

Pastores alpaqueros: vulnerabilidad, adaptabilidad y sensibilidad al cambio climático

Alpaca herders: vulnerability, adaptability and sensitivity to climate change

Cecilio Antonio Barrantes Campos^{1,2}, Enrique Ricardo Flores Mariazza¹,
Javier Arturo Ñaupari Vásquez¹

RESUMEN

El objetivo fue desarrollar un índice de vulnerabilidad del productor alpaquero (VPA) en función al índice de capacidad adaptativa (ICA) y sensibilidad (IS) al cambio climático. El estudio se realizó en 2014, obteniéndose información de 17 estancias alpaqueras de cinco anexos de la Comunidad Campesina Sallca Santa Ana (CCSSA), Huancavelica, Perú. Se generó un modelo conceptual de los ICA e IS, asignándoles pesos y valores de función a los recursos y atributos. Para ello, se formó un Panel Experto de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y Programa *Nexus* de la Comisión *Fulbrigh*, EEUU. El ICA se estimó de los recursos humanos, físicos, financieros, información y diversidad. El IS con los recursos medios de vida y pastizal. El VPA se estimó con la combinación del ICA e IS, utilizando lógica difusa obteniendo tres categorías: baja, media y alta. La prueba U Mann-Whitney contrastó 31 atributos de ICA e IS entre las categorías del VPA. El 58.8% de estancias de CCSSA tienen baja (0.2986 ± 0.0134) y 41.2% media (0.3800 ± 0.0069) ICA. El 52.9% de estancias tienen alta (0.5863 ± 0.0277), 35.3% media (0.4053 ± 0.0122) y 11.8% baja (0.2994 ± 0.0107) IS. El 76.5% de

¹ Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

² E-mail: cbarrantes@lamolina.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0002-0509-5091>

Recibido: 5 de septiembre de 2020

Aceptado para publicación: 27 de febrero de 2021

Publicado: 23 de junio de 2021

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

estancias tienen media (0.4390 ± 0.0208) y 23.5% alta (0.6605 ± 0.0266) VPA. Los atributos de jefe de familia y presencia de cobertizos difirieron significativamente entre categorías del ICA ($p < 0.15$). Los atributos tendencia de pastizal ($p < 0.01$), aporte del migrante y diversidad de vegetación ($p < 0.10$), y condición de pastizal ($p < 0.15$) difirieron significativamente entre categorías del IS. El VPA reveló que las estancias con alta vulnerabilidad le corresponden un alto IS (> 0.47) y bajo ICA (< 0.35). En cambio, las estancias con media vulnerabilidad presentan medio ICA e IS ($0.35-0.47$). Ambos casos, se ajustan a los resultados de otros índices de vulnerabilidad a nivel de productor.

Palabras clave: vulnerabilidad, capacidad adaptativa, sensibilidad, cambio climático, pastor alpaquero, lógica difusa

ABSTRACT

The objective of this study was to develop an index of vulnerability of alpaca herders (VAH), based on the adaptive capacity index (ACI) and sensitivity (SI) to climate change. The study was carried out in 2014 obtaining information from 17 alpaca farms from five annexes of the Sallca Santa Ana Peasant Community (SSAPC), Huancavelica, Peru. A conceptual model of ACI and SI was generated, assigning weights and function values to resources and attributes. For this, an Expert Panel from La Molina National Agrarian University (UNALM) and Nexus Program of the Fulbright Commission, USA, was formed. The ACI was estimated from human, physical, financial, information and diversity resources. The SI with livelihood and grassland resources. The VAH was estimated with the combination of ACI and SI, using fuzzy logic obtaining three categories: low, moderate and high. The U Mann-Whitney test contrasted 31 attributes of ACI and SI among the VAH categories. The 58.8% of SSAPC alpaca farms have low (0.2986 ± 0.0134) and 41.2% moderate (0.3800 ± 0.0069) of ACI. The 52.9% of alpaca farms have high (0.5863 ± 0.0277), 35.3% moderate (0.4053 ± 0.0122) and 11.8% low (0.2994 ± 0.0107) of SI. The 76.5% of alpaca farms have moderate (0.4390 ± 0.0208) and 23.5% high (0.6605 ± 0.0266) of VAH. The attributes of head of household and presence of sheds differed significantly between ACI categories ($p < 0.15$). The attributes grassland trend ($p < 0.01$), migrant contribution and vegetation diversity ($p < 0.10$) and grassland condition ($p < 0.15$) differed significantly between SI categories. The VAH revealed that the alpaca farms with high vulnerability correspond to a high SI (> 0.47) and low ACI (< 0.35). Instead, the alpaca farms with moderate vulnerability present an ACI and SI moderate ($0.35-0.47$). Both cases are adjusted to the results of other vulnerability indices at the producer level.

Key words: vulnerability, adaptive capacity, sensitivity, climate change, alpaca herders, fuzzy logics

INTRODUCCIÓN

El *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) indica que la vulnerabilidad de los sistemas estaría en función a la sensibilidad y capacidad adaptativa al

cambio climático (IPCC, 2014), tal como fue propuesto por Eakin y Bojórquez-Tapia (2008). Por otra parte, la capacidad adaptativa es la habilidad o potencial de un sistema en responder exitosamente a la variabilidad y cambio climático, e incluye ajustes en su comportamiento, recursos y tecnologías, toman-

do ventaja de las oportunidades para hacer frente a las consecuencias (IPCC, 2007), teniendo una fuerte relación indirecta con la vulnerabilidad (Engle, 2011). En cambio, la sensibilidad es el grado en que un sistema es modificado o afectado, adversa o benéfica-mente, por perturbaciones o estímulos relacionado por efectos antrópicos o ambientales (climático), que pueden empeorar o disminuir los impactos (riesgos) por un determinado fenómeno (Monterroso *et al.*, 2012), pudiendo tener un efecto directo o indirecto (IUCN, 2010).

Fritzsche *et al.* (2016) indicaron que la vulnerabilidad expresa la compleja interacción de los factores que determinan la susceptibilidad de un sistema a los impactos del cambio climático, de allí que su evaluación se emplea para la identificación de puntos de entrada para la intervención de un sistema, además del seguimiento a los cambios en la vulnerabilidad y monitoreo y evaluación de la adaptación al cambio climático en el tiempo. Adger (2006), de otra parte, indica que existen tres enfoques de investigación de la vulnerabilidad al cambio climático, entre ellos la vulnerabilidad al cambio climático y variabilidad, la vulnerabilidad de sistemas socio-ecológicos y, los medios de vida sostenible y vulnerabilidad a la pobreza.

Este último enfoque, se puede evaluar a nivel de productor, considerando la finca como unidad de medición de atributos, tomando información socioeconómica y medios de vida del productor, tipo de vegetación e inventario de recursos naturales de la finca (Eakin y Luers, 2006; Füssel, 2007). La metodología para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático a nivel de productor toma información primaria en un periodo dado de tiempo, considerando la estimación del índice de capacidad adaptativa y sensibilidad al cambio climático, pero adaptado a las diferentes formas de manejo que realizan los productores en un lugar determinado (Eakin y Bojórquez-Tapia, 2008), y los pastores alpaqueros encajan en ese contexto (Barrantes *et al.*, 2018).

Magrin *et al.* (2014), en su estudio de cambio climático en los Andes indicaron que las precipitaciones en 2100 iban a reducirse en 10-30%, mientras que la temperatura se incrementaría en 3.5-4.5 °C. Por otro lado, el BID y CEPAL (2014) indicaron que en la ecorregión puna del Perú se reducirá la capacidad de carga a finales del siglo XXI en 53-58% de unidades ovinas comparado con el año 2010, debido principalmente a la reducción de la superficie de los pajonales (15.4 a 4.6 millones ha) y bofedales (0.5 a 0.2 millones ha), y aumentando los arbustales (2.8 a 7.1 millones ha). El aumento de arbustales no aumentaría la carga animal, debido a que toleran menores niveles de uso y su producción forrajera es menor (Flores *et al.*, 2014). Los cambios en la superficie de los ecosistemas de puna se relacionan al cambio de uso de la tierra y coberturas del suelo (Magrin *et al.*, 2014). Postigo *et al.* (2008) indicaron que estos cambios en las comunidades de la región Huancavelica se deben a factores socio-ecológicos, tanto por factores climáticos como por el sobrepastoreo de los pastizales. Estos cambios se acentúan aún más por el efecto del retroceso glacial, aumento en los índices de temperatura, expansión de áreas agrícolas y actividades mineras (Rolando *et al.*, 2017).

Bajo ese escenario, se reduciría la producción animal en el ecosistema de puna, y afectaría seriamente a los productores, cuyos recursos económicos dependen de la crianza animal, especialmente de vacunos y ovinos. Los camélidos, de otra parte, es una especie nativa que ha evolucionado en las condiciones climáticas y recursos forrajeros de la región puna, siendo una de las especies ideales que soportaría los impactos del cambio climático (Flores, 2016). Los alpaqueros cuentan con diversos recursos naturales y humanos para afrontar los estragos del cambio climático (Lagos, 2007; Flores, 2016) y, por ende, el índice de capacidad adaptativa y sensibilidad cambiaría (Smit *et al.*, 2000; Brooks, 2003). Así, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar un índice de vulnerabilidad del productor alpaquero (VPA) al cam-

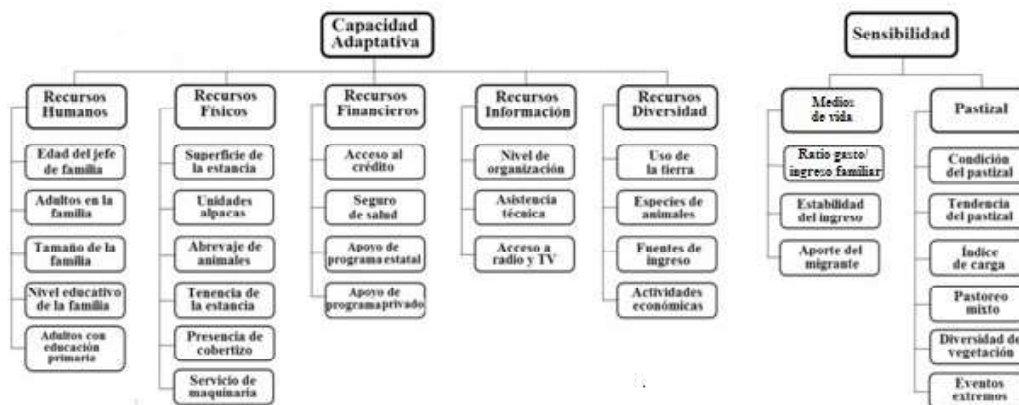


Figura 1. Modelo conceptual de capacidad adaptativa y sensibilidad

bio climático, que esté en función al índice de capacidad adaptativa y sensibilidad de los pastores alpaqueros de la Comunidad Campesina Sallca Santa Ana, Huancavelica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El estudio se desarrolló en la Comunidad Campesina Sallca Santa Ana (CCSSA), ubicada entre los distritos de Castrovirreyna y Santa Ana, provincia Castrovirreyna, región Huancavelica, Perú (13°4'19.2" de Latitud Sur y 75°8'24.5" de Longitud Oeste). La CCSSA se fundó en 1942, tiene una extensión de 61 396 ha y cuenta con una población de 286 familias alpaqueras (Allpa Perú, 2009). El levantamiento de información se realizó en 2014 a 17 estancias alpaqueras distribuidas en cinco anexos de la CCSSA: La Libertad, Pucapampa, San Genaro, Santa Ana y Santa Rosa.

Las estancias se encuentran por encima de 4400 msnm, correspondiente a la zona de vida de páramo muy húmedo subalpino subtropical (pmh-SaS) según Holdridge (INRENA, 1995). La vegetación es domina-

da por gramíneas cortas (*Calamagrostis vicunarum*) y bofedales (*Distichia muscoides*) y pastoreados mayormente por alpacas y llamas y, en menor grado por ovinos y vacunos. La geología de los suelos está caracterizada por rocas de la era cenozoico, sistema neógeno, serie miocena, familia Caudalosa y Flujos andesíticos intercalados con brechas andesíticas y tobas (Nm-ca) (INGEMMET, 2003) y la capacidad de uso mayor de tierras es de protección (X) (ONERN, 1981).

Los jefes de familias alpaqueras del CCSSA tienen una edad promedio de 50.1 años. El 59.9% de las familias está conformada por personas adultas y cuentan con 14.7 personas por familia. El 74.1% de los adultos en la familia tienen primaria completa. Las fuentes de ingreso económico de las familias provienen principalmente de la venta de animales vivos y beneficiados de alpacas y ovinos, así como de la venta de fibra de alpaca. El ingreso familiar procedente de la ganadería equivale al 54.4% del ingreso bruto. En este sentido, Barrantes *et al.* (2018) reportaron que el 43.4% de los ingresos brutos de los alpaqueros de la sierra central del Perú (similar zona de vida que CCSSA), provienen de la ganadería.

Cuadro 1. Pesos de los recursos del índice de capacidad adaptativa

Recursos	Humanos	Físicos	Financieros	Información	Diversidad	Suma	Proporción
Humanos	1.000	5.000	5.000	3.000	2.000	16.000	0.3796
Físicos	0.200	1.000	3.000	3.000	3.000	10.200	0.2420
Financieros	0.200	0.333	1.000	0.333	0.333	2.200	0.0522
Información	0.333	0.333	3.000	1.000	0.250	4.917	0.1166
Diversidad	0.500	0.333	3.000	4.000	1.000	8.833	0.2096

El sistema de crianza de las alpacas en la CCSSA es similar a lo que realizan otros pastores alpaqueros del país localizados en la ecorregión puna (Flores, 1996), la cual representa el 16.5% de la extensión del Perú (BID y CEPAL, 2014). La diferencia radica mayormente en la fuente de alimento (tipo de pastizal) y calidad genética del ganado, la cual otorga una mayor o menor productividad de la crianza animal (Barrantes *et al.*, 2018). La sierra norte y central de la ecorregión presenta una puna húmeda, en tanto que la sierra sur tiene una puna seca (Rolando *et al.*, 2017). La alimentación de las alpacas en la puna húmeda son los pajonales y bofedales; mientras que en la puna seca son los arbustales y bofedales (Flores, 2016).

Índice de Vulnerabilidad del Productor Alpaquero al Cambio Climático

El índice de vulnerabilidad del productor alpaquero (VPA) al cambio climático se obtuvo a partir del grado de capacidad adaptativa y sensibilidad. Se generó un modelo conceptual de los índices de capacidad adaptativa y sensibilidad (Figura 1). Para ello se estableció en primera instancia una opinión

de dos expertos (Brooks *et al.*, 2005) del Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales (LEUP) de la Universidad Nacional Agraria La Molina para analizar la selección de indicadores para estimar la vulnerabilidad, tomando como base lo indicado por Eakin y Bojórquez-Tapia (2008). Posteriormente se realizaron las consultas a un investigador de *University of Western Kentucky*, como parte del Proyecto *Nexus* de la Comisión *Fulbrigh* de Estados Unidos. Esta acción dio como resultado cinco recursos para capacidad adaptativa y dos para sensibilidad con sus respectivos atributos.

Asignación de pesos

La asignación de pesos se estima para cada nivel jerárquico: recursos y atributos, determinado a través del Panel de Expertos del LEUP. El proceso de ponderación implica juicios subjetivos de las experiencias y conocimientos disponibles de los expertos para realizar las comparaciones por pares. Estas comparaciones indicaron las contribuciones relativas de los recursos y atributos particulares a la vulnerabilidad general (Eakin y Bojórquez-Tapia, 2008).

Cuadro 2. Valores de función de capacidad adaptativa (Parte 1)

Atributo	Descripción	Tipo de Variable	Valor de función	
			Rango	Valor
<i>Recurso Humano</i>				
Edad del jefe de familia	Número de años que posee el jefe de familia	Discreta	$X \leq 19$	1
			$19 < X \leq 25$	$-0.021X + 1.396$
			$25 < X \leq 50$	$-0.035X + 1.75$
			$X > 50$	$0.01X - 0.5$
Adultos en la familia	Adultos que habitan en la estancia (%)	Continua	$-1.28X + 1.28$	
Tamaño de la familia	Personas que viven en la estancia (n)	Discreta	$0.05X - 0.25$	
Nivel educativo de la familia	Número de años de educación de los miembros directos de la familia	Discreta	$X_1 = \text{Jefe de familia}$	$-0.04285X_1 + 0.5999$
			$X_2 = \text{Cónyuge}$	$-0.01429X_2 + 0.20006$
			$X_3 = \text{Hijos}$	$-0.01429X_3 + 0.20006$
			$(-0.04285X_1 + 0.5999) + (-0.01429X_2 + 0.20006) + (-0.01429X_3 + 0.20006)$	
Adultos con educación primaria	Adultos que cuentan con educación primaria completa (%)	Continua	$0.875X + 0.125$	
<i>Recurso Físico</i>				
Superficie de la estancia	Área de la estancia de los alpaqueros (ha)	Continua	$X \leq 120$	1
			$120 < X \leq 357$	$-0.001688X + 1.202616$
			$357 < X \leq 714$	$-0.00168X + 1.19952$
			$X > 714$	0
Carga animal	Carga animal (UAI) de todo el ganado de la estancia, expresado en unidades alpaca	Continua	$X \leq 180$	1
			$180 < X \leq 536$	$-0.00112X + 1.2016$
			$536 < X \leq 1071$	$-0.00112X + 1.20032$
			$X > 1071$	0
Abrevadero de animales	Presencia de abrevadero	Binaria	$X = \text{no}$	1
			$X = \text{si}$	0
Tenencia de la estancia	Tenencia o usufructo de la estancia	Binaria	$X = \text{no}$	1
			$X = \text{si}$	0
Presencia de cobertizo	Presencia de cobertizos	Binaria	$X = \text{no}$	1
			$X = \text{si}$	0
Servicio de maquinaria	Acceso al servicio de maquinaria	Binaria	$X = \text{no}$	1
			$X = \text{si}$	0

Cuadro 3. Valores de función de capacidad adaptativa (Parte 2)

Atributo	Descripción	Tipo de Variable	Valor de función	
			Rango	Valor
<i>Recurso Financiero</i>				
Acceso al crédito	Otorgamiento de crédito financiero	Binaria	X = no X = si	1 0
Seguro de salud	Acceso a un seguro de salud	Binaria	X = no X = si	1 0
Apoyo de programa estatal	Beneficiario de programa estatal para ganadería en el último año	Binaria	X = no X = si	1 0
Apoyo de programa privado	Beneficiario de programa privado para ganadería en el último año	Binaria	X = no X = si	1 0
<i>Recurso Información</i>				
Nivel de organización	Organización comunal gestiona a favor de la ganadería	Binaria	X = no X = si	1 0
Asistencia técnica	Recibió asistencia técnica en el último año	Binaria	X = no X = si	1 0
Acceso a radio y TV	Posee radio y televisión en su vivienda	Binaria	X = no X = si	1 0
<i>Recurso Diversidad</i>				
Uso de la tierra	Uso de la tierra principal de la estancia	Nominal	Cultivos agrícolas Pastos cultivados Forestales / arbustos Pastizal	1 0.7 0.3 0
Especie de animales	Especies ganaderas en la estancia (n)	Discreto	$-0.25X + 1.25$	
Fuentes de ingreso	Fuentes de ingreso de la familia (n)	Discreto	$-0.1428X + 1.1428$	
Actividades económicas	Actividades económicas que realiza la familia (n)	Discreto	$-0.3333X + 1.3333$	

Cuadro 4. Valores de función de sensibilidad

Atributo	Descripción	Tipo de Variable	Valor de Función	
			Rango	Valor
<i>Recurso Medios de Vida</i>				
Ingreso por ganadería	Ingreso familiar derivado de la ganadería (%)	Continua	$1.14286X - 0.14286$	
Ratio gasto/ingreso familiar	Relación de los gastos entre los ingresos de la familia	Continua	$X > 1$	1
			$0.75 < X \leq 1$	$1.6X - 0.6$
			$0.5 < X \leq 0.75$	$2.4X - 1.2$
			$X \leq 0.5$	0
Aporte del migrante	Dinero del aporte mensual de migrantes a la familia alpaquera (Soles/mes)	Continua	$X \leq 375$	1
			$375 < X \leq 1500$	$-0.000889X + 1.3335$
			$X > 1500$	0
<i>Recurso Pastizal</i>				
Condición del pastizal	Condición de pastizal para alpacas de las estancias	Ordinal	Muy pobre	1
			Pobre	0.75
			Regular	0.50
			Buena	0.25
			Excelente	0
Tendencia del pastizal	Tendencia del pastizal de las estancias	Ordinal	Negativa	1
			Estable	0.5
			Positiva	0
Índice de carga	Relación proporcional de la carga actual entre la carga recomendada de los pastizales de las estancias	Continuo	$X > 4$	1
			$1 < X \leq 4$	$0.25X$
			$0.5 < X \leq 1$	$0.5X - 0.25$
			$X \leq 0.5$	0
Pastoreo mixto	Número de especies de ganado que pastorean los pastizales	Ordinal	Un hato	1
			Dos hatos	0.5
			Más de dos hatos	0
Diversidad de la vegetación	Tipo de vegetación de las estancias (n)	Discreto	$-0.16667X + 1.16669$	
Eventos extremos	Eventos extremos en la estancia en el último año (n)	Discreto	0.125X	

La asignación de los pesos para los recursos consistió en dar pesos de 1 a 5 como nivel de importancia en las estancias de los alpaqueros y correspondiente valor de la inversa del peso en la matriz. Luego cada fila se sumó, y se asignó una proporción debiendo sumar al final la unidad (Cuadro 1). En el caso de los atributos, el proceso de asignación de pesos fue similar al de los recursos,

tomando en cuenta que al final se tuvo que obtener el peso local, el cual se estimó al multiplicar la proporción del componente por la proporción del recurso correspondiente.

Valores de función por atributo

La determinación de los valores de función se realizó para cada atributo de cada

uno de los cinco recursos de la capacidad adaptativa y dos de sensibilidad. En los atributos de variables cualitativos se determinaron los valores de funciones tomando en cuenta sus características binaria, ordinal y nominal. En cambio, los atributos de variables cuantitativas discretas y continuas se determinaron por ecuaciones de regresión, tomando en cuenta los valores óptimos en las estancias de los alpaqueros. Los valores de función de los atributos para cada recurso de la capacidad adaptativa y sensibilidad se presentan en los cuadros 2, 3 y 4.

Índice de capacidad adaptativa

El índice de capacidad adaptativa se estimó a partir de los recursos humanos, físicos, financieros, información y diversidad de las estancias. Para ello, se desarrolló la metodología del punto anti-ideal adaptado por Eakin y Bojórquez-Tapia (2008), la cual está en función al peso local y valor de la función de los atributos de cada recurso (Cuadros 2 y 3). La ecuación del punto anti-ideal adaptado se muestra a continuación:

$$a_i = \left[\sum_j^j W_j (X_{ij}) \right]$$

donde a_i : Índice de capacidad adaptativa del i -ésimo alpaquero, W_j : Peso local obtenido del j -ésimo atributo, X_{ij} : Valor de función del j -ésimo atributo para el i -ésimo alpaquero

Índice de sensibilidad

El índice de sensibilidad se estimó a partir de los recursos: medios de vida y pastizal de las estancias. Para ello, se desarrolló la metodología del punto anti-ideal adaptado y propuesto por Eakin y Bojórquez-Tapia (2008), el cual está en función del peso local y el valor de la función de los atributos de cada recurso (Cuadro 4). La ecuación del punto anti-ideal adaptado se muestra a continuación:

$$S_i = \left[\sum_j^j W_j (1 - X_{ij}) \right]$$

donde S_i : Índice de sensibilidad del i -ésimo alpaquero, W_j : Peso local obtenido del j -ésimo atributo, X_{ij} : Valor de función del j -ésimo atributo para el i -ésimo alpaquero

Las categorías de los índices de capacidad adaptativa y sensibilidad al cambio climático son bajo, medio y alto. Los rangos de cada categoría se infirieron maximizando la dispersión de los valores de los índices obtenidos para cada alpaquero (Eakin y Bojórquez-Tapia, 2008). De esta forma, se obtiene que el rango para la categoría de bajo es menor de 0.35, categoría de medio es de 0.35-0.47 y la categoría de alto es mayor a 0.47.

Índice de vulnerabilidad

La estimación del índice de vulnerabilidad del productor alpaquero se obtuvo de la combinación de los índices de capacidad adaptativa y sensibilidad. Para ello, se usó la lógica difusa propuesta por Eakin y Bojórquez-Tapia (2008). La lógica difusa es una teoría matemática para la representación de problemas complejos, inciertos y no estructurados en términos de variables lingüísticas que representan los conjuntos difusos. Un conjunto difuso, a diferencia de un conjunto clásico, es un conjunto de elementos que contiene varios grados de membresía. El grado de membresía de una variable se encuentra entre 0 a 1. Las operaciones en lógica difusa incluyen fusificación, inferencia, combinación y defusificación (Ross, 2010).

Bojórquez-Tapia *et al.* (2002) indican que la fusificación es el proceso de transformar un valor real en un valor difuso, determinado a través de una función de membresía, utilizando variables y calificadores lingüísticos. Las variables lingüísticas para el índice de vulnerabilidad a nivel de productor fueron bajo

$$\begin{aligned}
 \text{(a)} \quad \mu_B(X) &= \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ si } x \in [0, a], \\ \frac{b-x}{b-a} \text{ si } x \in [a, b], \\ 0 \text{ si } x > b \end{array} \right\} & \text{(b)} \quad \mu_M(X) &= \left\{ \begin{array}{l} 0 \text{ si } x < a, \\ \frac{x-a}{b-a} \text{ si } x \in [a, b], \\ \frac{c-x}{c-b} \text{ si } x \in [b, c], \\ 0 \text{ si } x > c \end{array} \right\} \\
 \text{(c)} \quad \mu_A(X) &= \left\{ \begin{array}{l} 0 \text{ si } x < b, \\ \frac{x-b}{c-b} \text{ si } x \in [b, c], \\ 1 \text{ si } x \in [c, 1] \end{array} \right\}
 \end{aligned}$$

Figura 2. Funciones de membresía de variables lingüísticas. a) vulnerabilidad baja; b) vulnerabilidad media; c) vulnerabilidad alta

(B), medio (M) y alto (A). Las variables lingüísticas fueron convertidas a conjuntos difusos mediante las siguientes funciones de membresía. Para vulnerabilidad baja, una función de membresía es trapezoidal trunca, la cual es específica para los parámetros a y b (Figura 2a), para la vulnerabilidad media, la función de membresía es triangular, la cual es especificado por parámetros a , b y c (Figura 2b) y para la vulnerabilidad alta, la función de membresía es trapezoidal trunca, y especificado para los parámetros b y c (Figura 2c).

La Figura 3 muestra las funciones de membresía del índice de vulnerabilidad, tomando en cuenta los índices de capacidad adaptativa (a_i) y sensibilidad (s_i) al cambio climático. Los valores a , b y c son ajustados para maximizar la dispersión de los datos en las tres categorías, siendo $a = 0.26$, $b = 0.41$ y $c = 0.56$.

Por otro lado, Bojórquez-Tapia *et al.* (2002), indicó que la inferencia difusa, consiste en la aplicación de las reglas

si...y....entonces o premisas para combinar dos o más números difusos y producir nuevos conjuntos difusos. Para el presente caso, los números difusos para a_i y s_i son combinados a través de reglas establecidas mostradas en el Cuadro 5 como una tabla de decisión [3 x 3].

Los nuevos conjuntos difusos obtenidos a partir del Cuadro 5, dan como resultados los *alpha cut* (α -cut) para cada una de las tres categorías, las cuales tienen la siguiente representación: $\alpha_{nm} = \mu(a_i)_n \wedge \mu(s_i)_m = \min(\mu(a_i)_n, \mu(s_i)_m)$, donde α_{nm} es el número difuso correspondiente a la fila n y la columna m de la tabla de decisión (Cuadro 5), y $\mu(a_i)_n$ y $\mu(s_i)_m$ son los valores de membresía para las variables lingüísticas de índice de capacidad adaptativa (a_i) y sensibilidad (s_i), respectivamente. Posteriormente, se realizó la reducción de escalamiento de los α -cut para cada categoría, el cual se expresaría de la siguiente manera

$$\begin{aligned}
 \alpha_B &= \max(\alpha_{11}^B) \\
 \alpha_M &= \max(\alpha_{12}^M, \alpha_{21}^M, \alpha_{22}^M) \\
 \alpha_A &= \max(\alpha_{23}^A, \alpha_{32}^A, \alpha_{33}^A)
 \end{aligned}$$

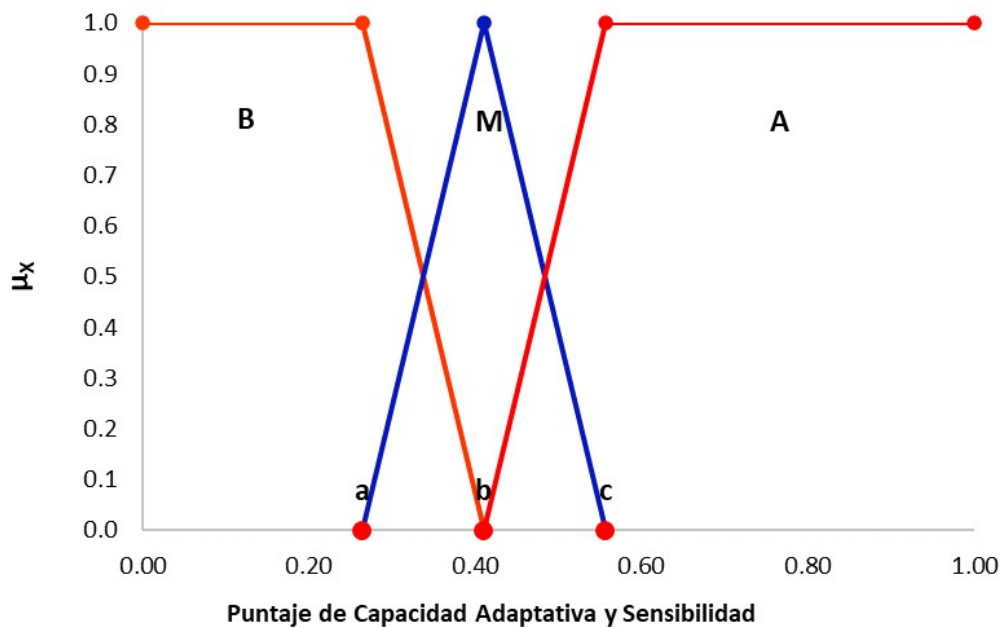


Figura 3. Funciones de membresía del índice de vulnerabilidad. Categoría baja (B), media (M) y alta (A) de vulnerabilidad. a: 0.26, b: 0.41, c: 0.56

Si bien Eakin y Bojórquez-Tapia (2008) indicaron que la combinación es el procedimiento donde los conjuntos difusos son combinados generando un espacio solución difuso (P), para el presente caso, representaría el índice de vulnerabilidad a nivel de productor (v). Así, para obtener v , se debe usar el enfoque del sistema aditivo difuso propuesto por Bojórquez-Tapia *et al.* (2002), al combinar los conjuntos difusos que resultaron de la interacción del índice de capacidad adaptativa y sensibilidad. El sistema aditivo difuso consiste que los valores de α -cut han sido calculados para cada conjunto difuso, y la sumatoria de cada uno de ellos nos dará v , como lo indican las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} \mu_B(X_v) &= \mu_B(X) \times \max(\mu_B(a_i), \mu_B(s_i)) \\ \mu_M(X_v) &= \mu_M(X) \times \max(\mu_M(a_i), \mu_M(s_i)) \\ \mu_A(X_v) &= \mu_A(X) \times \max(\mu_A(a_i), \mu_A(s_i)) \\ \mu(X_v) &= \mu_B(X_v) + \mu_M(X_v) + \mu_A(X_v) \end{aligned}$$

donde $\mu_B(X_v)$, $\mu_M(X_v)$ y $\mu_A(X_v)$ son los valores de membresía de los conjuntos difusos de bajo, medio y alta vulnerabilidad, X_v es el valor de la abscisa del espacio de la solución difusa, dentro del rango $[0,1]$, $\mu(X_v)$ es el valor de la membresía del espacio de la solución difusa.

Por último, Eakin y Bojórquez-Tapia (2008) indicaron que la defusificación convierte el espacio solución difuso (P), que en este caso es el índice de vulnerabilidad a nivel de productor (v_j), en valores reales. Para esta conversión se debe utilizar el método del momento compuesto, indicado por Bojórquez-Tapia *et al.* (2002):

$$v_j = \frac{\sum_g^G x \mu_v(X)_g}{\sum_g^G \mu_v(X)_g}$$

donde G : es número total de intervalos en que el rango de x es dividido

Cuadro 5. Tabla de decisión de interacción de los índices

Interacción de índices		Índice de sensibilidad (s_i)		
		B	M	A
Índice de capacidad adaptativa (a_i)	B	B	M	A
	M	M	M	A
	A	A	A	A

Categoría de los índices baja (B), media (M) y alta (A)

Cuadro 6. Clasificación de productores por categoría de vulnerabilidad

Vulnerabilidad	Productores (%)	Índice	
		Capacidad adaptativa	Sensibilidad
Baja	0.0	---	---
Media	76.5	0.3294 ± 0.0154 ^a	0.4358 ± 0.0248 ^b
Alta	23.5	0.3409 ± 0.0258 ^a	0.6605 ± 0.0266 ^a

^{a,b} Letras diferentes dentro de las columnas indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

También, el valor de la vulnerabilidad del j -ésimo alpaquero (v_j), fue clasificado en tres categorías lingüísticas usando los siguientes valores de rango (adaptado de Krishnamurthy *et al.*, 2014): bajo $0 \leq v_j \leq 0.30$; medio $0.30 < v_j \leq 0.60$; y alto $0.60 < v_j \leq 1$.

Análisis Estadístico

Se utilizó la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney. En el procesamiento de información se utilizó el *software* SPSS v. 23. La prueba de U de Mann-Whitney se aplicó para comparar los 22 atributos de capacidad adaptativa y a los 9 atributos de sensibilidad para ambas clases de VPA, así como para comparar los ICA e IS entre las categorías de los VPA. El estadístico de U de Mann-Whitney (U_i) para dos muestras independientes fue el siguiente (Fernández *et al.*, 2010): $U_1 = n_1 n_2 + (n_1(n_1 + 1) / 2) - R_1$ y $U_2 = n_1 n_2 +$

$(n_2(n_2 + 1) / 2) - R_2$, donde U_i : Estadístico de U de Mann-Whitney del i -ésima muestra independiente; n_i : tamaños respectivos de la i -ésima muestra independiente; R_i : suma de los rangos de las observaciones de la i -ésima muestra independiente.

En el estudio, al tenerse un número pequeño de observaciones (17 productores), se consideró significativo si la probabilidad sea menor a 0.15 (Petrie y Watson, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de Capacidad Adaptativa

La Figura 4 muestra el índice de capacidad adaptativa al cambio climático por anexo de la CCSSA. Los resultados indican que ninguna estancia se encuentra en la ca-

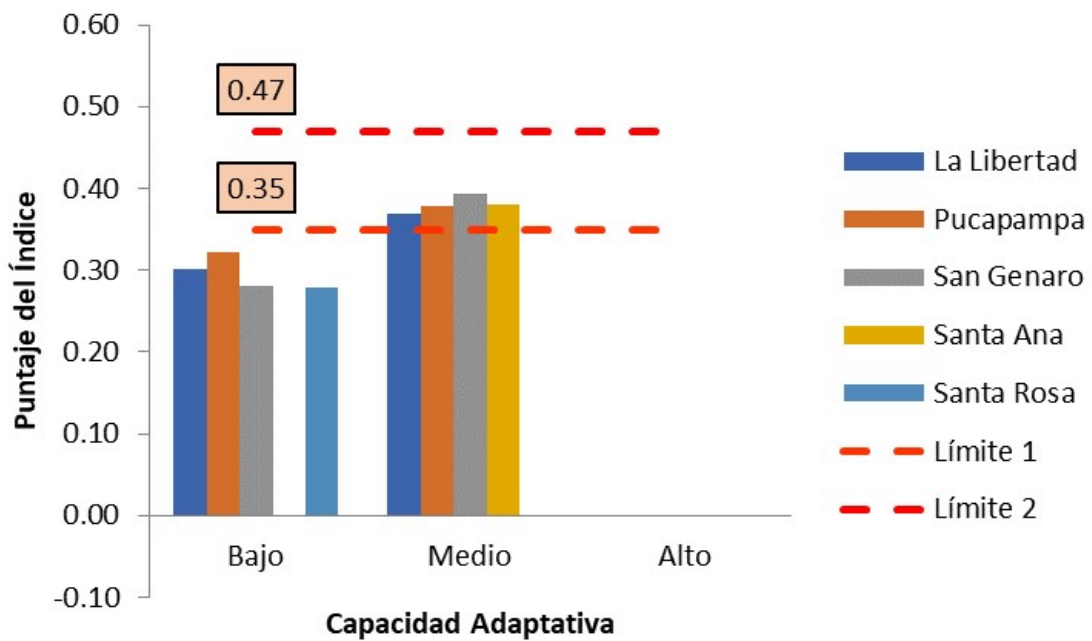


Figura 4. Puntaje del índice de capacidad adaptativa. Límite 1 (0.35) y Límite 2 (0.47) valores de cambio de categoría del índice

tegoría de alta capacidad adaptativa (>0.47). Asimismo, los anexos Santa Rosa y Santa Ana son los que contienen a todos los productores evaluados en categoría de baja (<0.35) y media (0.35-0.47) capacidad adaptativa, respectivamente. También indicar que el 58.8% de las estancias se encuentran en categoría de baja con un índice promedio de 0.2986 ± 0.0134 , en tanto que el 41.2% se encuentran en categoría media con un índice promedio de 0.3800 ± 0.0069 . Más aun, se muestra que el valor de los índices en las estancias en categoría media de capacidad adaptativa se encuentra ligeramente por arriba del límite para la categoría baja (0.35). Esto quiere decir que, si se alterase uno o más de los atributos claves de la capacidad adaptativa, las estancias podrían pasar de la categoría media a baja capacidad adaptativa, tal como lo hace constar Eakin y Bojórquez-Tapia (2008).

En el estudio de Chavarry (2016) evaluando la capacidad adaptativa a dos centros poblados de productores de vacunos lecheros al pastoreo en la región Cajamarca, la capacidad adaptativa para las 27 familias fue de 0.5513, en tanto que en el presente estudio fue de 0.3321 de capacidad adaptativa. Esto podría indicar que los alpaqueros de CCSSA tienen menor índice de capacidad de adaptación que los productores lecheros de Cajamarca.

En cambio, Salazar (2016), al evaluar productores de vacunos de leche de las cuatro provincias que atraviesan el Valle del Mantaro (Junín, Perú), encontró que 25, 39 y 36% de los distritos están en categoría baja, media y alta de capacidad adaptativa, respectivamente. Si bien, la escala empleada por dicho autor es diferente a la usada en el presente estudio, la asignación de la categoría se muestra en valores relativos, indicando que

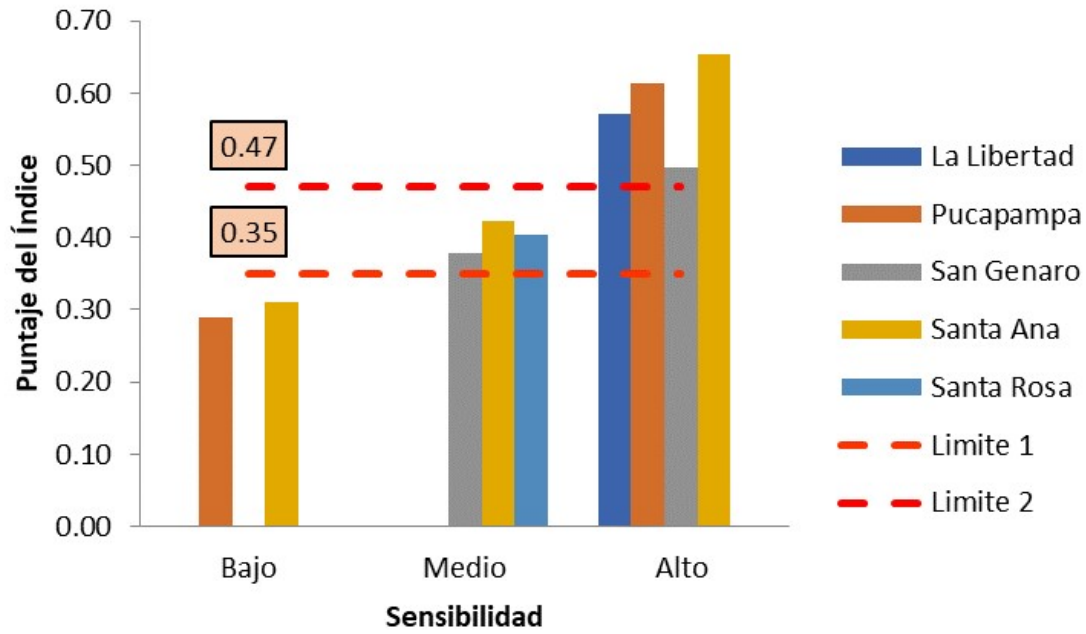


Figura 5. Puntaje del índice de sensibilidad. Límite 1 (0.35) y Límite 2 (0.47) valores de cambio de categoría del índice

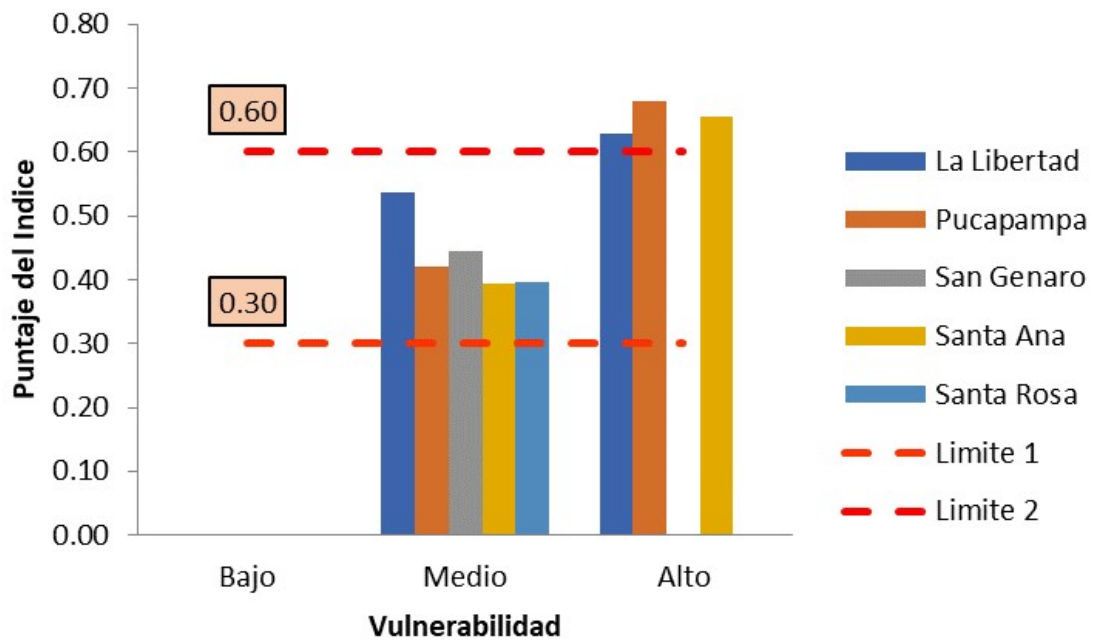


Figura 6. Puntaje del índice de vulnerabilidad. Límite 1 (0.30) y Límite 2 (0.60) valores de cambio de categoría del índice

esos productores lecheros solo presentan valores similares con los alpaqueros en la categoría de media de capacidad adaptativa.

Los resultados obtenidos por Chavarry (2016) y Salazar (2016) podrían deberse a que los recursos ambientales de esas regiones soportan especies ganaderas más productivas en comparación con los recursos ambientales de la CCSSA. Además, en términos económicos, la ganadería vacuna obtiene más beneficio que la alpaquera, aunque es más demandante en recursos humanos, físicos y ambientales que la alpaquera (Flores, 1996).

Por otro lado, Nelson *et al.* (2010), en su estudio de vulnerabilidad al cambio climático en comunidades rurales de Australia, determinaron cinco recursos (humano, social, natural, físico y capital financiero) para medir la capacidad adaptativa, encontrando que las comunidades rurales se encuentran en capacidad adaptativa baja, dependiendo del grado de producción de la industria lanera, siendo este resultado un reflejo de la declinación de la productividad agrícola.

Índice de Sensibilidad

El índice de sensibilidad al cambio climático de la CCSSA indica que los anexos La Libertad y Santa Rosa son los que poseen a todos los productores evaluados en categoría de alta y media de sensibilidad, respectivamente (Figura 5). Cabe indicar que el 52.9% de las estancias evaluadas se encuentran en categoría de alta con un índice promedio de 0.5863 ± 0.0277 , el 35.3% en categoría media (0.4053 ± 0.0122) y el 11.8% en la categoría de baja sensibilidad (0.2994 ± 0.0107). Asimismo, se puede observar que las estancias dentro de cada categoría se encuentran bien distribuidas, lo que significa para que una estancia cambie de categoría debe cambiar significativamente más de un atributo (Eakin y Bojorquez-Tapia, 2008).

En el trabajo de Chavarry (2016) se infirió un índice promedio general de 0.5646, siendo para el presente estudio de 0.4887 de sensibilidad. Esta comparación indica que los productores alpaqueros de CCSSA y los productores lecheros de Cajamarca tienen similar grado de sensibilidad al cambio climático, a pesar de que en Cajamarca tiene mejores ventajas en recursos físicos y ambientales. De otra parte, Salazar (2016) encontró que los distritos del Valle del Mantaro tienen 26, 16 y 58% bajo, medio y alto índice de sensibilidad, respectivamente. Estos resultados son similares al porcentaje de alta sensibilidad que los alpaqueros de CCSSA.

No obstante, a pesar de los mejores recursos ambientales y económicos de los productores lecheros de la región Cajamarca (Chavarry, 2016) y Valle del Mantaro (Salazar, 2016) en comparación que los del CCSSA (Flores, 1996), los productores afrontan una alta sensibilidad debido fundamentalmente al ratio gasto/ingreso familiar, condición de los pastizales y dependencia del clima.

Índice de Vulnerabilidad

El índice de vulnerabilidad al cambio climático por anexo de la CCSSA indica que ninguna familia alpaquera evaluada posee una baja vulnerabilidad (<0.30), en tanto que los productores del anexo Santa Rosa muestran una vulnerabilidad de categoría media (Figura 6). El 76.5% de las estancias se encuentran en categoría de media (índice promedio: 0.4390 ± 0.0208) y el 23.5% en categoría alta (índice promedio: 0.6605 ± 0.0266).

La Figura 6 muestra además que las estancias se encuentran bien distribuidas por el uso de la lógica difusa para su estimación. En otras palabras, al combinar los índices de capacidad adaptativa y sensibilidad al cambio climático bajo la metodología de lógica difusa, se determinó la categoría más cercana a la realidad, que aquellos obtenidos bajo la metodología de la lógica clásica, tal como

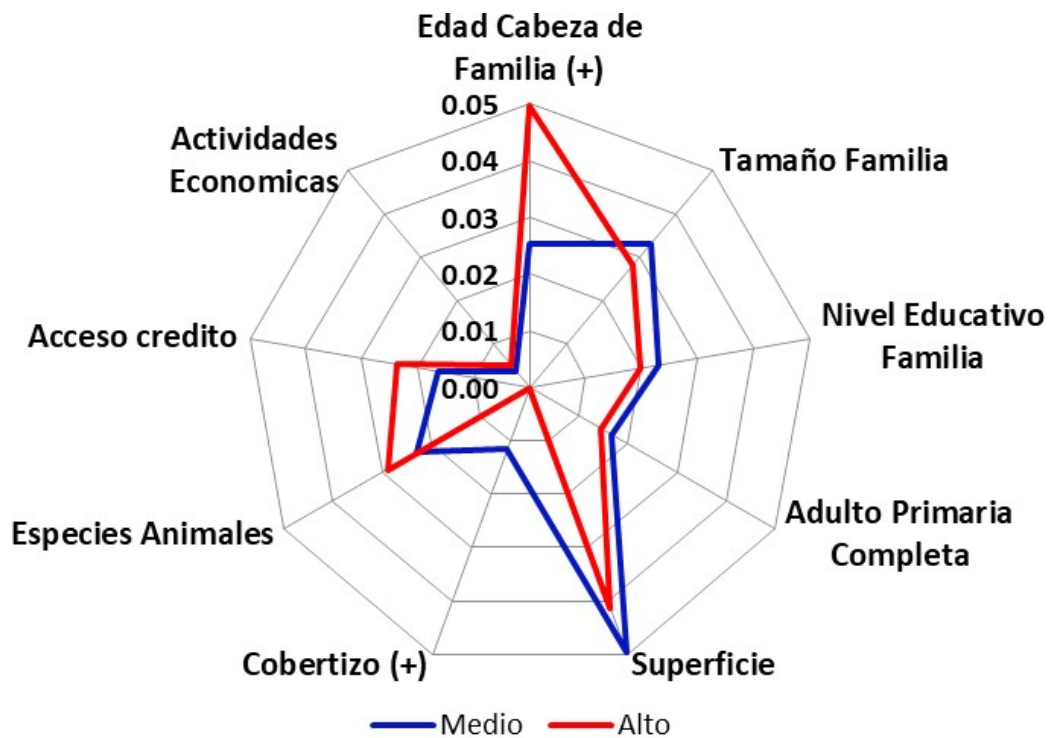


Figura 7. Categoría de vulnerabilidad por atributos de capacidad adaptativa. (+): $p < 0.15$

lo indicó Bojórquez-Tapia *et al.* (2002). Asimismo, Enea y Salemi (2001) y Ross (2010) indicaron que al usar la lógica difusa se evita el sesgo que pueden tener los técnicos en la determinación de valores o índices.

Chavarry (2016), en su estimación de la vulnerabilidad a nivel de productor lechero en la región Cajamarca, indica que el 44, 33 y 22% de los pobladores tienen alta, media y baja vulnerabilidad, respectivamente, lo cual indica que los productores alpaqueros de CCSSA serían menos vulnerables que los productores lecheros de Cajamarca, por tener alrededor de la mitad de la proporción de productores con vulnerabilidad alta. Por otro lado, Salazar (2016), indicó que el 36, 23 y 41% de los productores de vacunos lecheros del Valle del Mantaro tienen una vulnerabilidad baja, media y alta al cambio climático.

También indicó que los productores de alta vulnerabilidad tienen un puntaje de 0.52 de capacidad adaptativa y 0.61 de sensibilidad, siendo este último valor similar para el caso de los alpaqueros de CCSSA.

Los tres índices estimados para los alpaqueros de CCSSA sugieren que a los productores con baja capacidad adaptativa o alta sensibilidad les corresponde una alta vulnerabilidad al cambio climático a nivel de productor (Cuadro 6). Al 24% de las estancias de los alpaqueros que tienen alta vulnerabilidad le corresponde una alta sensibilidad (>0.47) y baja capacidad adaptativa (<0.35); en cambio, al 76% de las estancias con vulnerabilidad media le corresponde una media entre capacidad adaptativa y sensibilidad ($0.35 - 0.47$), lo cual se condice con la teoría (Eakin y Bojórquez-Tapia, 2008; Engle, 2011).

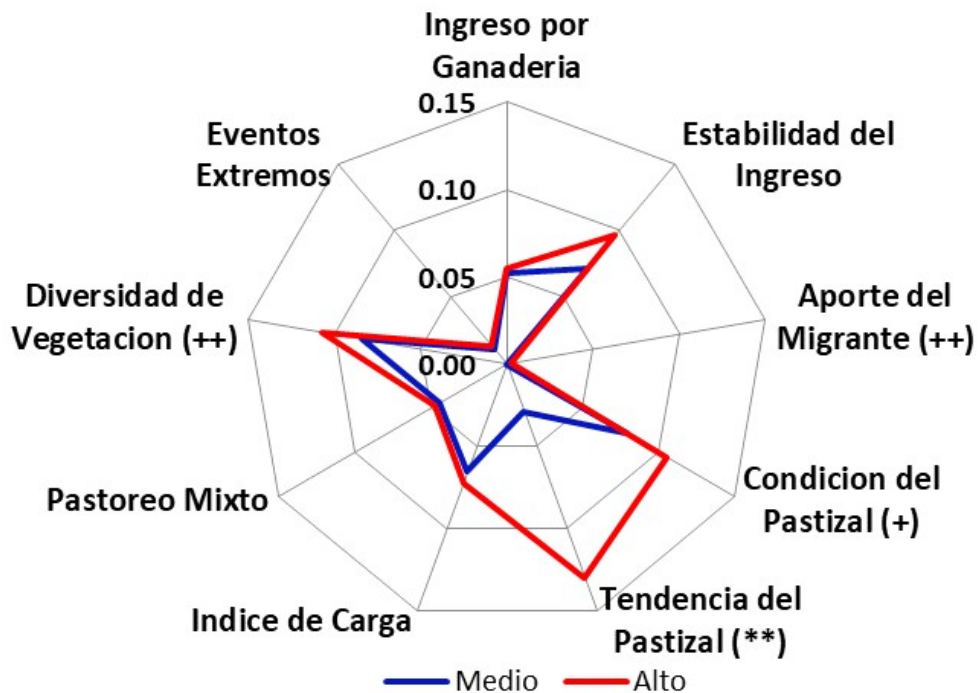


Figura 8. Categoría de vulnerabilidad por atributos de sensibilidad. (+) $p < 0.15$, (++) $p < 0.10$, (**) $p < 0.01$

Eakin y Bojórquez-Tapia (2008) estimaron la vulnerabilidad a nivel de pescadores en México, determinando que el 55, 41 y 4% se encuentran en alta, media y baja vulnerabilidad al cambio climático, respectivamente. Ese estudio indicó, además, que los pescadores de vulnerabilidad alta tienen un puntaje promedio de capacidad adaptativa de 0.29 y sensibilidad de 0.64; valores cercanos a los del presente estudio para esta categoría de vulnerabilidad. Esto podría deberse a que los atributos para el índice de sensibilidad están directamente relacionados a las condiciones climáticas, manejo de animales y estado económico de las familias.

Finalmente, las Figuras 7 y 8, muestran los gráficos radiales de los atributos que aportaron más peso a los índices de capacidad adaptativa y sensibilidad, respectivamente. El gráfico es atravesado por las dos categorías de vulnerabilidad al cambio climático a nivel

de productor alpaquero determinadas en el presente estudio, tal como lo sugiere Eakin y Bojórquez-Tapia (2008).

La Figura 7 muestra que valores de atributos tendientes a cero corresponden a la categoría de media vulnerabilidad, mientras que valores alejados de cero corresponden a la categoría de alta vulnerabilidad. Al comparar estadísticamente el grado de aporte de los 22 atributos del índice de capacidad adaptativa para las categorías de vulnerabilidad, se observa que unos atributos aportan significativamente más que otros. Al aplicar la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney se identifican los atributos que eran significativos en la determinación del estatus de la vulnerabilidad. Estos fueron la edad del jefe de familia y la presencia de cobertizos ($p < 0.15$), mientras que los 20 atributos restantes no mostraron diferencias significativas entre las categorías de vulnerabilidad ($p > 0.15$).

Los resultados indican para que una estancia cambie de estatus de alta a media vulnerabilidad, los jefes de familia deben tener una edad entre 25 y 50 años y que las estancias posean cobertizos para que los animales se protejan del friaje u otro evento climático extremo que sucede con bastante frecuencia en las alturas de la CCSSA.

La edad promedio del jefe de familia al momento de la evaluación fue de 50.1 años, valor que se encuentra en el límite de lo que recomienda este atributo. No obstante, este valor es dinámico por la sobrevivencia de las personas, pudiendo aumentar o disminuir, por lo que el sistema se estaría estabilizando como lo indican los estimados del INEI (2018). Cabe indicar también, que la edad de jefe de familia representa la experiencia que tiene el productor con el manejo del ganado; esto quiere decir, el conocimiento sobre el terreno y sus recursos naturales, además de planificar su estrategia para afrontar los eventos extremos que pueda ocurrir en su estancia. Entre esas estrategias, pueden ser la construcción de infraestructura física (instalaciones ganaderas) y verde (mejoramiento de pastizales), para resguardar a los animales ante las inclemencias climáticas.

Para el caso de presencia de cobertizos, esto es factible, ya que los productores son beneficiarios de programas de apoyo de gobiernos locales y sector privado, cuyo objetivo es el desarrollo ganadero. Asimismo, la construcción de cobertizos formaría parte de la estrategia para afrontar los eventos extremos, la cual debe ser complementada con otras actividades como mejoras en la alimentación a través del mejoramiento de los pastizales o conservación de forrajes cultivados.

La Figura 8 muestra que valores de atributos tendientes a cero corresponden a la categoría de media vulnerabilidad, mientras que los valores alejados de cero corresponden a la categoría de alta vulnerabilidad. Al comparar el grado de aporte de los atributos para las categorías de vulnerabilidad, se ob-

serva que los atributos de mayor contribución son la tendencia del pastizal ($p < 0.01$), aporte del migrante y diversidad de vegetación ($p < 0.10$) y condición del pastizal ($p < 0.15$); mientras que los cinco atributos restantes no mostraron diferencias significativas entre las categorías de vulnerabilidad ($p > 0.15$). Esto quiere decir, para que una estancia cambie de estatus de alta a media vulnerabilidad, debería mejorar la condición y tendencia del pastizal, mantener la diversidad de la vegetación de sus estancias y mejorar el aporte del migrante.

La mejora de la condición y tendencia del pastizal se puede lograr a través de planes de pastoreo de alpacas u otra actividad similar adecuado para la CCSSA. En el caso de mantener la diversidad de la vegetación de sus estancias, las familias alpaqueras deben manejar sosteniblemente los tipos de vegetación que se encuentran en su estancia, y eso está directamente relacionado con los planes de pastoreo (Flores, 1996). Esto es factible de ser realizado en la CCSSA, pues tal como indicaron los productores, reciben apoyo para el desarrollo de la ganadería, tanto por los gobiernos locales y empresas mineras de la zona de Castrovirreyna. A través de gestiones por parte de la directiva comunal podrían acceder a financiamiento, por recursos no reembolsables o por fondos rotatorios, para la mejora de la ganadería. Con estas acciones pueden mejorar sus pastizales y ser menos sensibles al cambio climático. Mejorando estos tres indicadores se estaría mejorando la estabilidad ecológica y, por consiguiente, incrementando la biomasa vegetal y aumentando la carga animal, cuyos efectos positivos serán que los alpaqueros sean más resilientes a los eventos climáticos y que mejorarían sus ingresos familiares. De esta manera, en el mediano y largo plazo no estarían dependiendo de algún aporte económico externo.

Por otra parte, la mejora del aporte del migrante es un factor externo al sistema de producción de los alpaqueros de CCSSA, y que depende principalmente de la predisposi-

ción de los parientes (Ansaloni *et al.*, 2013). Por último, los pobladores en el corto a mediano plazo deberán gestionar el diseño e implementación de estrategias como planes de gestión ambiental, programa de fortalecimiento de capacidades técnicas y mejora de la gestión de recursos humano, físico, financiero, información y diversidad, como medidas de adaptación para combatir los estragos del cambio climático de la CCSSA (Furrow *et al.*, 2011; Flores, 2016; Fritzsche *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

- La vulnerabilidad al cambio climático a nivel de productor alpaquero reveló que 76% de las familias alpaqueras tienen vulnerabilidad media, mientras que 24% tienen vulnerabilidad alta.
- A las estancias con alta vulnerabilidad les corresponde un alto índice de sensibilidad (>0.47) y bajo índice de capacidad adaptativa (<0.35), mientras que aquellas con media vulnerabilidad les corresponde una media de índice de capacidad adaptativa y sensibilidad (0.35-0.47), lo que se ajusta a los resultados de otros índices de vulnerabilidad a nivel de productor.
- Los atributos más determinantes para cambiar el estatus de vulnerabilidad son tendencia del pastizal ($p<0.01$), diversidad de vegetación y aporte del migrante ($p<0.10$), edad de los jefes de familia, presencia de cobertizos y condición del pastizal ($p<0.15$).
- Para mejorar los atributos de significancia estadística, y así cambiar su estatus de alta a media, o media a baja vulnerabilidad al cambio climático, las estancias deberán gestionar el diseño e implementación de planes de manejo sostenible de recursos, formación de capacidades técnicas para la mejora de la producción y manejo eficiente del agua y pastizales.

- Con el procedimiento descrito en la metodología se pueden obtener los mismos índices en otras zonas alpaqueras del país u otras crianzas de sistemas extensivos como llamas, ovinos, vacunos y caprinos.

Agradecimientos

Al Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales y Centro de Investigación y Capacitación Campesina de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por el financiamiento, apoyo logístico y técnico durante el desarrollo de la investigación. Además, a la *Fulbright Regional Network for Applied Research (NEXUS) Program* por la formación del Panel Experto y a los pastores alpaqueros de la Comunidad Campesina Sallca Santa Ana, Huancavelica, por su participación en forma directa e indirecta para la toma de información de sus estancias para el desarrollo de la investigación.

LITERATURA CITADA

1. **Adger W. 2006.** Vulnerability. *Global Environ Chang* 16: 268-281. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006
2. **Allpa Perú. 2009.** Las comunidades campesinas en la región Huancavelica. Perú: Ed Allpa. 36 p. [Internet]. Disponible en: <https://centro derecursos.-cultura.pe/sites/default/files/rb/pdf/Comunidades%20campesinas%20-en%201a%20region%20HUANCAVELICA.pdf>
3. **Ansaloni F, Pyszny F, Marquina R, Claros Liendo A, Claros Goitia A, Quispe J, Zapana J. 2013.** Income analysis in South American domestic camelid farms. *Bio-based and Applied Economics* 2: 173-189. doi: 10.13128/BAE-11379
4. **Barrantes C, Flores E, Ruiz J. 2018.** Caracterización de planteles de los sistemas de producción alpaquera de la sie-

- rra central del Perú. *Rev Inv Vet Perú* 29: 1335-1348. doi: 10.15381/rivep.v29i4.15182
5. **[BID] Banco Interamericano de Desarrollo, [CEPAL] Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 2014.** Economía del cambio climático en el Perú. Lima, Perú. Monografía BID N.º 222. 152 p. [Internet]. Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7285/La-Economia-del-Cambio-Climatico-en-el-Peru.pdf?sequence=1>
 6. **Bojórquez-Tapia L, Juárez L, Cruz-Bello G. 2002.** Integrating fuzzy logic, optimization, and GIS for ecological impact assessments. *Environ Manage* 30: 418-433. doi: 10.1007/s00267-002-2655-1
 7. **Brooks N. 2003.** Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework. Tyndall Centre for Climate Change Research and Centre for Social and Economic Research on the Global Environment. Working Paper N° 38. 20 p.
 8. **Brooks N, Adger W, Kelly P. 2005.** The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environ Chang* 15: 151-163. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2004.12.006
 9. **Chavarry R. 2016.** Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de familias ganaderas de la ecorregión Jalca en Cajamarca. Tesis de Maestría. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 127 p.
 10. **Eakin H, Bojórquez-Tapia L. 2008.** Insights into the composition of household vulnerability from multicriteria decision analysis. *Global Environ Chang* 18: 112-127. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2007.-09.001
 11. **Eakin H, Luers A. 2006.** Assessing the vulnerability of social-environmental systems. *Annu Rev Env Resour* 31:3 65-394. doi: 10.1146/annurev.energy.-30.050504.144352
 12. **Enea M, Salemi G. 2001.** Fuzzy approach to the environmental impact evaluation. *Ecol Model* 135: 131-147. doi: 10.1016/S0304-3800(00)00380-X
 13. **Engle N. 2011.** Adaptive capacity and its assessment. *Global Environ Chang* 21: 647-656. doi: 10.1016/j.gloenvcha.-2011.01.019
 14. **Fernández R, Trapero A, Domínguez J. 2010.** Experimentación en agricultura. España: Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. 350 p.
 15. **Flores E. 1996.** Reality, limitations and research needs of the peruvian livestock sector. In: *Latin America Regional Livestock Assessment. Workshop Proceedings.* San José, Costa Rica.
 16. **Flores E. 2016.** Cambio climático: pastizales altoandinos y seguridad alimentaria. *Rev Glaciares Ecosist Montaña* 1: 73-80. doi: 10.36580/rgem.il.73-80
 17. **Flores E, Ñaupari J, Tacuna R. 2014.** La economía del cambio climático en el Perú: ganadería alto andina. En: *La economía del cambio climático en el Perú.* BID. Monografía BID N° 222 y CEPAL LC/W.640. 152 p. [Internet]. Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7285/La-Economia-del-Cambio-Climatico-en-el-Peru.pdf?sequence=1>
 18. **Fritzsche K, Schneiderbauer S, Bubeck P, Kienberger S, Buth M, Zebisch M, Kahlenborn W. 2016.** El libro de la vulnerabilidad. Conceptos y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad. Bonn, Alemania. 178 p. [Internet]. Disponible en: https://www.adaptationcommunity.net/?wpfb_dl=269
 19. **Furlow J, Smith J, Anderson G, Breed W, Padgham J. 2011.** Building resilience to climate change through development assistance: USAID's climate adaptation program. *Climatic Change* 108: 411-421. doi: 10.1007/s10584-011-0127-4

20. **Füssel H. 2007.** Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environ Chang* 17: 155-167. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2006.05.002
21. **[INRENA] Instituto de Recursos Naturales. 1995.** Guía explicativa del mapa ecológico del Perú. Ministerio de Agricultura. Lima – Perú. 271 p. [Internet]. Disponible en: <http://www.keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Maps/INRENA-mapa-ecologico.pdf>
22. **[INGEMMET] Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. 2003.** Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Puquio (30-ñ), Santa Ana (29-ñ), Chaviña (30-o) y Querobamba (29-o), Escala 1:100000. [Internet]. Disponible en: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2070>
23. **[INEI] Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2018.** Perú: perfil sociodemográfico. Informe nacional. Censos nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. Lima, Perú. 644 p. [Internet]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/
24. **[IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.** Summary for policymakers. In: *Climate Change 2007: Impacts, assessment and vulnerability. Contribution of working group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC.* Cambridge University Press. Cambridge, UK. [Internet]. Available in: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf
25. **[IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014.** *Climate Change 2014. Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Working group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge, UK. 1150 p. [Internet]. Available in: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf
26. **[IUCN] International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. 2010.** Building resilience to climate change. Ecosystem-based adaptation and lesson from the field. [Internet]. Available in: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/CEM-009.pdf>
27. **Krishnamurthy P, Lewis K, Choularton R. 2014.** A methodological framework for rapidly assessing the impacts of climate risk on national-level food security through a vulnerability index. *Global Environ Chang* 25: 121-132. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2013.11.004
28. **Lagos P. 2007.** Peru's approach to climate change in the Andean Mountain region. Achieving multidisciplinary regional cooperation for integrated assessment of climate change. *Mt Res Dev* 27: 28-31. [Internet]. Available in: <https://www.jstor.org/stable/4540677>
29. **Magrin G, Marengo J, Boulanger J, Buckeridge M, Castellanos E, Poveda G, Scarano F, Vicuña S. 2014.** Central and South America. In: *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspect. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge, UK. [Internet]. Available in: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap27_FINAL.pdf
30. **Monterroso A, Conde C, Gay C, Gómez J, López J. 2012.** Indicadores de vulnerabilidad y cambio climático en la agricultura de México. En: *Cambio climático. Extremos e impactos. VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología.* [Internet]. Disponible en: http://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/02/0086_PU-SA-VIII-2012-A_MONTERROSO.pdf

31. **Nelson R, Kokic P, Crimp S, Martin P, Meinke H, Howden S, De Voil P, Nidumolu U. 2010.** The vulnerability of Australian rural communities to climate variability and change: Part II-Integrating impacts with adaptive capacity. *Environ Sci Policy* 13: 18-27. doi: 10.1016/j.envsci.2009.09.007
32. **[ONERN] Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. 1981.** Mapa de uso mayor de tierras. Lima, Perú. [Internet]. Disponible en: <https://www.geogpsperu.com/2015/10/mapa-de-capacidad-de-uso-mayor-de.html>
33. **Petrie A, Watson P. 2006.** Statistics for veterinary and animal science. Blackwell Publishing. 2nd ed. 309 p.
34. **Postigo J, Young K, Crews K. 2008.** Change and continuity in a pastoralist community in the high Peruvian Andes. *Hum Ecol* 36: 535-551. doi: 10.1007/s10745-008-9186-1
35. **Rolando J, Turin C, Ramírez D, Mares V, Moneris J, Quiroz R. 2017.** Key ecosystem service and ecological intensification of agricultura in the tropical high-Andean Puna as affected by land-use and climate changes. *Agric Ecosyst Environ* 236: 221-233. doi: 10.1016/j.agee.2016.12.010
36. **Ross T. 2010.** Fuzzy logic with engineering applications. 3rd ed. Jhon Wiley. 585 p.
37. **Salazar K. 2016.** Percepción, vulnerabilidad socioeconómica y adaptación a cambio climático del ganadero lechero del Valle del Mantaro, Junín. Tesis de Maestría. Univ. Nacional Agraria La Molina. 191 p. [Internet]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2748>
38. **Smit B, Burton I, Klein R, Wandel J. 2000.** Anatomy of adaptation to climate change and variability. *Climatic Change* 45: 223-251. doi: 10.1023/A:1005661622966