son de buena calidad, con un comportamiento homogéneo o similar.

FIGURA 13. Series de datos originales y completados de las temperaturas mínimas



En la Figura 13 se observó que las series históricas anuales para temperaturas mínimas de las estaciones del grupo n.º 2 mostraron un comportamiento regional homogéneo; es decir, los datos son de buena calidad y existe un comportamiento similar.

Por otro lado, la correlación de las temperaturas medias anuales de las estaciones del grupo n.º 2 que se presentan en la Tabla 2, con valor máximo de 0,65, las cuales cumplen con la hipótesis de pseudoproporcionalidad de los datos originales y los completados y corregidos, tal como se muestra en la columna correspondiente a "Correl/Vector", pero hay fuerte dispersión como en el caso Muñani.

TABLA 2. Correlación de temperaturas medias anuales-grupo n° 2, 2014

	N°	Estación	Años	D.E. Obs.	Coef. Variación	Temperatura media anual		Media Desvíos	D. E. Desvíos	Homogeneidad B. M.	Correl. /Vector
						Media Obs.	Media Calculada				
grupo 1 (datos originales)	1	Llalli	31	1,600	0,21	7,50	7,40	0,03	0,19	0,01	0,65
	2	Macusani	31	0,50	0,09	5,20	5,20	0,00	0,09	0,00	0,27
	3	Progreso	45	0,70	0,08	8,60	8,60	0,00	0,06	0,07	0,59
	4	Muñani	45	0,40	0,05	8,60	8,70	-0,01	0,05	0,04	0,37
	5	Chuquibambilla	45	0,50	0,08	6,90	6,90	0,00	0,06	0,00	0,59
grupo 1 (datos completados)	1	Llalli	45	0,600	0,078	7,200	7,200	0,000	0,068	0,000	0,476
	2	Macusani	45	0,500	0,100	5,300	5,300	0,000	0,090	0,014	0,423
	3	Progreso	45	0,700	0,079	8,600	8,600	-0,001	0,064	0,099	0,571
	4	Muñani	45	0,400	0,049	8,600	8,600	0,001	0,050	0,028	0,363
	5	Chuquibambilla	45	0,500	0,080	6,900	6,900	0,000	0,064	0,000	0,595

La visualización de las curvas de dobles acumulados entre estación y vector de las zonas de estudio del grupo permitió determinar si existe una buena relación entre el vector y las estaciones, puesto que no presenta quiebres en sus curvas de dobles acumulaciones. Esto se ha trabajado con datos completados y corregidos.

Se han seleccionado tres estaciones meteorológicas más confiables de la cuenca que son Lampa, Ayaviri y Muñani para analizar mejor las tendencias de las temperaturas máximas y mínimas, con la finalidad de efectuar un análisis del comportamiento de la temperatura mensual y anual en la parte alta, media y baja.

El análisis de tendencias de las temperaturas máximas mediante los test paramétricos y no paramétricos según las informaciones meteorológicas de las estaciones fue el siguiente: en el primer grupo, Ayaviri, Azángaro y Huancané presentaron tendencias significativas

al incremento con el 0,01 del nivel de significancia, Arapa presentó tendencias al incremento significativo con el 0,01 y 0,05 del nivel de significancia; mientras que Lampa, solo con los test Mann Kendall y Ran Ksum, tendencias positivas significativas con un 0,10 del nivel de significancia y con otros test no presentaron tendencias significativas.

Además, las informaciones de temperaturas máximas de las estaciones del segundo grupo presentaron tendencias positivas (Macusani y Progreso) a un nivel de significancia de 0,01. Muñani presentó tendencias significativas solo con los test regresión lineal al 0,05 y T-student a 0,10, mientras que Llalli y Chuquibambilla no presentan tendencias significativas.

Así mismo, las temperaturas medias de Ayaviri, Lampa, Azángaro, Huanané, Llalli y Muñani presentaron tendencias significativas de incremento con un nivel de significancia de 0,01; Macusani presenta tendencias con incremento significativo al 0,05 del nivel de significancia, pero las estaciones de Progreso, Chuquibambilla y Arapa no presentaron cambios significativos en el periodo de 1966 a 2010.

FIGURA 14. Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas máximas, medias y mínimas, mediante los test paramétricos y no paramétricos, estaciones del grupo n° 1, (1966-2012)

TEMPERATURA MAXIMA			ESTACIONES				
			AYAVIRI	LAMPA	AZANGARO	ARAPA	HUANCANE
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		II	(+)		(+)	(+)	(+)
		III	(+)		(+)	(+)	(+)
		IV	(+)$66-88>89-2010$	(+)$65-88>89-2010$	(+)$66-88>89-2010$	(+)$66-88>89-2010$	(+)$66-88>89-2010$
		V	(+)$89-2010>66-88$		(+)$89-2010>66-88$	(+)$89-2010>66-88$	(+)$89-2010>66-88$
TEMPERATURA MEDIA			ESTACIONES				
			AYAVIRI	LAMPA	AZANGARO	ARAPA	HUANCANE
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	(+)	(+)	(+)		(+)
		II	(+)	(+)	(+)		(+)
		III	(+)	(+)	(+)		(+)
		IV	(+)$66-88>89-2010$	(+)$66-88>89-2010$	(+)$66-88>89-2010$		(+)$66-88>89-2010$
		V	(+)$89-2010>66-88$	(+)$89-2010>66-88$	(+)$89-2010>66-88$		(+)$89-2010>66-88$
TEMPERATURA MINIMA			ESTACIONES				
			AYAVIRI	LAMPA	AZANGARO	ARAPA	HUANCANE
AÑO HIDROLOGICO	1966-2010	I	(+)	(+)		(-)	
		II	(+)	(+)		(-)	
		III	(+)	(+)		(-)	
		IV		(+)$66-88>89-2010$		(-)$66-88>89-2010$	
		V		(+)$89-2010>66-88$		(-)$89-2010>66-88$	

REFERENCIAS				
I	Test Mann Kendall	0.10	N.S.	Con poca evidencia en contra de Ho
II	Test Spearman Rho	0.05	N.S.	Con evidencia posible en contra de Ho
III	Test Regresión Lineal	0.01	N.S.	Con evidencia fuerte en contra de Ho
IV	Test Ran Ks um	(-)		Tendencia negativa (decreciente)
V	Test T-s ident	(+)		tendencia positiva (as cendente)
N.S.: Nivel de significancia				

En la Figura 14 se evidenciaron cambios significativos positivos de las temperaturas máximas en todas las estaciones al 0,01 del nivel de significancia durante el periodo 1966-2010; las temperaturas mínimas de Ayaviri y Lampa presentaron cambios significativos positivos al 0,01 del nivel de significancia, mientras que Arapa presentó tendencias negativas, pero las estaciones de Azángaro y Huanané no presentaron cambios significativos y las temperaturas medias de las estaciones mostraron tendencias positivas, a excepción de la estación de Arapa, que no presentó cambios significativos.

FIGURA 15. Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas máximas medias y mínimas, mediante los test paramétricos y no paramétricos, estaciones del grupo n°2, (1966-2012)

TEMPERATURA MAXIMA			ESTACIONES				
			LLALLI	MACUSANI	PROGRESO	MUÑANI	CHUQUIBAMBILLA
AÑO HIDROLÓGICO	1966-2010	I		(-)	(+)		
		II		(-)	(+)		
		III		(-)	(+)	(-)	
		IV		(-)066-88>89-2010	(+)88-88>89-2010		
		V		(-)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(-)89-2010>66-88	
TEMPERATURA MEDIA			ESTACIONES				
			LLALLI	MACUSANI	PROGRESO	MUÑANI	CHUQUIBAMBILLA
AÑO HIDROLÓGICO	1966-2010	I	(+)	(-)		(+)	
		II	(+)	(-)		(+)	
		III	(+)	(-)		(+)	
		IV	(+)66-88>89-2010	(-)66-88>89-2010		(+)66-88>89-2010	
		V	(+)89-2010>66-88			(+)89-2010>66-88	
TEMPERATURA MINIMA			ESTACIONES				
			LLALLI	MACUSANI	PROGRESO	MUÑANI	CHUQUIBAMBILLA
AÑO HIDROLÓGICO	1966-2010	I	(+)	(+)	(-)	(+)	
		II	(+)	(+)	(-)	(+)	
		III	(+)	(+)	(-)	(+)	
		IV	(+)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010	(-)66-88>89-2010	(+)66-88>89-2010	
		V	(+)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	(-)89-2010>66-88	(+)89-2010>66-88	

FIGURA 17. Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas mediante los test paramétricos y no paramétricos (1966-2012)

ESTACION TEMPERATURA	PERIODO	TEST	AÑO HOROLÓGICO															
			AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL				
AVAYURI	1966-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		
		II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		
		III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		
		IV	(+05-38-89-210)	(+6-38-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)		
		V	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)		
LAMPA	1966-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		
		II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
		III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
		IV	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)			
		V	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)			
MUJANI	1966-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		
		II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
		III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
		IV	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)			
		V	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)			
REFERENCIAS			0.10	N.S. Con poca evidencia en contra de Ho												(-)	Tendencia negativa (decreciente)	
			0.05	N.S. Con evidencia posible en contra de Ho												(+)	Tendencia positiva (ascendente)	
			0.01	N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho														
			N.S. Nivel de significancia															
I Test Mann Kendall																		
II Test Spearman Rho																		
III Test Regresión Lineal																		
IV Test Ran Ksum																		
V Test T-student																		

FIGURA 18. Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas, mediante los test paramétricos y no paramétricos, (1966-2012)

ESTACION TEMPERATURA	PERIODO	TEST	AÑO HOROLÓGICO															
			AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL				
AVAYURI	1966-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
		II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)				
		III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)				
		IV	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)				
		V	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)				
LAMPA	1966-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)				
		II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)					
		III	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)					
		IV	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)					
		V	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)					
MUJANI	1966-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)				
		II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)					
		III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)					
		IV	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)	(+66-13-89-210)					
		V	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)	(+89-210-66-88)					
REFERENCIAS			0.10	N.S. Con poca evidencia en contra de Ho												(-)	Tendencia negativa (decreciente)	
			0.05	N.S. Con evidencia posible en contra de Ho												(+)	Tendencia positiva (ascendente)	
			0.01	N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho														
			N.S. Nivel de significancia															
I Test Mann Kendall																		
II Test Spearman Rho																		
III Test Regresión Lineal																		
IV Test Ran Ksum																		
V Test T-student																		

En las Figuras 16, 17 y 18 se mostró un resumen de las tres estaciones seleccionadas para análisis de tendencias del periodo 1966-2012 en la parte baja, media y alta de la cuenca Ramis, donde se identifica mensual y anualmente si la serie temporal de temperaturas máximas, medias y mínimas presentan cambios significativos mediante test paramétricos y no paramétricos. En la estación Ayaviri, las temperaturas máximas en meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre, febrero, abril, mayo, junio y julio tienden a incrementar. Mientras que en la estación Lampa solo en los meses de septiembre y diciembre tienden a incrementar.

FIGURA 19. Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas, mediante los test paramétricos y no paramétricos, (1966-2012)

ESTACION TEMPERATURA	PERIODO	TEST	AÑO HIDROLOGICO														
			AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL			
AYAVIRI MAXIMA	1966-2010	I	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		II	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		IV	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		V	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
LAMPA MAXIMA	1966-2010	I		(+)			(+)										(+)
		II		(+)			(+)										
		III		(+)			(+)										
		IV	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		V	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
MURANI MAXIMA	1966-2010	I						(+)						(+)	(+)		
		II						(+)						(+)	(+)		
		III						(+)						(+)	(+)		(+)
		IV						(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
		V						(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

REFERENCIAS		
I	Test Mann Kendall	0.10 N.S. Con poca evidencia en contra de Ho
II	Test Spearman Rho	0.05 N.S. Con evidencia posible en contra de Ho
III	Test Regresión Lineal	0.01 N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho
IV	Test Ran Ksum	N.S. Nivel de significancia
V	Test T-student	

(-)	Tendencia negativa (decreciente)
(+)	tendencia positiva (ascendente)

FIGURA 20. Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas mediante los test paramétricos y no paramétricos (1966-2012)

ESTACIÓN TEMPERATURA		PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO			
AYAJUÍ	MEDIA	1966-2010	I	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)		
			II	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
			III	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
			IV	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)
			V	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)
LAMPA	MEDIA	1966-2010	I			(-)		(-)	(-)	(-)	(-)	(-)					(-)		
			II	(+)					(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)		(-)		(-)	
			III						(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)		(-)		(-)
			IV			(+0.0049-0.210)		(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)		(+0.0049-0.210)		(+0.0049-0.210)
			V			(+0.2010-0.651)		(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)		(+0.2010-0.651)		(+0.2010-0.651)
MURANI	MEDIA	1966-2010	I	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)		
			II	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
			III	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
			IV	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)
			V	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)

REFERENCIAS
 I Test Mann Kendall
 II Test Spearman Rho
 III Test Regresión Lineal
 IV Test Ran Ksum
 V Test T-student

0.10 N.S. Con poca evidencia en contra de Ho (-) Tendencia negativa (decreciente)
 0.05 N.S. Con evidencia posible en contra de Ho (+) Tendencia positiva (asendente)
 0.01 N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho
 N.S. Nivel de significancia

FIGURA 21. Resumen del análisis de tendencias de las temperaturas, mediante los test paramétricos y no paramétricos, (1966-2012)

ESTACIÓN TEMPERATURA		PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO			
AYAJUÍ	MINIMA	1966-2010	I	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)				(+)	(+)			
			II	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			(+)	(+)	(+)		
			III	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			(+)	(+)	(+)	
			IV							(+0.0049-0.210)	(+)								
			V							(+0.2010-0.651)	(+)								
LAMPA	MINIMA	1966-2010	I					(+)	(+)	(+)	(+)	(+)				(+)	(+)		
			II					(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)	(+)		
			III		(+0.0049-0.210)												(+)	(+)	(+)
			IV		(+0.0049-0.210)			(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)		(+0.0049-0.210)		(+0.0049-0.210)	
			V					(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)		(+0.2010-0.651)		(+0.2010-0.651)	
MURANI	MINIMA	1966-2010	I	(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		
			II	(+)		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
			III	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
			IV		(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)	(+0.0049-0.210)
			V		(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)	(+0.2010-0.651)

REFERENCIAS
 I Test Mann Kendall
 II Test Spearman Rho
 III Test Regresión Lineal
 IV Test Ran Ksum
 V Test T-student

0.10 N.S. Con poca evidencia en contra de Ho (-) Tendencia negativa (decreciente)
 0.05 N.S. Con evidencia posible en contra de Ho (+) Tendencia positiva (asendente)
 0.01 N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho
 N.S. Nivel de significancia

De igual manera, en los meses de enero, abril, mayo, junio, julio y a nivel anual de la estación Muñani tienden a disminuir. Pero, en las tres estaciones las temperaturas medias y mínimas a nivel anual tienen tendencias positivas.

– *Variación de las temperaturas medias en la cuenca*

TABLA 3. Medidas de tendencia central y variación del promedio de temperatura en la cuenca del río Ramis, 1992-2012

Estadísticos							
	Temp. máximas	Temp. mínimas	Temp. medias	Oscilación de Temp.	Temp. máximas absolutas	Temp. mínimas absolutas	Oscilación máxima de Temp.
Válidos	20	20	20	20	20	20	20
Media	16,5915	2,4455	9,5285	14,1090	19,4435	-1,8065	19,9230
Mediana	16,5650	2,3900	9,4750	14,1750	19,4450	-1,7750	19,8800
Desv. típ.	0,51973	0,43137	0,40535	0,44585	0,54946	0,71084	0,72320
Varianza	0,270	0,186	0,164	0,199	0,302	0,505	0,523
Mínimo	15,81	1,56	8,92	13,13	18,61	-3,08	18,56
Máximo	17,64	3,23	10,47	14,88	20,47	-0,68	21,45

En la Tabla 3 se observó que las series de históricas las temperaturas del periodo de 20 años (1992-2012), no presentan variaciones considerables tal como muestran los valores de la desviación típica y la varianza de 0,723 y 0,523 respectivamente, pero dichos valores presentan variaciones mayores cuando se trabaja con series más largas desde 1966 hasta 2012. Puesto que en la cuenca el clima es bien definido, y este puede tener impacto socioeconómico considerable.

Por lo tanto, un aspecto práctico de importancia es la probabilidad de la ocurrencia de diversas categorías climáticas dadas. El uso de conjuntos de datos de observación y re-análisis de la precipitación y temperatura cercano a la superficie del lago por efecto termorregulador, se analiza de forma sistemática en términos de tres categorías equiprobables (debajo de lo normal, casi normales, por encima de lo normal) para cuantificar la probabilidad de ocurrencia con referencia

son anormales, y esto lo corroboran DAVEY, BROOKSHAW e INESON⁸⁷; entonces, las temperaturas presentan cambios en los patrones en el sistema climático.

– *Variación de las temperaturas medias por estación*

TABLA 4. Variación en las temperaturas máximas por estación en la cuenca del río Ramis, 1992-2012

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Arapa	20	15,60	18,10	16,8050	0,72291	0,523
Ayaviri	20	15,70	18,70	17,2850	0,89164	0,795
Azangaro	20	16,30	18,40	17,2400	0,73154	0,535
Crucero	20	14,40	15,30	14,8200	0,29515	0,087
Lampa	20	15,60	18,30	17,0300	0,70718	0,500
Pucara	20	16,40	18,40	17,2695	0,62487	0,390
Taraco	20	15,51	17,60	16,3595	0,51508	0,265
Asillo	20	15,10	18,10	16,4900	0,66878	0,447
Muñani	20	15,30	17,40	16,4350	0,60112	0,361
Umachiri	20	14,70	18,00	16,1800	0,79842	0,637
N válido (según lista)	20					

En la Tabla 4, respecto a los estadísticos descriptivos de temperaturas máximas, se observó que hay valores más altos de desviación típica (0,89) en la estación climatológica de Ayaviri, seguido de Azángaro durante el periodo de 20 años desde 1992-2012, pero sí se presentan valores mayores cuando se analizan desde 1966 hasta 2012.

Además, se observó un aumento de la temperatura media anual de 0,04 °C a lo largo del área de estudio, con tendencia de aumento en temperatura mensual en junio y en la primavera a lo largo de toda el área. Las tendencias más significativas observadas en la temperatura parecen ser consistentes entre las diferentes fuentes de datos, tal como corroboró CHAOUCHE *et al.*⁸⁸.

87 M. K. DAVEY, A. BROOKSHAW y S. INESON. “The probability of the impact of ENSO on precipitation and near-surface temperature”, en *Climate Risk Management*, vol. 1, 2014, pp. 5 a 24, disponible en [<https://www.readcube.com/articles/10.1016%2Fj.crm.2013.12.002>].

88 KELTOUM CHAOUCHE, LUC NEPPEL, CLAUDINE DIEULIN, NICOLAS PUJOL,

TABLA 5. Variación en las temperaturas mínimas por estación en la cuenca del río Ramis, 1992-2012

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Arapa	20	2,30	4,70	3,6000	0,58310	0,340
Ayaviri	20	-2,10	3,60	2,1500	1,17406	1,378
Azángaro	20	2,70	4,70	3,6050	0,42855	0,184
Crucero	20	0,00	1,60	0,5820	0,45747	0,209
Lampa	20	0,00	3,50	2,2150	0,82989	0,689
Pucara	20	-0,50	3,70	2,0675	1,07547	1,157
Taraco	20	1,94	4,70	3,0510	0,81495	0,664
Asillo	20	1,60	4,20	3,2350	0,58784	0,346
Muñani	20	2,30	4,10	3,1750	0,48327	0,234
Umachiri	20	-0,60	2,20	0,6650	0,89694	0,805
N válido (según lista)	20					

En la Tabla 5, respecto a los estadísticos descriptivos de temperaturas mínimas, se mostró que hay valores más altos en la desviación típica de 1,17 en la estación climatológica de Ayaviri, seguido de la estación climatológica de Pucará con 1,08 durante el periodo de 20 años desde 1992-2012, pero sí se presentan valores mayores cuando de analizan desde 1966 hasta 2012.

TABLA 6. Variación en las temperaturas mínimas por estación en la cuenca del río Ramis, 1992-2012

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Arapa	20	2,30	4,70	3,6000	0,58310	0,340
Ayaviri	20	-2,10	3,60	2,1500	1,17406	1,378
Azángaro	20	2,70	4,70	3,6050	0,42855	0,184
Crucero	20	0,00	1,60	0,5820	0,45747	0,209
Lampa	20	0,00	3,50	2,2150	0,82989	0,689
Pucara	20	-0,50	3,70	2,0675	1,07547	1,157

BERNARD LADOUCHE, ERIC MARTIN, DALLAS SALAS e YVAN CABALLERO. "Analyses of precipitation, temperature and evapotranspiration in a french mediterranean region in the context of climate change", en *Comptes Rendus Geoscience*, vol. 342, n.º 3, 2010, pp. 234 a 243.

Taraco	20	1,94	4,70	3,0510	0,81495	0,664
Asillo	20	1,60	4,20	3,2350	0,58784	0,346
Muñani	20	2,30	4,10	3,1750	0,48327	0,234
Umachiri	20	-0,60	2,20	0,6650	0,89694	0,805
N válido (según lista)	20					

En la Tabla 6 de estadísticos descriptivos de temperaturas medias se evidenció que hay valores más altos de la desviación típica de 0,79 en la estación climatológica de Pucara, seguido de la estación climatológica de Umachiri durante el periodo de 20 años desde 1992-2012 sin muchas variaciones considerables, pero sí se presentan mayores variaciones cuando se analizan desde 1966 hasta 2012.

– Influencia del cambio climático sobre la variación de las temperaturas

TABLA 7. Resumen del modelo de variables predictoras de temperaturas, cuenca Ramis, 1992-2012

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,650 ^a	0,422	0,314	4,90061
a. Variables predictoras: (Constante), temperaturas medias, mínimas y máximas				

Según el modelo de regresión lineal, los cambios en la temperatura se relacionan en un 42,2% con el cambio climático en los últimos 20 años hidrológicos para la cuenca del río Ramis, presentando una correlación alta de 65%, puesto que las temperaturas máximas, medias y mínimas presentan variaciones cuando hay mayores cambios en el clima en el ámbito de la cuenca Ramis.

TABLA 8. Prueba de hipótesis mediante análisis de varianza (ANOVA^a) del cambio climático y los variables del clima

	Modelo	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	280,745	3	93,582	3,897	0,029 ^b
	Residual	384,255	16	24,016		
	Total	665,000	19			

a. Variable dependiente: Cambio climático
b. Variables predictoras: (Constante), temperatura media, mínima y máxima

En la Tabla 8 se mostraron las pruebas estadísticas. Según la prueba de hipótesis de la distribución F en el análisis ANOVA, se pudo determinar que existe una influencia significativa de los cambios climáticos en las temperaturas de la cuenca del río Ramis para los últimos 20 años, puesto que el valor de significancia es 0,029. Dicho valor es menor de 0,05 del nivel de significancia.

TABLA 9. Análisis de coeficientes^a independientes de temperaturas frente al cambio climático, cuenca Ramis. 1992-2012

	Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-89,842	39,040		-2,301	0,035
	Temperatura Máxima	34,574	16,398	3,037	2,108	0,048
	Temperatura Mínima	22,051	16,401	1,608	1,344	0,198
	Temperatura Media	-55,332	33,082	-3,791	-1,673	0,050

Variable dependiente: Cambio climático

En la Tabla 9 se pudo apreciar que de los coeficientes independientes establecen que existe mayor influencia del cambio climático en las temperaturas máximas de 0,048 que es menor al 0,05 en la cuenca del río Ramis, seguido en las temperaturas medias, la influencia no es significativa o representativa en las temperaturas mínimas en el periodo de 20 años de 1992 a 2012.

En la Tabla 10 se mostró que existe una relación positiva alta entre el cambio climático y las temperaturas máximas igual a 0,475*, es decir a mayores temperaturas máximas en los años, mayor será el cambio climático, mientras que existe una correlación negativa muy baja de -0,026 entre las temperaturas mínimas y el cambio climático, es decir a mayores temperaturas mínimas en los años, menor será el cambio climático en la cuenca del río Ramis, mientras que la relación entre las temperaturas medias y el cambio climático es positiva baja de 0,258.

TABLA 10. Correlaciones bivariadas del cambio climático con las variaciones de las temperaturas, cuenca Ramis, 1992-2012

Correlaciones					
		Cambio climático	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Temperatura Media
Cambio climático	Correlación de Pearson	1	0,475*	-0,026	0,258
	Sig. (bilateral)		0,034	0,913	0,272
Temperatura Máxima	Correlación de Pearson	0,475*	1	0,506*	0,890**
	Sig. (bilateral)	0,034		0,023	0,000
Temperatura Mínima	Correlación de Pearson	-0,026	0,506*	1	0,836**
	Sig. (bilateral)	0,913	0,023		0,000
Temperatura Media	Correlación de Pearson	0,258	0,890**	0,836**	1
	Sig. (bilateral)	0,272	0,000	0,000	
* La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral).					
** La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).					

- Modelos matemáticos para pronosticar las temperaturas máximas y mínimas para los próximos 16 años

TABLA 11. Coeficientes de las temperaturas máximas medias según el modelo lineal, en la cuenca Ramis, 1992-2012

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Cambio climático	0,042	0,018	0,475	2,291	0,034
(Constante)	16,153	0,218		74,007	0,000

Modelo lineal:

$$\bar{Y} = \alpha - \beta (t)$$

$$\bar{Y} = 16,453 + 0,42 (\text{año})$$

TABLA 12. Coeficientes del promedio de temperaturas máximas según el modelo logarítmico

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
ln(Cambio climático)	0,305	0,132	0,477	2,301	0,034
(Constante)	15,946	0,299		53,249	0,000

Modelo logarítmico:

$$\log \bar{Y} = \log_a + \log_b (t)$$

$$\bar{Y} = 15,946 + \ln(0,305(\text{año}))$$

TABLA 13. Coeficiente del promedio de temperaturas máximas según el modelo exponencial

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Cambio climático	0,003	0,001	0,480	2,319	0,032
(Constante)	16,149	0,211		76,524	0,000
La variable dependiente es ln(Temperatura máxima).					

Modelo exponencial:

$$\bar{Y} = \alpha - e^{\beta x}$$

$$\bar{Y} = 16,149 - (e)^{(0,003(\text{año}))}$$

Las proyecciones del comportamiento del promedio de las temperaturas máximas presentan incrementos con los diferentes modelos de 0,069°C por año. Al 2030, estas pueden influir en los cambios de precipitación mediante la alteración de las propiedades termodinámicas de la masa de aire y por lo tanto el transporte de humedad a consecuencia del incremento de la temperatura, tal como confirmaron ZHANG *et al.*⁸⁹ y el cambio climático indica un incremento de la temperatura ambiental, con variabilidad en el espacio y en el tiempo, el mayor impacto por incremento de la temperatura será en la agricultura.

89 QIANG ZHANG, JIANFENG LI, VIJAY P. SINGH y MINGZHONG XIAO. "Spatio-temporal relations between temperature and precipitation regimes: implications for temperature-induced changes in the hydrological cycle", en *Global and Planetary Change*, vol. 111, 2013, pp. 57 a 76.

TABLA 14. Coeficiente del promedio de temperaturas mínimas según el modelo lineal

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Cambio climático	-0,02	0,017	-0,026	-0,111	0,913
(Constante)	2,465	0,206		11,980	0,000

Modelo lineal:

$$\bar{Y} = \alpha - \beta(t)$$

$$\bar{Y} = 2,465 - 0,002 (\text{año})$$

TABLA 15. Coeficientes del promedio de temperaturas mínimas según el modelo logarítmico

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
ln(Cambio climático)	-0,030	0,125	-0,056	-0,236	0,816
(Constante)	2,508	0,282		8,884	0,000

Modelo logarítmico:

$$\log \bar{Y} = \log_a + \log_b (t)$$

$$\bar{Y} = 2,508 - \ln (0,030(\text{año}))$$

TABLA 16. Coeficientes del promedio de temperaturas mínimas según el modelo exponencial

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Cambio climático	0,001	0,007	-0,010	-0,042	0,967
(Constante)	2,416	0,210		11,489	0,000
La variable dependiente es Temperatura Mínima.					

Modelo exponencial:

$$\bar{Y} = \alpha - e^{\beta x}$$

$$\bar{Y} = 2,416 + (e)^{(0,001(\text{año})}$$

El promedio de las temperaturas mínimas proyectadas con diferentes modelos presenta variaciones en el tiempo un incremento de 0,015°C anual al 2030 en la cuenca, pero las temperaturas mínimas extremas presentan disminuciones de -2,83°C al 2030 en el tiempo y espacio. Son estas las que vienen alterando el comportamiento del sistema climático, tal como manifiestan ZHANG *et al.*⁹⁰.

Los métodos estadísticos basados en regresiones predicen un mayor aumento en otoño e invierno de las temperaturas mínimas, tal como indican CHEN, BRISSETTE y LECONTE⁹¹. La magnitud del aumento en la temperatura mínima es mayor que en la temperatura máxima en algunas latitudes, pero en la cuenca Ramis no es significativa, más bien son en extremo irregulares en el espacio y el tiempo.

De acuerdo con los resultados de los modelos de temperatura media anual, el aire de la superficie crecerá a partir del valor actual de 10,4°C a 11,5°C en 2030-2050, y 13,2°C en 2070-2090. Esto tendrá un significativo impacto en las tasas de evaporación, sobre todo en primavera y verano, cuando el aumento de las temperaturas será más

90 ZHANG, LI, SINGH y XIAO. "Spatio-temporal relations between temperature and precipitation regimes...", cit.

91 JIE CHEN, FRANÇOIS P. BRISSETTE y ROBERT LECONTE. "Uncertainty of downscaling method in quantifying the impact of climate change on hydrology", en *Journal of Hydrology*, vol. 401, n.º 3, 2011, pp. 190 a 202.

significativo según indican HELFER, LEMCKERT y ZHANG⁹², y subirá la tasa de evaporación.

Con el cambio climático, se espera que en la cuenca haya aumento las temperaturas y se alteren patrones de precipitación y eventos climáticos más frecuentes y extremos, tal como ratifican otros investigadores como RITSON *et al.*⁹³.

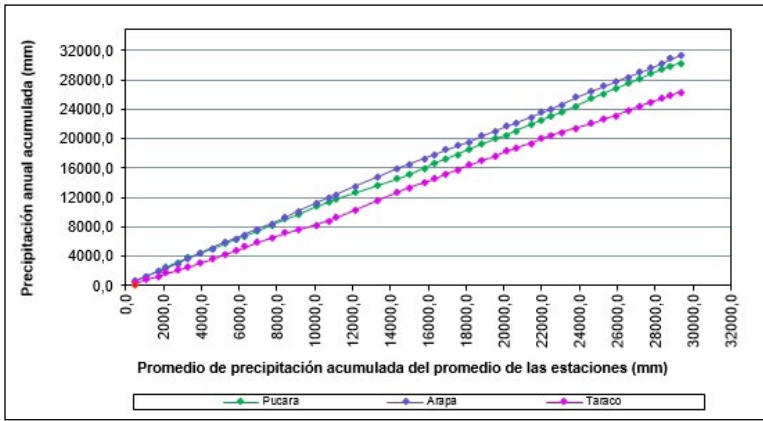
El incremento de la temperatura según las Tablas 8, 9 y 10, previsto en las temporadas de invierno y primavera, afectará a los cambios de evaporación y precipitación y, en consecuencia, la proporción nieve/precipitación y el volumen de agua almacenada en la capa arable de suelo y una gran parte del ciclo hidrológico. Esto es ratificado por BOYER *et al.*⁹⁴.

– Comportamiento de las precipitaciones pluviales

Antes de proceder a efectuar el modelamiento de las series de precipitaciones pluviales, fue necesario efectuar el análisis de consistencia respectivo, a fin de obtener una serie consistente, homogénea y confiable; puesto que la inconsistencia puede generar error significativo e introducen errores en todos los estudios que se realicen. El análisis de consistencia de la información meteorológica se realiza con tres métodos (gráfico, curva doble masa y estadístico) y software Hydraccess agrupando las estaciones pluviométricas en tres grupos.

-
- 92 FERNANDA HELFER, CHARLES LEMCKERT y HONG ZHANG. “Impacts of climate change on temperature and evaporation from a large reservoir in Australia”, en *Journal of Hydrology*, vol. 475, 2012, pp. 365 a 378.
- 93 JONATHAN RITSON, NIGEL GRAHAM, M. R. TEMPLETON, JOANNA M. CLARK, R. GOUGH y CHRISTOPHER FREEMAN. “The impact of climate change on the treatability of dissolved organic matter (DOM) in upland water supplies: a UK perspective”, en *Science of the Total Environment*, vol. 473 y 474, 2014, pp. 714 a 730.
- 94 CLAUDINE BOYER, DIANE CHAUMONT, ISABELLE CHARTIER y ANDRÉ G. ROYA. “Impact of climate change on the hydrology of St. Lawrence tributaries”, en *Journal of Hydrology*, vol. 384, n.ºs 1 y 2, 2010, pp. 65 a 83.

FIGURA 22. Diagrama de doble masa de las precipitaciones anuales respecto al promedio - grupo n° 1



En la Figura 22 se mostró el análisis de doble masa, donde la estación Pucará es una estación base seleccionada por presentar mayor regularidad, menor número de puntos de quiebre y el coeficiente de correlación (r) más próximo a la unidad (ver Tabla 17). La comparación de la serie de precipitaciones anuales muestra pequeños quiebres los cuales fueron evaluados con el análisis estadístico.

TABLA 17. Coeficiente de correlación (r) para cada estación - grupo n° 1, 2014

Coeficiente de correlación de la precipitación total anual			
Estaciones	Pucara	Arapa	Taraco
Coeficiente (r)	0,989	0,784	0,781

Así mismo, el análisis de doble masa de la figura, con estación base seleccionado de Progreso por presentar mayor regularidad, menor número de puntos de quiebre y el coeficiente de correlación (r) más próximo a la unidad (ver Tabla 18). La comparación de la serie de precipitaciones anuales de las estaciones muestra pequeños quiebres y estos fueron evaluados con el análisis estadístico.

TABLA 18. Coeficiente de correlación (r) para cada estación-grupo n° 2, 2014

Coeficiente de correlación de la precipitación total anual			
Estaciones	Ayaviri	Azángaro	Progreso
Coeficiente (r)	0,841	0,731	0,876

Además, en el análisis de doble masa, la estación Ananea fue seleccionada como estación base por presentar mayor regularidad, menor número de puntos de quiebre y coeficiente de correlación (r) más próximo a la unidad (ver Tabla 19). La comparación de la serie de precipitaciones anuales de las estaciones muestra pequeños quiebres y fueron evaluadas con el análisis estadístico.

TABLA 19. Coeficiente de correlación (r) para cada estación-grupo n° 3, 2014

Coeficiente de correlación de la precipitación total anual			
Estaciones	Crucero	Ananea	Chuquibambilla
Coeficiente (r)	0,665	0,756	0,701

El análisis estadístico de cada una de las estaciones se realiza en forma mensual mediante la prueba T para las medias y F para la desviación estándar y las precipitaciones mensuales de las estaciones seleccionadas se dividen en dos subseries. Las pruebas de hipótesis se hacen al nivel de significancia de 5% y una probabilidad de 95%.

FIGURA 23. Diagrama de doble masa de las precipitaciones anuales respecto al promedio - grupo n° 3

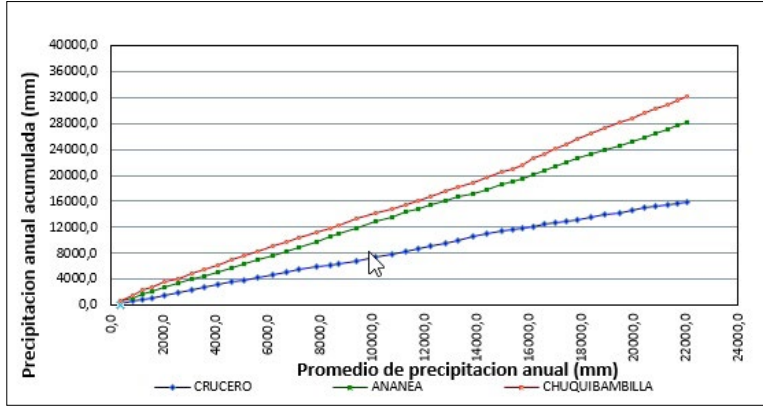


TABLA 20. Análisis de saltos de las precipitaciones mensuales-grupo n° 1, 2014

Estación	Periodo	Periodo de Análisis	N° de datos	Promedio	Desviación estándar	Consistencia en la Media			Consistencia en la desviación estándar		
						Tc	Tt	Diferencia Medias	Fc	Ft	Diferencia varianzas
Pucara	N ₁	1966-1994	348	64,16	65,41	0,801	1,976	No	1,065	1,256	No
	N ₂	1995-2010	192	59,58	63,31						
Arapa	N ₁	1966-1987	264	62,56	64,90	1,767	1,986	No	1,301	1,235	Sí
	N ₂	1988-2010	276	53,74	52,67						
Taraco	N ₁	1966-1987	264	51,04	59,34	0,631	1,986	No	1,370	1,235	Sí
	N ₂	1988-2010	276	48,10	50,69						

TABLA 21. Análisis de saltos de las precipitaciones mensuales-grupo n° 2, 2014

Estación	Periodo	Periodo de Análisis	N° de datos	Promedio	Desviación estándar	Consistencia en la Media			Consistencia en la desviación estándar		
						Tc	Tt	Diferencia medias	Fc	Ft	Diferencia varianzas
Ayaviri	N ₁	1964-1978	156	50,69	57,40	-0,774	1,986	No	1,081	1,181	No
	N ₂	1991-2010	348	56,02	59,78						
Azángaro	N ₁	1966-1983	204	40,80	45,20	-1,546	1,967	No	1,328	1,256	Sí
	N ₂	1991-2010	228	47,93	51,87						
Progreso	N ₁	1966-1984	228	47,18	47,90	-0,779	1,989	No	1,206	1,233	No
	N ₂	1985-2010	312	50,56	52,63						

TABLA 22. Análisis de saltos de las precipitaciones mensuales-grupo n° 3, 2014

Estación	Periodo	Periodo de Análisis	N° de datos	Promedio	Desviación estándar	Consistencia en la Media			Consistencia en la desviación estándar		
						Tc	Tt	Diferencia medias	Fc	Ft	Diferencia varianzas
Crucero	N ₁	1966-1989	276	75,02	72,82	1,687	1,978	No	1,145	1,239	No
	N ₂	1990-2010	252	64,79	68,04						
Ananea	N ₁	1966-1987	264	54,12	48,85	0,898	1,978	No	1,158	1,235	No
	N ₂	1988-2010	276	50,56	45,39						
Chiquibambilla	N ₁	1966-1992	312	58,30	59,12	-0,639	1,976	No	0,852	1,239	No
	N ₂	1993-2010	276	61,66	64,00						

En las Tablas 20, 21 y 22 se observó que, según las pruebas estadísticas, no existe diferencia significativa entre las medias de los periodos de análisis de las series históricas de precipitaciones pluviales en los tres grupos analizados de estaciones seleccionadas de la cuenca Ramis, puesto que $Tc \leq Tt$.

En cuanto a varianzas, existe una diferencia significativa en las estaciones Arapa, Taraco y Azángaro, lo que significa que hay variabilidad en las sub series de precipitación total mensual porque $F_c > F_t$. Este cambio de la varianza se atribuye a cambios climáticos regionales, debido a que el análisis de doble masa no evidencia mayores quiebres; por lo tanto, se consideran consistentes y homogéneos los datos de las series históricas de las precipitaciones pluviales.

El proceso que implica completar la información pluviométrica se realiza mediante correlación múltiple cruzada entre los datos de precipitación mensual de las estaciones consistentes y para cada periodo que busca el coeficiente de correlación más adecuado mediante el software Hydraccess.

FIGURA 24. Resumen del análisis de tendencias de precipitación mensual y anual, mediante los test paramétricos y no paramétricos, estaciones estudiadas (1966-2012)

ESTACION	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO
PUCARA	1966-2010	I													
		II													
		III													
		IV		-0.65-89-2010											
		V		-0.39-20-46-88											
ARAPA	1966-2010	I													
		II											(-)		
		III													
		IV											+0.64-89-2010		
		V								-0.93-2010-46-88					-0.93-2010-46-88
TARACO	1966-2010	I													
		II													
		III											(+)	(+)	
		IV										+0.65-88-89-2010	+0.66-88-89-2010	+0.66-88-89-2010	
		V													

REFERENCIAS		
I	Test Mann Kendall	0.10 N.S. Con poca evidencia en contra de Ho
II	Test Spearman Rho	0.05 N.S. Con evidencia posible en contra de Ho
III	Test Regresion Lineal	0.01 N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho
IV	Test Ran Ksum	N.S. Nivel de significancia
V	Test T-student	

En la Figura 24 se evidenció que, para la serie histórico de 1966-2012, no se ve tendencia marcada o evidente. En la estación Taraco en el mes de mayo, junio y julio las precipitaciones pluviales tienden a aumentar y a nivel anual para las tres estaciones su comportamiento es estable, es decir no presenta cambios significativos en la precipitación.

FIGURA 25. Resumen del análisis de tendencias de precipitación mensual y anual, mediante los test paramétricos y no paramétricos, estaciones estudiadas, 1966-2012

ESTACION	PERIODO	TEST	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO		
AYAVIRI	1966-2010	I			(+)												
		II			(+)									(-)	(-)		
		III			(+)												
		IV	<+66-88+89-200		>+66-88+89-200	>+66-88+89-200								(-)	(-)		
		V			>+89-200+66-88												
AZÁNGARO	1966-2010	I		(-)				(+)									
		II		(-)				(+)						(-)			
		III		(-)				(+)		(+)							
		IV								<+66-88+89-200				<+66-88+89-200	<+66-88+89-200		
		V								<+89-200+66-88							
PROGRESO	1966-2010	I		(+)													
		II		(+)										(-)			
		III		(+)													
		IV	>+66-88+89-200											<+66-88+89-200			
		V	>+89-200+66-88														
REFERENCIAS																	
I	Test Mann Kendall	0.10	N.S. Con poca evidencia en contra de Ho		(-)	Tendencia negativa (decreciente)											
II	Test Spearman Rho	0.05	N.S. Con evidencia posible en contra de Ho		(+)	tendencia positiva (as cendente)											
III	Test Regresión Lineal	0.01	N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho														
IV	Test Rank Sum	N.S. Nivel de significancia															
V	Test T-ident																

En la Figura 25 se indicó que, para la serie histórico 1966-2012, no se ve tendencia evidente. En las estaciones de Azángaro y Progreso en el mes de septiembre las precipitaciones tienden a disminuir, para Ayaviri en mes de octubre tiende a incrementar y para enero, marzo y abril tienden a incrementar en Ayaviri y Azángaro. A nivel anual, el comportamiento de las precipitaciones es estable; es decir, no presenta cambios significativos.

FIGURA 26. Resumen del análisis de tendencias de precipitación mensual y anual, mediante los test paramétricos y no paramétricos, estaciones estudiadas, 1966-2012

ESTACION		FEBRERO	ENERO	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AÑO HIDROLOGICO
CRUCERO	1966-2010				(-)			(-)								
	I				(-)			(-)								
	II				(-)			(-)								
	III				(-)			(-)								
	IV				(-)			(-)								
ANANEA	ANANEA				(-)				(-)	(-)						
	I				(-)				(-)	(-)						
	II				(-)				(-)	(-)						
	III				(-)				(-)	(-)						
	IV				(-)				(-)	(-)						
CHUQUIBAMBILLA	1966-2010				(-)									(+)		
	I				(-)									(+)		
	II				(-)									(+)		
	III				(-)									(+)		
	IV				(-)									(+)		

REFERENCIAS	I	TestMann Kendall	0.10	N.S. Con poca evidencia en contra de Ho	(-)	Tendencia negativa (decreciente)
	II	TestSpeaman Rho	0.05	N.S. Con evidencia posible en contra de Ho	(+)	tendencia positiva (ascendente)
	III	TestRegression Lineal	0.01	N.S. Con evidencia fuerte en contra de Ho		
	IV	TestRan Ksum		N.S.: Nivel de significancia		
	V	Test T-ident				

En la figura 26 se observó que las tendencias son menos evidentes. Las estaciones de Crucero, Ananea y Chuquibambilla, en el mes de septiembre, presentan tendencias decrecientes significativas; es decir, disminución de las precipitaciones; para Ananea y Chuquibambilla, en el mes de febrero tienden a incrementar. A nivel anual, las precipitaciones en la estación Crucero tiende a disminuir según las pruebas de t-student presentando un gradiente negativo.

En el verano ha cambiado la precipitación (en cantidad y frecuencia). Este cambio no solo depende de un cambio en la circulación atmosférica, sino también del aumento de la temperatura, y las investigaciones sobre el impacto del cambio climático. Las precipitaciones mensuales muestran disminución, pero estas tendencias no son significativas en las precipitaciones observadas, tal como afirmaron CHAUCHE *et al.*⁹⁵.

95 CHAUCHE, NEPEL, DIEULIN, PUJOL, LADOCHE, MARTIN, SALAS y CABALLERO. “Analyses of precipitation, temperature and evapotranspiration in a french mediterranean region in the context of climate change”, cit.

TABLA 23. Resumen del modelo de regresión lineal de precipitación, cuenca Ramis, 1992-2012

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,730 ^a	0,533	-0,229	6,002
a. Variables predictoras: (Constante), precipitación máximas de 24 horas, días de precipitación, precipitación total.				

Según el modelo de regresión lineal, la relación no es significativa, pero se pudo determinar que los cambios en las precipitaciones pluviales se relacionan en solo un 5,3% con el cambio climático en los últimos 20 para la cuenca del río Ramis.

TABLA 24. ANOVA^a de las precipitaciones pluviales, cuenca Ramis, 1992-2012

Modelo	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	88,703	3	29,568	0,821	0,0401 ^b
	Residual	576,297	16	36,019		
	Total	665,000	19			
a. Variable dependiente: Cambio climático						
b. Variables predictoras: (constante), precipitación máxima en 24 horas, días de precipitación, precipitación total						

Según la prueba de hipótesis de la distribución F del análisis ANOVA, podemos determinar que no existe una influencia significativa de los cambios climáticos en las precipitaciones pluviales de la cuenca Ramis, porque $F_c \leq F_T$ (2,24), para los años de 1992 al 2012, pero contrariamente se afirma en base al valor del significancia igual a 0,0401 = 4,01% es menor a un error del 0,05 = 5%.

TABLA 25. Análisis de coeficientes independientes, según prueba T

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	3,852	26,889		0,143	0,888
	Precipitación total	-0,192	0,282	-0,378	-0,682	0,051
	Días de precipitación	2,436	2,495	0,426	0,976	0,034
	Precipitación máxima de 24 h.	-0,570	1,077	-0,185	-0,529	0,064

En la Tabla 25 se notó que con los resultados de los coeficientes independientes se pudo establecer que no existe influencia significativa del cambio climático en las precipitaciones pluviales en la cuenca porque la $T_C \leq T_T$ (2,093). Además, la precipitación total y precipitación máxima de 24 horas tienen relación inversa. Es decir, a mayor variación del clima, menores serán las precipitaciones pluviales y las máximas de 24 horas.

Cambios en las precipitaciones pueden tener un impacto ya sea positivo o negativo estos pueden ser muy dependientes de los tipos de circulación atmosférica, tal como afirman RUANE *et al.*⁹⁶. Los resultados están influenciados por el aumento de la temperatura que podría cambiar la tasa de evapotranspiración y la forma de precipitación, y luego patrones de caudales mensuales.

96 ALEX C. RUANE, DAVID C. MAJOR, WINSTON H. YU, MOZAHARUL ALAM, SK. GHULAM HUSSAINE, ABU SALE KHAN, AHMADUL HASSAN, BHUIYA MD. TAMIM AL HOSSAIN, RICHARD GOLDBERG, RADLEY M. HORTON y CYNTHIA ROSENZWEIG. "Multi-factor impact analysis of agricultural production in Bangladesh with climate change", en *Global Environmental Change*, vol. 23, n.º 1, 2013, pp. 336 a 350.

TABLA 26. Correlaciones bivariadas del cambio climático con las variaciones de las precipitaciones pluviales en la cuenca del río Ramis, 1992-2012

		Cambio climático	Precipitación total	Días de precipitación	Precipitación máxima de 24 horas
Cambio climático	Correlación de Pearson	1	-0,160	0,049	-0,282
	Sig. (bilateral)		0,501	0,839	0,228
	N	20	20	20	20
Precipitación total	Correlación de Pearson	-0,160	1	0,811**	0,686**
	Sig. (bilateral)	0,501		0,000	0,001
	N	20	20	20	20
Días de precipitación	Correlación de Pearson	0,049	0,811**	1	0,382
	Sig. (bilateral)	0,839	0,000		0,097
	N	20	20	20	20
Precipitación máxima de 24 horas	Correlación de Pearson	-0,282	0,686**	0,382	1
	Sig. (bilateral)	0,228	0,001	0,097	
	N	20	20	20	20

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 26 se observó que no existen relaciones significativas bivariadas entre el cambio climático y los factores de precipitación, pero se puede afirmar que existe una relación negativa muy baja entre el cambio climático y la precipitación total de -0,160, lo que indica que, a mayor tiempo y cambios en el clima, menor es la precipitación total que se presentan en la cuenca Ramis; así mismo, dicho comportamiento también ocurre con las precipitaciones máximas de 24 horas.

TABLA 27. Coeficientes^a de precipitación total según el modelo lineal

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	89,154	5,481		16,266	0,000
	Cambio Climático	-0,314	0,458	-0,160	-0,686	0,501
a. Variable dependiente: Precipitación total						

Modelo lineal:

$$\bar{Y} = 89,1554 - 0,314 (\text{año})$$

TABLA 28. Coeficientes de precipitación total según el modelo logarítmico

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
ln(Cambio Climático)	-1,881	3,345	-0,131	-0,562	0,581
(Constante)	89,840	7,560		11,884	0,000

Modelo logarítmico:

$$\log \bar{Y} = \log_a + \log_b (t)$$

$$\bar{Y} = 89,840 - \ln(1,881(\text{año}))$$

TABLA 29. Coeficientes de precipitación total según el modelo exponencial

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.
	B	Error típico	Beta		
Cambio climático	-0,004	0,005	-0,163	-0,699	0,493
(Constante)	88,428	5,454		16,212	0,000
La variable dependiente es ln(Precipitación total).					

Modelo exponencial:

$$\bar{Y} = \alpha - e^{\beta x}$$

$$\bar{Y} = 88,428 - (e)^{(0,004 \text{ (año)})}$$

La precipitación no sigue una tendencia significativa clara y que todos los escenarios sugieren un moderado descenso de las precipitaciones para mediados de siglo (2 a 4%) y para el final del siglo (4,5 a 5,5%). Esto fue corroborado por RIBALAYGUA *et al.*⁹⁷. Las proyecciones presentadas en la investigación exhiben una mayor incertidumbre; pero cuando se trabaja en función a los datos completos de la serie histórica, presenta tendencias claras.

Así mismo, el potencial de desplazamiento temporal de los eventos extremos de precipitación y el aumento de la intensidad global pueden exacerbar la magnitud de las crecidas y dar lugar a un aumento de las cargas de sedimentos y sustentos al río. Esto fue corroborado por WANG, HAGEN y ALIZAD⁹⁸.

Además, los cambios en las precipitaciones extremas son relativamente pequeños y solo las tendencias regionales en días húmedos consecutivos fueron significativas. Estas tendencias son difíciles de detectar y están en contra de la variabilidad a escala más grande de la precipitación. La distribución espacial de los cambios de todos los índices extremos climáticos refleja la complejidad general climática y la influencia de la topografía, tal como reconocen LI *et al.*⁹⁹. Además, si se continúa así, estas tendencias pueden conducir a un aumento en la frecuencia de otro tipo potencialmente peligroso de los fenómenos extremos: periodos prolongados sin precipitaciones que causan daños a la infraestructura real y daño a la vida humana.

-
- 97 JAIME RIBALAYGUA, L. TORRES, JAVIER PÓRTOLES, ROBERT MONJO, EMMA GAITÁN y MARÍA ROSA PINO. "Description and validation of a two-step analog/regression downscaling method", en *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 114, n.º 1 y 2, 2013, pp. 253 a 269.
- 98 DINGBAO WANG, SCOTT C. HAGEN y KARIM ALIZAD. "Climate change impact and uncertainty analysis of extreme rainfall events in the Apalachicola River basin, Florida", en *Journal of Hydrology*, vol. 480, 2013, pp. 125 a 135.
- 99 XIANG LI, TARO TAKAHASHI, NOBUHIRO SUZUKI y HARRY M. KAISERA. "The impact of climate change on maize yields in the United States and China", en *Agricultural Systems*, vol. 104, n.º 4, 2011, pp. 348 a 353.

– *Rendimiento de los cultivos frente a los comportamientos de las variables climáticas*

- Medidas de tendencia central y variabilidad de rendimiento de los cultivos

TABLA 30. Medidas de tendencia central y variación del rendimiento de los cultivos seleccionados en la cuenca Ramis, 1992–2012

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
Haba	838,39	1215,83	1029,0780	112,07095	12559,898
Papa	5799,46	10287,98	8430,2745	1531,66743	2346005,119
Quinua	766,74	1970,78	1000,7055	259,08518	67125,129

Las variables climáticas para cultivos seleccionados influyen de distinta intensidad, para el cultivo de haba (ver Tablas 31, 32 y 33), las temperaturas óptimas oscilan entre 11,5 a 16°C durante su fase fenológico, temperaturas constantes superiores a 23°C, así como una fluctuación térmica diaria con temperaturas diurnas superiores a 20°C y temperaturas nocturnas debajo de 10°C, pueden inhibir la floración¹⁰⁰. El cultivo de papa es más sensible a las heladas, crece y se produce bien con temperaturas frescas, principalmente de noche favorece a la formación de tubérculos, para el crecimiento vegetativo es bueno entre 20-25°C, y la temperatura óptima para la producción de tubérculos está entre 18-20°C, mientras que las temperaturas altas de 28-30°C impiden el crecimiento de los tubérculos al gastar la planta en respiración toda la producción de la fotosíntesis.

100 EVANS, cit. en R. J. SUMMERFIELD, E. H. ROBERTS, W. ERSKINE y R. H. ELLIS. "Effects of temperature and photoperiod on flowering in lentils (*Lens culinaris Medic.*)", en *Annals of Botany*, vol. 56, n.º 5, 1985, pp. 659 a 671.

TABLA 31. Comportamiento del rendimiento del cultivo de haba en kg/ha a variables climáticas óptimas

Taraco haba				
$Y = C_{(1)} + C_{(2)} T + C_{(3)} P + C_{(4)} T^2 + C_{(5)} T^2 + C_{(6)} T * P$				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-29529,57	11679,86	-2,528248	0,0241
C(2)	5988,506	2256,287	2,654141	0,0189
C(3)	5,677940	14,91126	0,380782	0,7091
C(4)	-314,4262	131,6633	-2,388109	0,0316
C(5)	-0,008648	0,008155	-1,060497	0,3069
C(6)	0,318999	1,703198	0,187294	0,8541
R-squared	0,341078	Mean dependent var		1056,297
Adjusted R-squared	0,105748	S.D. dependent var		176,8639
S.E. of regression	167,2511	Akaike info criterion		13,32019
Sum squared resid	391621,1	Schwarz criterion		13,61891
Log likelihood	-127,2019	Hannan-Quinn criter.		13,37851
F-statistic	1,449363	Durbin-Watson stat		1,617052
Prob(F-statistic)	0,267421			
P	508,68 mm			
T	9,79 °C			
Y	1201.18 kg/ha			

TABLA 32. Comportamiento del rendimiento del cultivo de haba en kg/ha a variables climáticas óptimas

Arapa - Haba				
$Y = C_{(1)} + C_{(2)} T + C_{(3)} P + C_{(4)} T^2 + C_{(5)} T^2 + C_{(6)} T * P$				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-12893,59	15599,57	-0,826535	0,4224
C(2)	2476,819	2258,457	1,096686	0,2913
C(3)	2,529906	20,71554	0,122126	0,9045
C(4)	-119,9669	95,77890	-1,252539	0,2309
C(5)	-0,002484	0,006647	-0,373696	0,7142
C(6)	0,094779	1,605066	0,059050	0,9537
R-squared	0,198317	Mean dependent var		1034,960

Adjusted R-squared	-0,087999	S.D. dependent var	160,3964
S.E. of regression	167,3050	Akaike info criterion	13,32084
Sum squared resid	391873,5	Schwarz criterion	13,61956
Log likelihood	-127,2084	Hannan-Quinn criter.	13,37915
F-statistic	0,692651	Durbin-Watson stat	0,751061
Prob(F-statistic)	0,637423		
P	711,54 mm		
T	10,61 °C		
Y	1138,57 kg/ha		

TABLA 33. Comportamiento del rendimiento del cultivo de haba en kg/ha a variables climáticas óptimas

Azángaro - Haba				
$Y = C_{(1)} + C_{(2)} T + C_{(3)} P + C_{(4)} T^2 + C_{(5)} T^2 + C_{(6)} T * P$				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-25320,90	13388,42	-1,891254	0,0795
C(2)	4909,413	2305,802	2,129156	0,0515
C(3)	0,187562	12,79979	0,014653	0,9885
C(4)	-236,1356	107,8800	-2,188873	0,0461
C(5)	-0,002034	0,002164	-0,939749	0,3633
C(6)	0,244845	1,203276	0,203482	0,8417
R-squared	0,279700	Mean dependent var		1013,222
Adjusted R-squared	0,022450	S.D. dependent var		104,0721
S.E. of regression	102,8972	Akaike info criterion		12,34866
Sum squared resid	148229,7	Schwarz criterion		12,64738
Log likelihood	-117,4866	Hannan-Quinn criter.		12,40698
F-statistic	1,087270	Durbin-Watson stat		1,703467
Prob(F-statistic)	0,409401			
P	693,42 mm			
T	10,76 °C			
Y	1144,07 kg/ha			

En las Tablas 31, 32 y 33 se observó la temperatura media para el cultivo de la quinua, que es alrededor de 15-20°C. Sin embargo, se ha observado que con temperaturas medias de 10°C se desarrolla perfectamente el cultivo, así como con temperaturas altas de hasta 25°C. Dicho cultivo posee un mecanismo de escape y tolerancia a bajas temperaturas, así que puede soportar hasta menos de 8°C en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano. Respecto a temperaturas extremas altas por encima de 38°C, se ha observado que produce aborto de flores y muerte de estimas y estambres, imposibilitando así la formación de polen y, por lo tanto, la formación de grano¹⁰¹.

- Rendimiento promedio del cultivo de haba frente a las variables climáticas

TABLA 34. Resumen del modelo de relación entre cultivo y clima

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,694 ^a	0,482	0,215	105,40396
a. Variables predictoras: (constante), temperatura mínima, días de precipitación, temperatura máxima, precipitación total				

Según el modelo la relación es significativamente alta, donde se tiene un R cuadrado de 0,482, lo que significa que un aproximado del 48,2% de los cambios en el rendimiento del cultivo de haba grano seco se producen como consecuencia de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales en los últimos 20 años para la cuenca del río Ramis, puesto que “el altiplano peruano es considerado una de las zonas más sensibles y perturbadas por la variabilidad climática con implicancias en las actividades del sector agropecuario”¹⁰².

101 ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 1994. Dilemas del desarrollo y las políticas forestales*, Roma, FAO, 1994, disponible en [<http://www.fao.org/3/t4450s/t4450s.pdf>].

102 JANEET SANABRIA, JOSÉ MARENGO y MARÍA VALVERDE. “Escenarios de cambio climático con modelos regionales sobre el altiplano peruano (departamento de Puno)”, en *Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA*, n.º 1, 2009, p. 134.

TABLA 35. ANOVA^a de la regresión residual total para el cultivo de haba

Modelo		Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	R	F	Sig.
1	Regresión	71988,123	4	17997,031	0,694 ^b	1,620	0,042 ^b
	Residual	166649,935	15	11109,996			
	Total	238638,058	19				
a. Variable dependiente: haba							
b. Variables predictoras: (constante), temperatura mínima, días de precipitación, temperatura máxima, precipitación total							

En la Tabla 35 se pudo observar que, según la prueba de hipótesis de la distribución F con el análisis ANOVA, se determina que no existe una influencia significativa de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales en el rendimiento del cultivo de la haba grano seco de la cuenca para los años de 1992 a 2012. Dado el valor de F , esto indica que no hay variación estadísticamente; pero el valor de significancia es igual a $0,042 = 4,2\%$ que es menor a un error del $0,05 = 5\%$, puesto que se requiere una precipitación pluvial promedio 800 mm. y las temperaturas óptimas durante su ciclo vegetativo está entre $11,5$ y 16°C y superiores a 20°C pueden inhibir la floración; por ende, la disminución en el rendimiento del cultivo de haba¹⁰³.

TABLA 36. Coeficientes^a no estandarizadas y tipificadas de las variables climáticas

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-1971,844	1328,334		-1,484	0,158
	Precipitación total	-0,041	3,902	-0,004	-0,011	0,092
	Días de precipitación	71,701	40,345	0,662	1,777	0,045
	Temperatura máxima	138,412	72,697	0,642	1,904	0,036
	Temperatura mínima	-118,153	80,453	-0,455	-1,469	0,163
a. Variable dependiente: haba						

103 ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 1994. Dilemas del desarrollo y las políticas forestales*, cit.

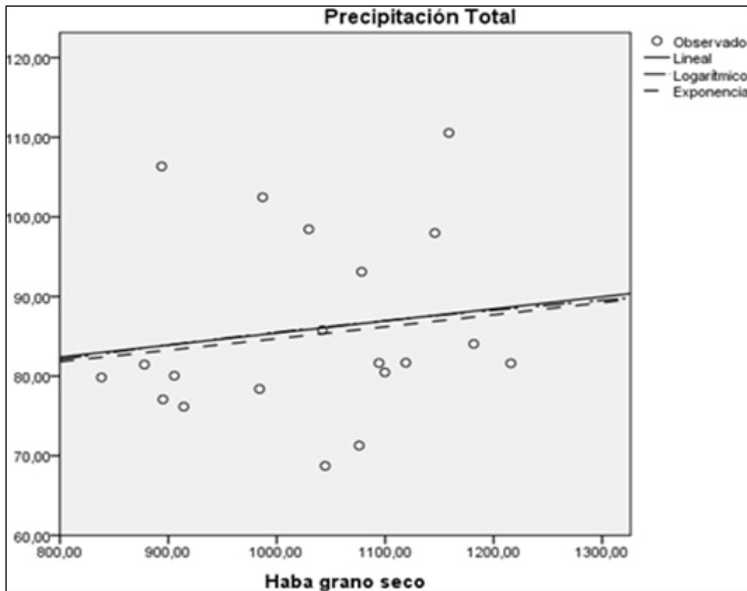
En la Tabla 36 se apreció que los resultados de los coeficientes independientes establecen que existe influencia inversa a un 4% de error del cambio en las temperaturas máximas y los días de precipitación en el rendimiento del cultivo de la haba grano seco para los años de 1992 a 2012, porque ninguna de las variables climáticas estadísticamente son significativas ; puesto que la oscilación de temperaturas extremas supera los 20°C durante el día y en la noche por debajo de los 10°C, y del mismo modo los días de precipitación son importantes para que sea un ambiente fresco¹⁰⁴.

TABLA 37. Correlaciones bivariadas del cultivo de haba con las variaciones climáticas en la cuenca del río Ramis, 1992-2012

		Haba grano seco	Precipitación total	Días de precipitación	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Haba grano seco	Correlación de Pearson	1	0,146	0,312	0,139	-0,014
	Sig. (bilateral)		0,539	0,180	0,560	0,952
Precipitación total	Correlación de Pearson	0,146	1	0,811**	-0,438	0,233
	Sig. (bilateral)	0,539		0,000	0,053	0,324
Días de precipitación	Correlación de Pearson	0,312	0,811**	1	-0,415	0,176
	Sig. (bilateral)	0,180	0,000		0,069	0,458
Temperatura máxima	Correlación de Pearson	0,139	-0,438	-0,415	1	0,506*
	Sig. (bilateral)	0,560	0,053	0,069		0,023
Temperatura mínima	Correlación de Pearson	-0,014	0,233	0,176	0,506*	1
	Sig. (bilateral)	0,952	0,324	0,458	0,023	
** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).						
* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).						

En la Tabla 37 se señaló que, de los resultados obtenidos, existen relaciones significativas bi-variadas bajas entre la variación de las temperaturas, precipitaciones pluviales y el rendimiento del cultivo de la haba grano seco de la cuenca, durante los años 1992 a 2012, pero las temperaturas mínimas afectan de forma negativa en el rendimiento de los cultivos de haba, tal como lo sostuvo ARAGÓN¹⁰⁵.

FIGURA 27. Precipitación total y tendencias de rendimiento de cultivos del haba en la cuenca del río Ramis



En la Figura 27 se mostró que, a mayor incremento de la precipitación pluvial, aumenta el rendimiento del cultivo de haba grano seco, proyectadas mediante tres modelos (lineal, logarítmico y exponencial), pero presentan cierta disminución del periodo de crecimiento debido al aumento de la temperatura, la migración de los humedales, siguiendo los cambios en la precipitación¹⁰⁶. En el caso de actividades socioeconómicas ejemplos de adaptaciones reactivas serían cambios en las prácticas agrícolas o en el patrón de uso del agua.

105 LUIS HUMBERTO ARAGÓN PONCE DE LEÓN. *Factibilidades agrícolas y forestales en la República Mexicana*, México, D. C., Trillas, 1995.

106 GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. *Cambio climático y biodiversidad*, Ginebra, IPCC, 2002, disponible en [<https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>].

En la agricultura, el ámbito de estudio presenta reducción de daños por heladas, aumento de peligros por calor en algunos cultivos y animales, disminución de la amplitud térmica diaria; aumento en la demanda de riego, mayor frecuencia de ataques de insectos. Acciones que se pueden asumir: modificar los calendarios de labores, cambiar la proporción de animales en pastizales, adoptar y desarrollar nuevas variedades resistentes y establecer programas para seguridad alimentaria.

El aumento de la temperatura ha generado el mayor impacto por incremento de la temperatura será en la reducción del ciclo fenológico de los cultivos anuales; por ello, se considera importante tomar ciertas medidas: “en primer lugar, el uso de híbridos o variedades de ciclo más largo que las actuales, con resistencia al estrés térmico y, en segundo lugar, la compactación del periodo de siembra hacia los meses más fríos”¹⁰⁷.

Cuando aumenta la temperatura, por lo general se reduce la producción en todos los escenarios. Los cambios en las precipitaciones pueden tener impacto ya sea positivo o negativo, con un alto grado de incertidumbre a través de los modelos climáticos globales¹⁰⁸.

- Rendimiento promedio del cultivo de la papa frente a las variables climáticas

TABLA 38. Resumen del modelo del rendimiento de papa y variables climáticos, cuenca Ramis, 1992-2012

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,839 ^a	0,704	0,599	1084,62201
a. Variables predictoras: (constante), temperaturas mínimas, días de precipitación, temperaturas máximas, precipitación total.				

107 WALDO OJEDA BUSTAMANTE, ERNESTO SIFUENTES IBARRA, MAURO ÍÑIGUEZ COVARRUBIAS y MARTÍN J. MONTERO MARTÍNEZ. “Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos”, en *Agrociencia*, vol. 45, n.º 1, 2011, disponible en [<http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v45n1/v45n1a1.pdf>], p. 1.

108 RUANE, MAJOR, YU, ALAM, HUSSAINE, KHAN, HASSAN, AL HOSSAIN, GOLDBERG, HORTON y ROSENZWEIG. “Multi-factor impact analysis of agricultural production in Bangladesh with climate change”, cit.

En la Tabla 38 se apreció que la relación es altamente significativa, de donde se tiene un R cuadrado de 0,704, lo que significa que un aproximado del 70,4% de los cambios en el rendimiento del cultivo de la papa ocurren a consecuencia de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales de los últimos 20 periodos en la cuenca.

TABLA 39. ANOVA^a de la regresión residual total para el cultivo de papa, cuenca Ramis, 1992-2012

Modelo		Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	26928023,736	4	6732005,934	5,723	0,005 ^b
	Residual	17646073,520	15	1176404,901		
	Total	44574097,256	19			
a. Variable dependiente: papa						
b. Variables predictoras: (constante), temperatura mínima, días de precipitación, temperatura máxima, precipitación total						

En la tabla 39 se mostró que, según la prueba de hipótesis de la distribución F con el análisis ANOVA la $F_c > F_T (2,24)$, se determinó que existe una influencia significativa de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales en el rendimiento del cultivo de la papa en la cuenca del río Ramis, durante los años de 1992 al 2012, puesto que se obtuvo un valor de significancia igual a $0,005 = 0,5\%$, mucho menor a un error del $0,05 = 5\%$.

TABLA 40. Coeficientes^a no estandarizados y tipificados de variables climáticas

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficiente tipificados	T	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-52067,583	13668,753		-3,809	0,002
	Precipitación total	-15,025	40,156	-0,114	-0,374	0,714
	Días de precipitación	1313,763	415,161	0,888	3,164	0,006
	Temperatura máxima	2977,397	748,062	1,010	3,980	0,001
	Temperatura mínima	-2403,648	827,873	-0,677	-2,903	0,011
a. Variable dependiente: Papa						

En la Tabla 40 se mostró que con los resultados de los coeficientes independientes se pudo establecer que existe una influencia altamente significativa de las temperaturas máximas en rendimiento del cultivo de la papa, siendo su valor de significancia igual a 0,001, mientras que los días de precipitación también tienen una influencia altamente significativa (sig. = 0,006) en el rendimiento del cultivo de la papa, así como las temperaturas mínimas influye de forma negativa y significativa (sig. = 0,011) en el rendimiento del cultivo de la papa de la cuenca del río Ramis, para los años de 1992 a 2012, mientras que la precipitación total no tiene influencia significativa; sin embargo, influye de forma negativa. Además $T_c > T_t$ (2,093), en todas las variables climáticas, con excepción de la precipitación total ($T_c \leq T_t$ (2,093)).

La reducción de rendimiento de los cultivos relativa se estimó a partir de un factor de estrés del agua, que es una función del contenido de humedad del suelo. El contenido medio de humedad del suelo: para el ámbito de estudio se determinó por medio de un enfoque de balance del agua simple. Así mismo, la reducción media del rendimiento de los cultivos en relación a 20 años para todos los escenarios se redujo por el descenso irregular de las precipitaciones, tal como lo afirmaron HARMSEN *et al.*¹⁰⁹.

Los impactos del cambio climático sobre la agricultura podrían ser más importantes para los países en desarrollo en las regiones tropicales: sus poblaciones dependen básicamente de la agricultura, de subsistencia y recursos dependientes del clima, la pobreza limita su capacidad de anticipación y adaptación al cambio climático y, en la actualidad, en él se plantea un serio desafío a la seguridad alimentaria por el crecimiento de la población en esas regiones. Las actuales proyecciones de los impactos del cambio climático sobre el rendimiento de los cultivos tropicales, a pesar del promedio negativo, siguen en gran medida incierto: hace falta, en gran escala, las evaluaciones cuantitativas más consistentes, tal como lo sostuvieron BERG *et al.*¹¹⁰.

109 ERIC W. HARMSEN, NORMAN L. MILLER, NICOLE J. SCHLEGEL y JORGE E. GONZÁLEZ. "Seasonal climate change impacts on evapotranspiration, precipitation deficit and crop yield in Puerto Rico", en *Agricultural Water Management*, vol. 96, n.º 7, 2009, pp. 1.085 a 1.095.

110 ALEXIS BERG, NATHALIE DE NOBLET, BENJAMIN SULTAN, MATTHIEU LENGAINNE y MATTHIEU GUIMBERTEAU. "Projections of climate change impacts on potential C4 crop productivity over tropical regions", en *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 170, 2013, pp. 89 a 102.

La disminución del rendimiento se relaciona de forma lineal con el acortamiento del período de crecimiento causado por el aumento de la temperatura y descenso de las precipitaciones pluviales¹¹¹.

TABLA 41. Correlaciones bivariadas del cultivo de papa con las variaciones climáticas en la cuenca del río Ramis, 1992-2012

		Papa	Precipitación total	Días de precipitación	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Papa	Correlación de Pearson	1	0,006	0,257	0,349	-0,036
	Sig. (bilateral)		0,979	0,275	0,131	0,880
Precipitación total	Correlación de Pearson	0,006	1	0,811**	-0,438	0,233
	Sig. (bilateral)	0,979		0,000	0,053	0,324
Días de precipitación	Correlación de Pearson	0,257	0,811**	1	-0,415	0,176
	Sig. (bilateral)	0,275	0,000		0,069	0,458
Temperatura máxima	Correlación de Pearson	0,349	-0,438	-0,415	1	0,506*
	Sig. (bilateral)	0,131	0,053	0,069		0,023
Temperatura mínima	Correlación de Pearson	-0,036	0,233	0,176	0,506*	1
	Sig. (bilateral)	0,880	0,324	0,458	0,023	
** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)						
* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)						

En la Tabla 41 se apreció que, de los resultados obtenidos, se puede afirmar que las temperaturas mínimas influyen de forma negativa en el cultivo de la papa; es decir, a temperaturas más bajas menor es el

111 ADLUL ISLAM, LAJPAT R. AHUJA, LUIS A. GARCÍA, LIWANG MA, ANAPALLI S. SASEENDRAN y THOMAS J. TROUT. "Modeling the impacts of climate change on irrigated corn production in the central great plains", en *Agricultural Water Management*, vol. 110, 2012, pp. 94 a 108, disponible en [<https://krishi.icar.gov.in/jspui/bitstream/123456789/1804/1/ModelingImpact2011-12.pdf>].

rendimiento del tubérculo, puesto que es más sensible a las temperaturas bajas. Mientras que las temperaturas máximas, precipitación total y días de precipitación, se relacionan de manera positiva con el rendimiento de la papa en la cuenca Ramis, pero no son significativos.

Los principales impactos del cambio climático estarán en los cultivos de secano, que representan casi el 60% de la superficie de tierras de cultivo, y estas serán altamente vulnerables al cambio climático. La producción de cultivos se puede aumentar mediante el uso de semillas de calidad, de variedades de alto rendimiento y resistentes al estrés, combinado con el uso juicioso de los insumos, en particular el agua y los nutrientes. Los cambios climáticos afectan a las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria, es decir, la disponibilidad, el acceso a los alimentos, la estabilidad de los suministros de alimentos y utilización de los alimentos, tal como afirmaron SINGH *et al.*¹¹².

- Rendimiento promedio del cultivo de quinua frente a las variables climáticas.

TABLA 42. Resumen del modelo de la relación del rendimiento de quinua y variables climáticas, cuenca Ramis 1992-2012

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	0,815 ^a	0,664	0,575	168,95366
a. Variables predictoras: (constante), temperatura mínima, días de precipitación, temperatura máxima, precipitación total				

En la Tabla 42 se evidenció que la relación es altamente significativa, de donde se obtuvo un R cuadrado de 0,664, lo que significa que un aproximado del 66,4% de los cambios en el rendimiento del cultivo de la quinua son a consecuencia de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales en los últimos 20 años en la cuenca Ramis.

112 SURENDRA SINGH, CHAD BROCKER, VINDHYA KOPPAKA, CHEN YING, BRIAN JACKSON, AKIKO MATSUMOTO, DAVID C. THOMPSON y VASILIS VASILIOU. "Aldehyde dehydrogenases in cellular responses to oxidative/electrophilic stress", en *Free Radical Biology & Medicine*, n.º 56, 2013, pp. 89 a 101, disponible en [<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3631350/>].

TABLA 43. Análisis de ANOVA^a de regresión residual total para el cultivo de papa, cuenca Ramis, 1992-2012

Modelo		Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	847197,365	4	211799,341	7,420	0,002 ^b
	Residual	428180,088	15	28545,339		
	Total	1275377,453	19			
a. Variable dependiente: quinua						
b. Variables predictoras: (constante), temperatura mínima, días de precipitación, temperatura máxima, precipitación total						

En la Tabla 43, según la prueba de hipótesis de la distribución F con el análisis ANOVA el $FC > Ft (2,24)$, se pudo establecer que existe una influencia significativa de los cambios de las temperaturas y precipitaciones pluviales en el rendimiento del cultivo de la quinua en el ámbito de estudio, para los años de 1992 a 2012, porque se tiene un valor de significancia igual a $0,002 = 0,2\%$ que es mucho menor a un error del $0,05 = 5\%$.

TABLA 44. Coeficientes^a no estandarizadas y tipificadas de variables climáticas, cuenca Ramis, 1992-2012

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-7948,622	2129,208		-3,733	0,002
	Precipitación total	22,193	6,255	0,997	3,548	0,003
	Días de precipitación	-72,179	64,670	-0,288	-1,116	0,282
	Temperatura máxima	571,367	116,527	1,146	4,903	0,000
	Temperatura mínima	-585,722	128,959	-0,975	-4,542	0,000
a. Variable dependiente: quinua						

En la Tabla 44 se apreció que, con los resultados de los coeficientes independientes, se pudo establecer que existe una influencia altamente significativa cuando $Tc > Tt (2,093)$, puesto que la precipitación total (sig. = 0,003), las temperaturas máximas (sig. = 0,000) y las temperaturas mínimas (sig. = 0,000) muestran una fuerte influencia en

el rendimiento del cultivo de la quinua en la cuenca Ramis, para los años de 1992 a 2012, mientras que los días de precipitación no tienen influencia porque la $Tc \leq Tt$ (2,093).

El cambio climático indicó un incremento de la temperatura ambiental con variabilidad en el espacio y en el tiempo, el mayor impacto por incremento de la temperatura será en la reducción del ciclo fenológico de los cultivos anuales. Por tanto, es necesario implantar acciones de adaptación: en primer lugar, el uso de híbridos o variedades de ciclo más largo que las actuales con resistencia al estrés térmico, y en segundo lugar, la compactación del periodo de siembra hacia los meses más fríos.

TABLA 45. Correlaciones bivariadas del cambio climático con las variaciones de las precipitaciones pluviales en la cuenca del río Ramis, 1992-2012

		Quinua	Precipitación Total	Días de precipitación	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Quinua	Correlación de Pearson	1	0,034	-0,128	0,336	-0,214
	Sig. (bilateral)		0,888	0,592	0,148	0,364
Precipitación total	Correlación de Pearson	0,034	1	0,811**	-0,438	0,233
	Sig. (bilateral)	0,888		0,000	0,053	0,324
Días de precipitación	Correlación de Pearson	-0,128	0,811**	1	-0,415	0,176
	Sig. (bilateral)	0,592	0,000		0,069	0,458
Temperatura máxima	Correlación de Pearson	0,336	-0,438	-0,415	1	0,506*
	Sig. (bilateral)	0,148	0,053	0,069		0,023
Temperatura mínima	Correlación de Pearson	-0,214	0,233	0,176	0,506*	1
	Sig. (bilateral)	0,364	0,324	0,458	0,023	
** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)						
* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)						

En la tabla 45 se notó que los días de precipitación y las temperaturas mínimas influyen de forma negativa en el cultivo de la quinua; es decir, a mayores temperaturas mínimas menor es el rendimiento de la quinua. Mientras que las temperaturas máximas y precipitación total se relacionan de manera positiva con el rendimiento de la quinua en la cuenca Ramis.

Se encontró que el clima había cambiado de manera significativa en estas últimas décadas. Por ejemplo, los cambios en la temperatura, las precipitaciones y la radiación solar en las últimas tres décadas incrementó en conjunto el rendimiento de trigo en el norte de China por 0,9 a 12,9%; sin embargo, la reducción de trigo permite en el sur de China en 1,2 a 10,2%, con una gran diferencia espacial según TAO *et al.*¹¹³.

La elevada temperatura afecta el rendimiento y las características de calidad del grano más importante que los cambios en las precipitaciones. Los cambios climáticos proyectados muy probablemente afectarán las características de calidad del grano de interés para los diferentes mercados y las necesidades de utilización, tal como lo afirmaron HÖGY *et al.*¹¹⁴.

Así mismo, el calentamiento global puede, potencialmente, reducir el período de crecimiento del cultivo, se espera que la producción y la productividad de todos los cultivos de variedades diferentes para disminuir necesidades de agua más altas debido a una menor precipitación y la temperatura alta muy superior, como lo sostuvo GOHARI *et al.*¹¹⁵.

Los sistemas de producción agropecuaria de secano están sufriendo de una baja productividad. Los periodos secos prolongados y las sequías, a menudo, conducen a pérdidas de cosechas, situación que

113 MINGHUI TAO, LIANGFU CHEN, XIAOZHEN XIONG, MEIGEN ZHANG, PENGFEI MA, JINHUA TAO y ZIFENG WANG. "Formation process of the widespread extreme haze pollution over northern China in January 2013: implications for regional air quality and climate", en *Atmospheric Environment*, vol. 98, 2014, pp. 417 a 425.

114 PETRA HÖGY, CHRISTIAN POLL, SVEN MARHAN, ELLEN KANDELER y ANDREAS FANGMEIER. "Impacts of temperature increase and change in precipitation pattern on crop yield and yield quality of barley", en *Food Chemistry*, vol. 136, n.º 3 y 4, 2013, pp. 1.470 a 1.477.

115 ALIREZA GOHARI, SAEID ESLAMIAN, ALI MIRCHI, JAHANGIR ABEDI-KOUPAEI, ALIREZA MASSAH BAVANI y KAVEH MADANI. "Water transfer as a solution to water shortage: a fix that can backfire", en *Journal of Hydrology*, vol. 491, 2013, pp. 23 a 39, disponible en [<https://aquadoc.typepad.com/files/water-transfer-as-a-solution-to-water-shortage.pdf>].

se espera sea exacerbada por el cambio climático. Como las prácticas de gestión agrícola mejoradas en sistemas de secano son cruciales para aumentar la productividad agrícola, el impacto de la fecha de siembra se debería analizar en detalle. Un cambio en las condiciones climáticas debido al calentamiento global reducirá el ciclo de crecimiento y, por lo tanto, los rendimientos de los cultivos; en esto coincidieron LAUX *et al.*¹¹⁶.

CONCLUSIONES

Las tendencias en temperaturas máximas presentaron cambios significativos a nivel anual para los periodos analizados en cada estación de la cuenca Ramis de 45 años con incremento promedio de 0,03 °C/año. Las estaciones Ayaviri, Azángaro, Arapa, Huancané, Macusani y Progreso, mostraron tendencias positivas a nivel anual con un nivel de significancia de 0,05 de evidencia y la estación Lampa con 0,1 de evidencia. En la estación Chuquibambilla, se presentó un comportamiento temporal estable, mientras que las tendencias de las temperaturas medias mostraron un evidente cambio de incremento en 0,024 °C/año en las estaciones, siendo altamente significativa y positiva a nivel anual de 0,01 de evidencia; solo en la estación Macusani disminuye, con 0,005 de evidencia leve. En temperaturas mínimas, a nivel de cuenca, se presentó un incremento de 0,0004 °C/año. Las estaciones Arapa y Progreso presentaron alta significancia de 0,01, con tendencia negativa.

Las precipitaciones de la estación Arapa en el mes de mayo y al año tienden a disminuir con un nivel de significancia de 0,10; para Pucara, en septiembre, tienden a disminuir con 0,05 de nivel de significancia. En las estaciones de Crucero, Ananea y Chuquibambilla se presentó evidencia poca y leve de tendencia negativa con un nivel de significancia de 0,05 en el mes de septiembre, es decir, una disminución de las lluvias y, a nivel anual, para las estaciones analizadas, presenta un comportamiento estable, pero con una reducción de 0,70 mm/año; es decir, no presenta cambios significativos. Pero sí presentan una variabilidad

116 PATRICK LAUX, GRETA JÄCKEL, RICHARD MUNANG TINGEM y HARALD KUNSTMANN. "Impact of climate change on agricultural productivity under rainfed conditions in Cameroon - A method to improve attainable crop yields by planting date adaptations", en *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 150, n.º 9, 2010, pp. 1.258 a 1.271.

climática con periodos secos y húmedos de los años, debido a la ubicación de las estaciones meteorológicas, sin embargo no se identifica una tendencia regional marcada de disminución en la cuenca Ramis.

Los días de precipitación y temperatura máxima a los rendimientos de cultivo de haba grano seco vienen afectando de forma significativa con un incremento de 23,89 kg/ha., mientras que las temperaturas mínimas y precipitación total no muestran impactos considerables, pero sí negativos. Los días de precipitación presentaron incrementos, temperaturas máximas, medias y mínimas generan impactos significativos en el rendimiento de los cultivos de la papa 83,41 kg/ha., mientras que la precipitación total no mostró impactos significativos, pero sí negativos; además, la precipitación total, temperaturas máximas y mínimas, generaron un impacto negativo en el rendimiento del cultivo de la quinua con pérdidas de 19,11 kg/ha., pero los días de precipitación generan impactos significativos en el cultivo de la quinua, con un incremento de 31,12 kg/ha.

RECOMENDACIONES

- Se recomiendan investigaciones utilizando series de tiempo con mayor cantidad de años, esto para poder plantear políticas de desarrollo sostenible a nivel regional y nacional, para así poder instaurar programas de adaptabilidad.
- Las investigaciones relacionadas con efectos del cambio climático deben tener un análisis de series de tiempo con pruebas de bondad de ajuste, para así mostrar las variaciones en la producción de sistemas agropecuarios del altiplano.
- Se recomienda a los sectores involucrados en el manejo del sistema de cultivos andinos que se deben implantar bancos de datos de los rendimientos de cultivos de la zona y para la evaluación posterior.
- Se recomienda a las instituciones públicas, privadas y sectores involucrados en el manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos frente al escenario del cambio climático, realizar investigaciones con elementos y factores climáticos y la adopción, aplicando nuevas metodologías como modelos estocásticos para diferentes escenarios actuales y futuros.

CAPÍTULO QUINTO

Efectos del cambio climático en la agricultura de las cuencas

El cambio del clima trae consigo un aumento en la temperatura del ambiente. Este proceso suele generar dificultades, debido al desencadenado desequilibrio. Los efectos que presenta el cambio climático en la agricultura impactan en el desarrollo de los cultivos, puesto que la planificación establecida para la generación de los productos agrícolas recibe modificaciones imprevistas. De este modo, cuando una comunidad conoce el terreno sobre el cual trabaja, tiene previsto qué hacer en un determinado período con los productos que conoce y que va a producir. Sin embargo, los cambios que ocurren de un momento a otro pueden generar malestar no solo en los agricultores, sino también en la tierra que se está trabajando, puesto que los cambios son imprevistos y, naturalmente, como no se sabía que iban a ocurrir, estos deben asumir una postura repentina para afrontar las adversidades; pero esto no garantiza que se presenten pérdidas. Así mismo, aunque es evidente el “nivel de preocupación sobre el desafío global que representa el cambio climático (y aún más después de los impactos recientes de los huraca-

nes Irma y Harvey), las emisiones de carbono siguen en incremento y no se vislumbran soluciones inmediatas y drásticas”¹¹⁷.

En el contexto de América Latina, el cambio climático ha ejercido influencia en el caso de los cultivos de cereales, los cuales se deben a la elevación de la temperatura y las precipitaciones. Del mismo modo, los “agentes contaminantes presentan efectos variados sobre los rendimientos puesto que el metano los disminuye, pero el dióxido de carbono y el óxido nitroso aumenta o disminuye dependiendo del tipo de cereal”¹¹⁸. Entonces, se entiende que las consecuencias determinadas por el cambio climático son perjudiciales para la agricultura, la cual tiene que soportar la intensidad bajo la cual se encuentra sometida, a fin de producir alimentos.

Es evidente que el cambio climático afecta a la agricultura, puesto que ocasiona fenómenos como sequías, huracanes, inundaciones, entre otros, los cuales responden a la falta de responsabilidad en la preservación del medioambiente, cuya despreocupación en el mantenimiento del equilibrio ecológico ha desencadenado situaciones de riesgo no solo para los seres humanos, sino también de los demás seres vivos, debido al daño irreparable que han sufrido sus hábitats.

Por otro lado, también se espera una respuesta resiliente por parte de los agricultores ante los impactos producidos por el cambio climático. Así, NICHOLLS y ALTIERI sostuvieron que:

Muchas comunidades están activamente respondiendo al clima cambiante y han demostrado innovación y resiliencia, utilizando una diversidad de estrategias para enfrentar las sequías, inundaciones, huracanes [...] A pesar de estas evidencias, la conclusión prevalente es que la agricultura campesina es particularmente susceptible por su condición de marginalidad y que, aunque los campesinos tengan experiencia en lidiar con la variabilidad climática, sus estrategias tradicionales para enfrentarla no serán suficientes

117 ALTIERI y NICHOLLS. “Agroecología y cambio climático: ¿adaptación o transformación?”, cit., p. 236.

118 EUSEBIO BENIQUE OLIVERA. “Impacto del cambio climático en el rendimiento de la producción de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en la Región Puno”, en *Revista de Investigaciones Altoandinas*, vol. 21, n.º 2, 2019, disponible en [<https://huajsapata.unap.edu.pe/index.php/ria/article/view/4>], p. 101.

para soportar y resistir la severidad de la variabilidad que se predice¹¹⁹.

Esto implica que los agricultores se encuentran dispuestos a enfrentar las adversidades que otorga el cambio climático; sin embargo, las entidades deben brindar los instrumentos que necesitan para afrontar dicha situación. Por lo tanto, se espera una política en la que el compromiso hacia la preservación del medioambiente y el sostenimiento de la agricultura como base para la alimentación de la población alrededor del mundo actúen como principios que apoyen a la gente para desarrollar la agricultura de la mejor manera posible, a pesar de las dificultades que puedan surgir en el desenvolvimiento de las actividades agrícolas.

De este modo, la capacidad de adaptación de los agricultores se relaciona con la aplicación de una agricultura ecológica. De hecho, acciones como “el aprovechamiento de plantas silvestres; las prácticas de manejo de la humedad y la materia orgánica en el suelo; uso de coberturas y abonos verdes; la integración de animales en los sistemas agrícolas; la regulación biológica de plagas”¹²⁰, demuestran que se pueden superar las aparentes limitaciones en el desarrollo de la agricultura, a partir de actividades comprometidas con el cuidado del entorno ambiental.

Puno es una de las regiones más importantes de Perú en cuanto a la producción agrícola. Muestra de ello es que, de acuerdo con la Dirección Regional de Agricultura de Puno, citado por la Agencia Peruana de Noticias Andina¹²¹, esta región abastece a la población con alrededor del 60% del total de la quinua que se produce a nivel nacional. Además,

-
- 119 CLARA INÉS NICHOLLS y MIGUEL ÁNGEL ALTIERI. “Bases agroecológicas para la adaptación de la agricultura al cambio climático”, en *Cuadernos de Investigación UNED*, vol. 11, n.º 1, 2019, disponible en [<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/cuadernos/article/view/2322>], p. 55.
- 120 MARIO SAMPER. “Pertinencia del enfoque territorial para abordar las interacciones entre sistemas territoriales de agricultura familiar, agrobiodiversidad y cambio climático”, en *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 53, n.º 2, 2019, disponible en [<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/12102>], p. 194.
- 121 AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS ANDINA. “Puno apuesta por la quinua y proyecta sembrar más de 3.800 hectáreas”, Puno, 4 de octubre de 2019, disponible en [<https://andina.pe/agencia/noticia-puno-apuesta-por-quinua-y-proyecta-sembrar-mas-3800-hectareas-768660.aspx>].

la mayor parte de la actividad agropecuaria está constituida por la ganadería (bovina, ovina y camélida), cuyo mal manejo se manifiesta en el sobrepastoreo. Sin embargo, existe un potencial nada despreciable, con ventajas comparativas, en la producción ganadera (camélidos) en la zona alta de la cuenca, y cultivos andinos en la región media y baja de la misma (quinua, tubérculos, haba), así como en la pesca lacustre, en el marco de una gran diversificación de actividades.

De acuerdo con el último informe publicado por el SENAMHI, en la región, con relación a los cultivos, se encontró lo siguiente:

Alto riesgo en la etapa de maduración, debido a la probabilidad de la ocurrencia de precipitaciones sobre lo normal, que afectarían la cosecha tanto de papa como de quinua. Asimismo, el riesgo está relacionado al comportamiento de la temperatura en zonas donde estas sean superiores a la normal, favorecerían la intensidad de ataque de plagas como la *kona kona* en quinua y gusanos de tubérculos en papa. Se recomienda hacer el control de plagas y planificar las cosechas de manera oportuna¹²².

Como se pudo observar, las acciones imprevistas del cambio climático inciden de manera negativa en la producción agrícola. De este modo, los cultivos se encuentran en riesgo por factores como ese, los cuales son difíciles de predecir, debido a la forma variable en la que actúa el clima. Así mismo, la falta de control de las plagas contribuye con las pérdidas ocasionadas. Por ello, es importante tomar en cuenta que para que esta actividad se desarrolle con normalidad, es necesario intervenir en la agricultura sostenible y, en general, tener el compromiso de cuidar del medioambiente en beneficio no solo de la producción agrícola, sino también la consideración de la población en general, la cual espera que las actitudes promuevan un equilibrio ecológico.

Por eso, las acciones a ser promovidas deben ser adaptadas a las condiciones imperantes; es decir, puntuales, modulares, y apoyadas por un trabajo de capacitación y organización campesina frente a riesgos climáticos. Los ejes del programa de desarrollo se pueden simpli-

ficar en considerar la integralidad del proceso productivo (desde la producción hasta la comercialización), reducir los riesgos climáticos (riego, invernaderos), y contrarrestar los efectos de la degradación ambiental mediante el uso del drenaje, el cultivo de pastos mejorados (piso forrajero) y la utilización de técnicas conservacionistas (camellones, terrazas, agroforestería).

De este modo, la investigación buscó conocer el comportamiento de los elementos del clima y su influencia en la actividad agrícola, puesto que el rendimiento de los cultivos ha cambiado con el transcurso de los años, debido a diversos factores, tales como los cambios en el ambiente producidos por el clima, donde el calentamiento global producido por la intervención humana es la gran responsable. Así mismo, es importante el planteamiento de la producción de especies que permitan la mejora de la producción agrícola.

De este modo, se llegó a la conclusión de que las tendencias en cuanto a la variación de la temperatura en la cuenca Ramis fueron significativas, puesto que evidenciaron un aumento de $0,03^{\circ}\text{C}$ por año. De la misma manera, sus estaciones presentaron tendencias al alza, en el caos de Ayaviri, Azángaro, Arapa, Huancané, Macusani y Progreso; incluso, Chuquibambilla se mostró relativamente estable, mientras que Macusani manifestó una tendencia negativa, al igual que el caso de Arapa y Progreso. Además, en general, los efectos que produjo el cambio climático en la zona de estudio resultaron ser negativos, puesto que se evidenció pérdida de cultivos.

Así mismo, se debe procurar investigar los efectos del cambio climático en la agricultura a largo plazo; es decir, es importante la obtención de datos que muestren el comportamiento del clima y su incidencia en la agricultura durante un período amplio; de esta manera, la evidencia presentaría mayor cantidad de datos, los cuales pueden permitir establecer pautas para ayudar a que los agricultores tengan en cuenta las variaciones y, así, planifiquen sus actividades de manera prudente.

El desarrollo responsable de la agricultura permite no solo que se procure la preservación del medioambiente en cuanto a la disminución del impacto y la conservación de los recursos no renovables, sino también a fin de procurar que la actividad agrícola, fuente importante para la obtención de alimentos, siga su curso sin percances, puesto que de ella depende la satisfacción de las necesidades alimentarias del ser humano y de los seres vivos en general.

BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS ANDINA. “Puno apuesta por la quinua y proyecta sembrar más de 3.800 hectáreas”, Puno, 4 de octubre de 2019, disponible en [<https://andina.pe/agencia/noticia-puno-apuesta-por-quinua-y-proyecta-sembrar-mas-3800-hectareas-768660.aspx>].
- AGUIRRE AGUIRRE, MARÍA. “Gestión medioambiental de la Sección Elcano de la Facultad de Economía y Empresa (UPV/EHU): análisis y propuesta de modelo” (tesis de maestría), España, Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2019, disponible en [<http://espacio.uned.es/fez/view/bibliuned:master-CEE-SYRSC-Maguirre>].
- ALTIERI, MIGUEL y CLARA NICHOLLS. “Agroecología y cambio climático: ¿adaptación o transformación?”, en *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 52, n.º 2, 2018, pp. 235 a 243, disponible en [<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/10596>].
- ALZATE, DIEGO; EDWIN ROJAS, JEMAY MOSQUERA y JACIPT RAMÓN. “Cambio climático y variabilidad climática para el periodo 1981-2010 en las cuencas de los ríos Zulia y Pamplonita, Norte de Santander - Colombia”, en *Revista Luna Azul*, n.º 40, 2015, pp. 127 a 153, disponible en [<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321733015010>].
- AMBROGGY, R. “Cuencas acuíferas del lago Titicaca”, en *Hidrología del Altiplano de Bolivia*, La Paz, Ministerio de Agricultura, 1965.
- APARICIO PAYÁ, MANUEL. “Vulnerabilidad, reconocimiento mutuo y ética ambiental”, en *Bioderecho*, n.º 8, 2018, pp. 1 a 11, disponible en [<https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/74024>].
- ARAGÓN PONCE DE LEÓN, LUIS HUMBERTO. *Factibilidades agrícolas y forestales en la República Mexicana*, México, D. C., Trillas, 1995.

- ARANA BARROS, AMBAR GEOVANA. “Los impuestos verdes y el medio ambiente en el Ecuador periodo 2012-2014” (tesis de pregrado), Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 2015, disponible en [<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8775>].
- ARDISANA, EDUARDO HÉCTOR; BÁRBARA MILLET GAÍNZA, ANTONIO TORRES GARCÍA y OSVALDO FOSADO TÉLLEZ. “Agricultura en Sudamérica: la huella ecológica y el futuro de la producción agrícola”, en *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades Chakinan*, n.º 5, 2018, pp. 90 a 101, disponible en [<https://chakinan.unach.edu.ec/index.php/chakinan/article/view/174>].
- ARGOTA PÉREZ, YADIRA y GEORGE ARGOTA PÉREZ. “La gestión de la comunicación institucional a través de un modelo de gestión estratégica organizacional”. Caso: Sector Agropecuario Santiaguero”, en *Razón y Palabra*, n.º 92, 2015, pp. 1 a 19, disponible en [<https://www.redalyc.org/pdf/1995/199543036022.pdf>].
- BARRIENTOS FELIPA, PEDRO. “La agricultura peruana y su capacidad de competir en el mercado internacional”, en *Equidad y Desarrollo*, n.º 32, 2018, pp. 142 a 179.
- BAUDOIN, MARIO y EDUARDO FORNO (eds.). *Historia natural de un valle en los Andes, La Paz*, La Paz, Universidad Mayor de San Andrés, Instituto de Ecología, 1991.
- BAZOBERRY, ANTONIO. *Anteproyectos y alternativas sobre la utilización de las aguas del lago Titicaca, Desaguadero y Poopó con fines de energía e irrigación*, La Paz, Artis, 1969.
- BEDÓN ALVAREZ, ALAN RANDY. “Productos gastronómicos a base de tomate riñón hidropónico en la ciudad de Latacunga” (tesis de pregrado), Ambato, Ecuador, Universidad Regional Autónoma de los Andes, 2016, disponible en [<https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/5247>].

- BENIQUE OLIVERA, EUSEBIO. “Impacto del cambio climático en el rendimiento de la producción de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en la Región Puno”, en *Revista de Investigaciones Altoandinas*, vol. 21, n.º 2, 2019, pp. 100 a 110, disponible en [<https://huajsapata.unap.edu.pe/index.php/ria/article/view/4>].
- BERG, ALEXIS; NATHALIE DE NOBLET, BENJAMIN SULTAN, MATTHIEU LENGAINNE y MATTHIEU GUIMBERTEAU. “Projections of climate change impacts on potential C4 crop productivity over tropical regions”, en *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 170, 2013, pp. 89 a 102.
- BOYER, CLAUDINE; DIANE CHAUMONT, ISABELLE CHARTIER y ANDRÉ G. ROYA. “Impact of climate change on the hydrology of St. Lawrence tributaries”, en *Journal of Hydrology*, vol. 384, n.ºs 1 y 2, 2010, pp. 65 a 83.
- BURBANO ORJUELA, HERNÁN. “El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático”, en *Revista de Ciencias Agrícolas*, vol. 35, n.º 1, 2018, pp. 82 a 96, disponible en [<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/3925>].
- BURGUI BURGUI, MARIO. “Hans Jonas: conservación de la naturaleza, conservación de la vida”, en *Cuadernos de Bioética*, vol. 26, n.º 87, 2015, pp. 253 a 266, disponible en [<http://aebioetica.org/revistas/2015/26/87/253.pdf>].
- CAJIGAL MOLINA, ERICK; ANA LUCÍA MALDONADO GONZÁLEZ y EDGAR GONZÁLEZ GAUDIANO. “Construcción de conocimiento y creencias epistemológicas sobre cambio climático en docentes de nivel primaria. De la vulnerabilidad a la resiliencia”, en *Revista Interamericana de Educación de Adultos*, vol. 38, n.º 2, 2016, pp. 52 a 76, disponible en [<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457546143004>].
- CARPIO SANTOS, LISI KATHERINE. “El uso de la tecnología en la agricultura”, en *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, vol. 2, n.º 14, 2018, pp. 25 a 32, disponible en [<http://www.journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/70>].

- CARRASCO CHOQUE, FREDDY. “Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli, periodo 1997 – 2014”, en *Comuni@cción: Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo*, vol. 7, n.º 2, 2016, pp. 38 a 47, disponible en [<https://www.comunicacionunap.com/index.php/rev/article/view/109>].
- CASAS, ALEJANDRO; JUAN TORRES GUEVARA y FABIOLA PARRA (eds.). *Domesticación en el continente americano. Volumen 1: Manejo de biodiversidad y evolución dirigida por las culturas del nuevo mundo*, México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016.
- CASTELLÓN GÓMEZ, JUAN JOSÉ; ROBERTO BERNAL MUÑOZ y MARÍA DE LOURDES HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ. “Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala”, en *Ingeniería. Revista Académica de la Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Yucatán*, vol. 19, n.º 1, 2015, pp. 39 a 50, disponible en [<https://www.revista.ingenieria.uady.mx/ojs/index.php/ingenieria/article/view/13>].
- CCAIRA MAMANI, CIRILO MARIO. “Efecto de la temperatura y precipitación sobre la agricultura en la cuenca Coata – Puno” (tesis doctoral), Puno, Perú, Universidad Nacional del Altiplano, 2018, disponible en [<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9531>].
- CHAOUCHE, KELTOUM; LUC NEPPEL, CLAUDINE DIEULIN, NICOLAS PUJOL, BERNARD LADOUCHE, ERIC MARTIN, DALLAS SALAS e YVAN CABALLERO. “Analyses of precipitation, temperature and evapotranspiration in a french mediterranean region in the context of climate change”, en *Comptes Rendus Geoscience*, vol. 342, n.º 3, 2010, pp. 234 a 243.
- CHEN, JIE; FRANÇOIS P. BRISSETTE y ROBERT LECONTE. “Uncertainty of downscaling method in quantifying the impact of climate change on hydrology”, en *Journal of Hydrology*, vol. 401, n.º 3, 2011, pp. 190 a 202.

- CHILON CAMACHO, EDUARDO. “La agricultura, fuentes de origen y diferencias entre los conocimientos occidentales y no occidental Andino”, en *Apthapi*, vol. 4, n.º 3, 2018, pp. 1.334 a 1.364, disponible en [<http://ojs.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/265>].
- CID ELORRIA, ANA MARÍA; LUIS BORGES MESA, VANESSA MILAGROS PADRÓN LUGO, ORLANDO BENIGNO CASTRILLÓN ÁLVAREZ y JOSÉ RAÚL GARCÉS SIGAS. “La salud y el medio ambiente, un tema bioético”, en *Panorama Cuba y Salud*, vol. 11, n.º 3, 2016, pp. 43 a 50, disponible en [<https://www.redalyc.org/pdf/4773/477355399007.pdf>].
- COLOMA PANATA, RENATO ELOY. “Evaluación del comportamiento forrajero de la *brachiaria decumbens* (pasto dalis), con la aplicación de diferentes niveles de micorrizas y una base estándar de abono orgánico” (tesis de pregrado), Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015, disponible en [<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5195>].
- COMPANIONI GONZÁLEZ, BARBARITA; GRISEL DOMÍNGUEZ ARIZMENDI y RÓMULO GARCÍA VELASCO. “*Trichoderma*: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura”, en *Biotecnología Vegetal*, vol. 19, n.º 4, 2019, pp. 237 a 248, disponible en [<http://scielo.sld.cu/pdf/bvg/v19n4/2074-8647-bvg-19-04-237.pdf>].
- CONSTANTE PRÓCEL, PATRICIA NATALY y ANDRÉS MARCELO GORDÓN GARCÉS. “Diseño e implementación de un sistema de visión artificial para clasificación de al menos tres tipos de frutas” (tesis de maestría), Quito, Escuela Politécnica Nacional, 2015, disponible en [<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11368>].
- CREUS, CECILIA M. “Inoculantes microbianos: piezas de un rompecabezas que aún requiere ser ensamblado”, en *Revista Argentina de Microbiología*, vol. 49, n.º 3, 2017, pp. 207 a 209.
- CUARTAS, DANIEL ELIAS y FABIÁN MÉNDEZ. “Cambio climático y salud: retos para Colombia”, en *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, vol. 48, n.º 4, 2016, pp. 428 a 435, disponible en [<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=343847934001>].

- DAVEY, M. K.; A. BROOKSHAW y S. INESON. “The probability of the impact of ENSO on precipitation and near-surface temperature”, en *Climate Risk Management*, vol. 1, 2014, pp. 5 a 24, disponible en [<https://www.readcube.com/articles/10.1016%2Fj.crm.2013.12.002>].
- FEITO, MARIA CAROLINA. “Aportes para una ley nacional: rol de la agricultura familiar para el desarrollo rural argentino”, en *Revista Márgenes*, vol. 13, n.º 18, 2016, pp. 61 a 71, disponible en [<https://revistas.uv.cl/index.php/margenes/article/view/1029>].
- FLOREANO MEREGILDO, ELENA ESMELDA. “Cambio climático y el desafío del calentamiento global” (tesis de licenciatura), Trujillo, Perú, Universidad Nacional de Trujillo, 2019, disponible en [<https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15697>].
- FUENTES COVARRUBIAS, RICARDO; ANDRÉS GERARDO FUENTES COVARRUBIAS, JOSÉ ALFREDO CORTESQUIROZ y JONATHAN GERARDO DE JESÚS JUÁREZ. “Sistema basado en conocimiento para la predicción del clima para usos agrícolas”, en *Revista de Cómputo Aplicado*, vol. 2, n.º 8, 2018, pp. 1 a 11, disponible en [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Computo_Aplicado/vol2num8/Revista_de_Computo_Aplicado_V2_N8_1.pdf].
- GARCÍA CURILAF, CAROLINA I. y GUILLERMO M. DENEGRI. “Supuestos epistemológicos y ontológicos presentes en la historia de la ecología”, en *Ecología Austral*, vol. 26, n.º 3, 2016, pp. 221 a 228, disponible en [http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/260].
- GARCÍA CRUZ, JUAN ANTONIO. “La longitud: ¿qué hora es?”, en *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, vol. 100, 2019, pp. 161 a 165, disponible en [http://www.sinewton.org/numeros/numeros/100/Articulos_30.pdf].
- GARZÓN, LINA PAOLA. “Importancia de las micorrizas arbusculares (ma) para un uso sostenible del suelo en la Amazonía colombiana”, en *Luna Azul*, n.º 42, 2016, pp. 217 a 234, disponible en [<http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n42/n42a14.pdf>].

GIL CASAS, NEREA. “La nueva política agraria común (PAC) de la Unión Europea”, en *Derecho y Cambio Social*, año 12, n.º 42, 2015, pp. 1 a 12, disponible en [<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5456405>].

GOHARI, ALIREZA; SAEID ESLAMIAN, ALI MIRCHI, JAHANGIR ABEDI-KOUPAEI, ALIREZA MASSAH BAVANI y KAVEH MADANI. “Water transfer as a solution to water shortage: a fix that can backfire”, en *Journal of Hydrology*, vol. 491, 2013, pp. 23 a 39, disponible en [<https://aquadoc.typepad.com/files/water-transfer-as-a-solution-to-water-shortage.pdf>].

GÓMEZ ECHEVERRI, LUIS FERNANDO; LEONARDO RÍOS OSORIO y MARÍA LUISA ESCHENHAGEN DURÁN. “Las bases epistemológicas de la agroecología”, en *Agrociencia*, vol. 49, n.º 6, 2015, pp. 679 a 688, disponible en [<https://www.redalyc.org/pdf/302/30241188007.pdf>].

GÓMEZ ECHEVERRI, LUIS FERNANDO; LEONARDO RÍOS OSORIO y MARÍA LUISA ESCHENHAGEN DURÁN. “Propuesta de unos principios generales para la ciencia de la agroecología: una reflexión”, en *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 14, n.º 2, 2017, pp. 212 a 219, disponible en [<http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/rldi/article/view/1532>].

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. *Cambio climático y biodiversidad*, Ginebra, IPCC, 2002, disponible en [<https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>].

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. *Calentamiento global de 1,5 °C*, Ginebra, IPCC, 2019, disponible en [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf].

HARMSSEN, ERIC W.; NORMAN L. MILLER, NICOLE J. SCHLEGEL y JORGE E. GONZÁLEZ. “Seasonal climate change impacts on evapotranspiration, precipitation deficit and crop yield in Puerto Rico”, en *Agricultural Water Management*, vol. 96, n.º 7, 2009, pp. 1.085 a 1.095.

- HELPER, FERNANDA; CHARLES LEMCKERT y HONG ZHANG. “Impacts of climate change on temperature and evaporation from a large reservoir in Australia”, en *Journal of Hydrology*, vol. 475, 2012, pp. 365 a 378.
- HIGUITA SÁNCHEZ, MANUELA y RICARDO ANDRÉS QUINTANA BARRANCO. “Modulación de las corrientes oceánicas en el golfo de Urabá a partir de la onda de marea” (tesis de pregrado), Turbo, Colombia, Universidad de Antioquía, 2020, disponible en [<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/15302>].
- HÖGY, PETRA; CHRISTIAN POLL, SVEN MARHAN, ELLEN KANDELER y ANDREAS FANGMEIER. “Impacts of temperature increase and change in precipitation pattern on crop yield and yield quality of barley”, en *Food Chemistry*, vol. 136, n.ºs 3 y 4, 2013, pp. 1.470 a 1.477.
- ISLAM, ADLUL; LAJPAT R. AHUJA, LUIS A. GARCÍA, LIWANG MA, ANAPALLI S. SASEENDRAN y THOMAS J. TROUT. “Modeling the impacts of climate change on irrigated corn production in the central great plains”, en *Agricultural Water Management*, vol. 110, 2012, pp. 94 a 108, disponible en [<https://krishi.icar.gov.in/jspui/bitstream/123456789/1804/1/ModelingImpact2011-12.pdf>].
- JUÁREZ VELAZCO, SANDRA NOEMI. “Investigación y análisis de proyecto estratégico de agricultura protegida, en la ribera del río Hondo, Othón P. Blanco Quintana Roo” (tesis de licenciatura), Chetumal, México, Universidad de Quintana Roo, 2018, disponible en [<http://risisbi.uqroo.mx/handle/20.500.12249/2303>].
- LA VÍA CAMPESINA. “Roma: declaración de organizaciones de productores de alimentos a pequeña escala y organizaciones de la sociedad civil”, 9 de abril de 2018, disponible en [<https://viacampesina.org/es/roma-declaracion-de-organizaciones-de-productorxs-de-alimentos-a-pequena-escala-y-organizaciones-de-la-sociedad-civil/>].

- LAUX, PATRICK; GRETA JÄCKEL, RICHARD MUNANG TINGEM y HARALD KUNSTMANN. "Impact of climate change on agricultural productivity under rainfed conditions in Cameroon - A method to improve attainable crop yields by planting date adaptations", en *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 150, n.º 9, 2010, pp. 1.258 a 1.271.
- LI, XIANG; TARO TAKAHASHI, NOBUHIRO SUZUKI y HARRY M. KAISERA. "The impact of climate change on maize yields in the United States and China", en *Agricultural Systems*, vol. 104, n.º 4, 2011, pp. 348 a 353.
- LÓPEZ FELDMAN, ALEJANDRO J. y DANAE HERNÁNDEZ CORTÉS. "Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina", en *El Trimestre Económico*, vol. 83, n.º 332, 2016, pp. 459 a 496, disponible en [<https://www.eltrimestreeconomico.com.mx/index.php/te/article/view/231>].
- LÓPEZ LATORRE, MARÍA A. y MARCO NEIRA. "Influencia del cambio climático en la biología de *Aedes Aegypti* (Diptera: Culicidae) mosquito transmisor de arbovirosis humanas", en *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, vol. 37, n.º 2, 2016, pp. 11 a 21, disponible en [<http://remcb-puce.edu.ec/remcb/article/view/2>].
- MANZANILLA QUIÑONES, ULISES. "Reconstrucción dendrocronológica de temperatura media y precipitación dentro del Eje Neovolcánico Transmexicano" (tesis de maestría), Morelia, México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2016, disponible en [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/1748].
- MARCOS GARCÍA, PATRICIA y MANUEL PULIDO VELÁZQUEZ. "Cambio climático y planificación hidrológica: ¿es adecuado asumir un porcentaje único de reducción de aportaciones para toda la demarcación?", en *Ingeniería del Agua*, vol. 21, n.º 1, 2017, pp. 35 a 52, disponible en [<https://polipapers.upv.es/index.php/IA/article/view/6361/7226>].

- MARTÍNEZ RIVILLAS, ALEXANDER. “Elementos para una epistemología ambiental descolonial”, en *El Ágora USB*, vol. 20, n.º 1, 2020, pp. 226 a 245, disponible en [<https://revistas.usb.edu.co/index.php/Agora/article/view/4191>].
- MERCADO PÉREZ, RAÚL. “El cuidado del medio ambiente, una cuestión ética”, en *Sincronía*, n.º 69, 2016, pp. 20 a 31, disponible en [<https://www.redalyc.org/pdf/5138/513854326002.pdf>].
- METZGER TERRAZAS, LUIS. *Modelamiento hidrológico para pronóstico estacional de caudales del río Ramis*, Lima, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), 2017, disponible en [<http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/115>].
- MEZA, FRANCISCO. *Estimación de costos asociados a la seguridad hídrica en la agricultura como medida de adaptación al cambio climático en Chile: un estudio en el contexto del Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Silvoagropecuario*, Santiago de Chile, Naciones Unidas, 2017, disponible en [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41783/1/S1700478_es.pdf].
- MONTIEL GONZÁLEZ, IVÁN; SANTOS MARTÍNEZ SANTIAGO, ARMANDO LÓPEZ SANTOS y GABRIEL GARCÍA HERRERA. “Impacto del cambio climático en la agricultura de secano de Aguascalientes, México para un futuro cercano (2015-2039)”, en *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, vol. 16, n.º 1, 2017, pp. 1 a 13, disponible en [<https://www.redalyc.org/pdf/4555/455552312001.pdf>].
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. “Los compromisos de América Latina y el mundo en la Cumbre sobre la Acción Climática”, 23 de septiembre de 2019, disponible en [<https://news.un.org/es/story/2019/09/1462582>].
- NICHOLLS, CLARA INÉS y MIGUEL ÁNGEL ALTIERI. “Bases agroecológicas para la adaptación de la agricultura al cambio climático”, en *Cuadernos de Investigación UNED*, vol. 11, n.º 1, 2019, pp. 55 a 61, disponible en [<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/cuadernos/article/view/2322>].

NICHOLLS, CLARA INÉS; ALEJANDRO HENAO y MIGUEL ANGEL ALTIERI. “Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático”, en *Agroecología*, vol. 10, n.º 1, 2015, pp. 7 a 31, disponible en [<https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300711>].

NÚÑEZ RODRÍGUEZ, JOSÉ JESÚS; JULIO CÉSAR CARVAJAL RODRÍGUEZ, DARCY MARGARITA CARRERO CARREÑO y OMAIRA MENDOZA FERREIRA. “Indicadores del impacto del cambio climático en la agricultura familiar andina colombiana”, en *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, vol. 4, n.º 7, 2018, pp. 824 a 833, disponible en [<https://www.camjol.info/index.php/RIBCC/article/view/6309>].

OFICINA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES. *Programa de inventario y evaluación de los recursos naturales del departamento de Puno: Sector de prioridad I*, Puno, Perú, ONERN, 1965, disponible en [<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/967>].

OJEDA BUSTAMANTE, WALDO; ERNESTO SIFUENTES IBARRA, MAURO ÍÑIGUEZ COVARRUBIAS y MARTÍN J. MONTERO MARTÍNEZ. “Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos”, en *Agrociencia*, vol. 45, n.º 1, 2011, pp. 1 a 11, disponible en [<http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v45n1/v45n1a1.pdf>].

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 1994. Dilemas del desarrollo y las políticas forestales*, Roma, FAO, 1994, disponible en [<http://www.fao.org/3/t4450s/t4450s.pdf>].

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA. *World agriculture: towards 2015/2030, summary report*, Roma, FAO, 2002, disponible en [<http://www.fao.org/3/y3557e/y3557e.pdf>].

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos*, Roma, FAO, 2019, disponible en [<http://www.fao.org/3/ca603oes/ca603oes.pdf>].

- ORTIZ ARENAS, ALEXA LILIANA; MAURICIO ANDRÉS RUIZ OCHOA y JUAN PABLO RODRÍGUEZ MIRANDA. “Planificación y gestión de los recursos hídricos: una revisión de la importancia de la variabilidad climática”, en *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, vol. 9, n.º 1, 2017, pp. 100 a 105, disponible en [<https://revistalogos.policia.edu.co:8443/index.php/rlct/article/view/401>].
- ORTIZ ARISMENDY, ARTURO y HENRY DE JESÚS GALLARDO PÉREZ. “Las ciencias ambientales un camino hacia la sustentabilidad en la educación superior”, en *Dialéctica*, vol. 15, n.º 2, 2019, pp. 497 a 508, disponible en [<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/88/88837021/html/index.html>].
- OUARIACHI, TANIA; JOSÉ GUTIÉRREZ PÉREZ y MARÍA DOLORES OLVERA LOBO. “Criterios de evaluación de juegos en línea sobre cambio climático: aplicación del método Delphi para su identificación”, en *Revista mexicana de investigación educativa*, vol. 22, n.º 73, 2017, pp. 445 a 474, disponible en [<http://www.comie.org.mx/revista/v2018/rmie/index.php/nrmie/article/view/21>].
- PALACIOS ESTRADA, MICHELLE; PRISCILLA MASSA SÁNCHEZ y VALENTÍN ALEJANDRO MARTÍNEZ FERNÁNDEZ. “Cambio climático y contaminación ambiental como generadores de crisis alimentaria en la América Andina: un análisis empírico para Ecuador”, en *Revista Investigación Operacional*, vol. 39, n.º 2, 2018, pp. 234 a 249, disponible en [<http://www.invoperacional.uh.cu/index.php/InvOp/article/view/603>].
- PANERO MARTÍNEZ, RUBÉN. “Sistema de guiado, navegación y control para vehículo eléctrico mediante el uso de sistemas de navegación GNSS y técnicas borrosas” (tesis de pregrado), Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, 2017, disponible en [<http://oa.upm.es/50398/>].
- PATERSON, PATRICK. “Calentamiento global y cambio climático en Sudamérica”, en *Revista Política y Estrategia*, n.º 130, 2017, pp. 153 a 188, disponible en [<https://www.politicayestrategia.cl/index.php/rpye/article/view/133>].

- PEREIRA BLANCO, MILTON JOSÉ. “Hacia la construcción de un derecho energético ambiental como disciplina autónoma”, en *Jurídicas CUC*, vol. 12, n.º 1, 2016, pp. 177 a 204, disponible en [<https://revistascientificas.cuc.edu.co/index.php/juridicascuc/article/view/1121>].
- PÉREZ SÁNCHEZ, J. REFUGIO. “Agricultura ecológica y mercado alternativo en el estado de Tlaxcala, México”, en *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 1, 2015, pp. 365 a 371, disponible en [<https://www.redalyc.org/pdf/2631/263139243048.pdf>].
- RIBALAYGUA, JAIME; L. TORRES, JAVIER PÓRTOLES, ROBERT MONJO, EMMA GAITÁN y MARÍA ROSA PINO. “Description and validation of a two-step analog/regression downscaling method”, en *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 114, n.ºs 1 y 2, 2013, pp. 253 a 269.
- RITSON, JONATHAN; NIGEL GRAHAM, M. R. TEMPLETON, JOANNA M. CLARK, R. GOUGH y CHRISTOPHER FREEMAN. “The impact of climate change on the treatability of dissolved organic matter (DOM) in upland water supplies: a UK perspective”, en *Science of the Total Environment*, vol. 473 y 474, 2014, pp. 714 a 730.
- RIZO MUSTELIER, MIRIELA; DANIEL RAFAEL VUELTA LORENZO y ANA MARÍA LORENZO GARCÍA. “Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad”, en *Ciencia en su PC*, n.º 2, 2017, pp. 106 a 120, disponible en [<https://www.redalyc.org/pdf/1813/181351615008.pdf>].
- ROMÁN TORRES, JESSICA JOHANA y NURY KATHERINE DA GRACA VEGA. “Modelo de agricultura familiar urbano como estrategia de integración social y desarrollo sustentable en la institución agrícola Guacavía” (tesis de pregrado), Villavicencio, Colombia, Universidad Santo Tomás, 2019, disponible en [<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/16698>].

- RUANE, ALEX C.; DAVID C. MAJOR, WINSTON H. YU, MOZAHARUL ALAM, SK. GHULAM HUSSAINE, ABU SALE KHAN, AHMADUL HASSAN, BHUIYA MD. TAMIM AL HOSSAIN, RICHARD GOLDBERG, RADLEY M. HORTON y CYNTHIA ROSENZWEIG. “Multi-factor impact analysis of agricultural production in Bangladesh with climate change”, en *Global Environmental Change*, vol. 23, n.º 1, 2013, pp. 336 a 350.
- RUIZ CEDEÑO, SEBASTIANA DEL MONSERRATE. “De la agricultura arcaica al agronegocio y los modelos asociativos. Su impacto social”, en *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, vol. 4, n.º 2, 2015, pp. 137 a 145, disponible en [<http://jaesnet.com/vol-4-no-2-december-2015-abstract-16-jaes>].
- SAMPER, MARIO. “Pertinencia del enfoque territorial para abordar las interacciones entre sistemas territoriales de agricultura familiar, agrobiodiversidad y cambio climático”, en *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 53, n.º 2, 2019, pp. 189 a 198, disponible en [<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/12102>].
- SANABRIA, JANEET; JOSÉ MARENGO y MARÍA VALVERDE. “Escenarios de cambio climático con modelos regionales sobre el altiplano peruano (departamento de Puno)”, en *Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA*, n.º 1, 2009, pp. 134 a 149.
- SÁNCHEZ DÁVILA, MARIO E. “Comprender la agricultura en los Andes Peruanos: religión en la comunidad de Yanque (Caylloma, Arequipa)”, en *Revista Peruana de Antropología*, vol. 2, n.º 3, 2017, pp. 9 a 19, disponible en [<http://www.revistaperuanadeantropologia.com/wp-content/uploads/2017/12/ART-1-5.pdf>].
- SÁNCHEZ ZAMBRANO, JHEIMMY LIZZETTE y MAICOL ALEJANDRO ZARAZA AGUILERA. “Aplicativo web para el análisis de series de tiempo de imágenes satelitales para variables meteorológicas e índices” (tesis de especialización), Bogotá, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2019, disponible en [<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/15834>].

- SANMARTINO ARIAS, CAROLINA. “Revisión de la asociación entre la anorexia nerviosa y el clima” (tesis de pregrado), España, Universidad de Santiago de Compostela, 2017, disponible en [<https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/16368>].
- SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ Y MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Boletín de riesgo agroclimático para los cultivos de quinua y papa en las vertientes del lago Titicaca*, Puno, Perú, SENAMHI, 2021, disponible en [<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/04728SENA-36.pdf>].
- SINGH, SURENDRA; CHAD BROCKER, VINDHYA KOPPAKA, CHEN YING, BRIAN JACKSON, AKIKO MATSUMOTO, DAVID C. THOMPSON Y VASILIS VASILIOU. “Aldehyde dehydrogenases in cellular responses to oxidative/electrophilic stress”, en *Free Radical Biology & Medicine*, n.º 56, 2013, pp. 89 a 101, disponible en [<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3631350/>].
- SUMMERFIELD, R. J.; E. H. ROBERTS, W. ERSKINE y R. H. ELLIS. “Effects of temperature and photoperiod on flowering in lentils (*Lens culinaris* Medic.)”, en *Annals of Botany*, vol. 56, n.º 5, 1985, pp. 659 a 671.
- TAO, MINGHUI; LIANGFU CHEN, XIAOZHEN XIONG, MEIGEN ZHANG, PENGFEI MA, JINHUA TAO y ZIFENG WANG. “Formation process of the widespread extreme haze pollution over northern China in january 2013: implications for regional air quality and climate”, en *Atmospheric Environment*, vol. 98, 2014, pp. 417 a 425.
- TORRE PILLPA, MIRSA ISABEL y PATRICIA DENIS RIVAS AQUINO. “Análisis temporal de la pérdida de cobertura vegetal mediante teledetección en el distrito de Satipo-Satipo-Junín, durante los años 2015 - 2018” (tesis de pregrado), Lima, Universidad César Vallejo, 2019, disponible en [<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39901>].
- TORRES CARRAL, GUILLERMO. “Reflexiones alrededor de la epistemología ambiental”, en *Revista de Estudios Sociales*, n.º 58, 2016, pp. 39 a 51, disponible en [<https://revistas.uniandes.edu.co/doi/10.7440/res58.2016.03>].

- URIBE CASTRO, HERNANDO. “Retos epistémicos, éticos y estéticos del campo emergente de las ciencias ambientales”, en *Sapiens Research Boletín Científico*, vol. 5, n.º 2, 2015, pp. 2 a 7, disponible en [<https://www.srg.com.co/bcsr/index.php/BCSR/article/view/133>].
- VERHULST, NELE; ISABELLE FRANÇOISE y BRAM GOVAERTS. *Agricultura de conservación y captura de carbono en el suelo: entre el mito y la realidad del agricultor*, México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 2015, disponible en [<https://repository.cimmyt.org/handle/10883/4409?show=full>].
- WANG, DINGBAO; SCOTT C. HAGEN y KARIM ALIZAD. “Climate change impact and uncertainty analysis of extreme rainfall events in the Apalachicola River basin, Florida”, en *Journal of Hydrology*, vol. 480, 2013, pp. 125 a 135.
- YUE, SHENG; PAUL PILON, BOB PHINNEY y GEORGE CAVADIAS. “The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series”, en *Hydrological Processes*, n.º 16, 2020, pp. 1.807 1.829, disponible em [<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/hyp.1095>].
- ZHANG, QIANG; JIANFENG LI, VIJAY P. SINGH y MINGZHONG XIAO. “Spatio-temporal relations between temperature and precipitation regimes: implications for temperature-induced changes in the hydrological cycle”, en *Global and Planetary Change*, vol. 111, 2013, pp. 57 a 76.



Editado por el Instituto Latinoamericano de Altos Estudios –ILAE–,
en septiembre de 2021

Se compuso en caracteres Minion Pro de 11 y 9 pts.

Bogotá, Colombia