

<https://doi.org/10.17163/abyaups.95.733>

Capítulo 4

Dinámicas socioambientales en los Andes ecuatoriales: una visión actual mediada por el cambio climático y las transformaciones agrícolas

Santiago López

University of Washington Bothell. Bothell, Washington, USA
cslopez@uw.edu

<https://orcid.org/0000-0003-3747-2135>

Jin-Kyu Jung

University of Washington Bothell. Bothell, Washington, USA
jkjung5@uw.edu

<https://orcid.org/0000-0001-7222-2532>

Introducción

El cambio climático global amenaza la capacidad de respuesta de las comunidades locales en todo el mundo. Sitios ubicados en latitudes y elevaciones altas y cerca del nivel del mar están sufriendo sus impactos más directa e inmediatamente que otros lugares (Bjurström y Polk 2011). Soluciones efectivas al problema del cambio climático requieren: 1) el reconocimiento de que las personas interpretan los cambios ambientales de manera diferente dependiendo de cómo se conceptualiza el medio físico y los cambios percibidos en él; 2) el apoyo de una serie de esfuerzos regionales, locales, e interdisciplinarios que permitan un diálogo entre

las ciencias sociales y biofísicas (Ostrom 2009; Burnham *et al.*, 2015; Jurt *et al.*, 2015).

Muchos han notado, sin embargo, que un diálogo completamente interdisciplinario sobre el cambio climático a menudo se inhibe por la estructura de las disciplinas y sus distintas epistemologías (Edwards, 2010). Tal vez sea por esta idea preconcebida que la mayoría de las investigaciones abordan el cambio climático desde una concepción limitada de la interdisciplinariedad, por lo general incrustada en las ciencias físicas y naturales, para ofrecer una visión descontextualizada del cambio climático y sus consecuencias (Bjurström y Polk, 2011).

Dada la discrepancia, tal vez no intencional, entre el conocimiento científico muchas veces etiquetado como “legítimo” y el conocimiento local sobre el clima, generalmente menospreciado, una epistemología híbrida nos permite considerar tanto los conocimientos locales y científicos simultáneamente como su proceso de producción. Podemos así explorar y complementar diferentes posiciones epistemológicas reconociendo que tanto el conocimiento local como el científico son contextuales, situados, e inherentemente políticos (López *et al.*, 2020).

La aplicación de una epistemología híbrida respeta los marcos de conocimiento paralelos que enriquecen los esfuerzos de investigación sobre el cambio climático. Este marco permite no solamente una mayor diversidad de diálogo sobre el clima y los cambios ambientales (Demeritt, 2001) sino una comprensión más holística del cambio climático y las soluciones relacionadas a adaptación y mitigación (Nielsen y D’Haen, 2014). Por consiguiente, en este estudio seguimos un enfoque epistemológico híbrido (López *et al.*, 2017) para llevar a cabo una investigación interdisciplinaria sobre cambio climático en los Andes centrales del Ecuador.

Los enfoques científicos convencionales al problema del cambio climático por lo general se basan en la identificación de las tendencias a largo plazo y “comportamientos” anormales de los indicadores clave del clima (por ejemplo, temperatura, precipitación, humedad, etc.) en relación

con un período de referencia (es decir, el período normal) junto con sus incertidumbres (Razavia *et al.*, 2016).

Para detectar las tendencias históricas y caracterizar espacialmente el cambio climático a través del tiempo, los investigadores generalmente dependen de análisis estadísticos de datos de instrumentos meteorológicos (Hulme, 2008), interpolados a diferentes resoluciones.

Sin embargo, esto no es siempre posible. En los Andes tropicales, por ejemplo, series de datos climatológicos longitudinales y de alta resolución han sido históricamente difíciles de generar debido a: 1) procesos topográficos y atmosféricos que conducen a respuestas climáticas complejas con diferentes grados de variabilidad y 2) la falta de datos homogenizados de estaciones meteorológicas con adecuadas resoluciones espaciales y temporales (Morán-Tejeda *et al.*, 2016). Sin embargo, recientes avances en el modelamiento del clima han ayudado a revelar ciertas tendencias climáticas importantes en la región (ver por ejemplo, Vuille *et al.*, 2003; Haylock *et al.*, 2006; Espinoza-Villar *et al.*, 2009; Urrutia y Vuille, 2009).

Estos estudios apuntan hacia el aumento de temperatura del aire en la región con algunas excepciones hacia la vertiente oriental (Vuille *et al.*, 2003). En cuanto a precipitación anual, se han observado tendencias débiles positivas en el norte de Perú y Ecuador (Haylock *et al.*, 2006) y negativas a lo largo de los flancos orientales de los Andes (Espinoza-Villar *et al.*, 2009). Basist *et al.* (1994) sugieren que la variabilidad espacial de la precipitación anual en el norte del Ecuador se debe, en parte, a la exposición y orientación de las pendientes en relación con el viento predominante que deriva particularmente en microclimas dentro de la misma cuenca. Otros autores sugieren que los picos máximos y mínimos esporádicos de precipitación parecen estar altamente correlacionados con eventos como El Niño Oscilación Sur (ENOS) y La Niña (La Frenierre y Mark, 2017). Aunque estos estudios han ayudado mucho a entender la variabilidad climática en la región, las caracterizaciones gruesas suelen pasar por alto la variabilidad local, lo que dificulta su utilidad en estudios a mediana o alta resolución.

En este estudio, seguimos un enfoque climatológico local para caracterizar las tendencias climáticas entre 1965 y 2013 en los Andes Centro-Norte del Ecuador. Contextualizamos el análisis cuantitativo con datos cualitativos sobre percepción basados en conversaciones con pequeños agricultores sobre el cambio climático.

Este capítulo se centra en dos preguntas generales de investigación: 1) ¿Cómo ha cambiado el clima en la región Centro-Norte de los Andes ecuatorianos en las últimas décadas y cómo perciben esos cambios los pequeños agricultores? 2) ¿Cómo puede un marco epistemológico híbrido ayudar a valorar las dimensiones físicas y humanas del cambio climático a través de distintas escalas geográficas? Nos basamos en el análisis estadístico de indicadores clave del clima y métodos de investigación participativa para identificar los vínculos entre los sistemas de conocimiento local y científico.

Sitios de la zona de estudio y de investigación

El estudio se realizó entre los años 2014 y 2018 en los Andes Centro-Norte del Ecuador con énfasis en tres lugares. Dos de ellos, Ticatilín-Macaló Grande y Yanahurco Grande, se encuentran ubicados en la provincia de Cotopaxi al ($78^{\circ} 33' 22''$ O, $0^{\circ} 45' 45''$ S) y ($78^{\circ} 46' 43''$ O, $0^{\circ} 47' 30''$ S), respectivamente. El tercer sitio, Oyacachi, se encuentra en las laderas externas superiores de la Cordillera Oriental de los Andes ($78^{\circ} 5' 2''$ O, $0^{\circ} 13' 8''$ S), en la provincia de Napo (figura 1). Mientras Ticatilín-Macaló Grande y Yanahurco Grande surgieron de las grandes propiedades rurales denominadas haciendas que desaparecieron en el siglo XX (Bebbington, 2000), Oyacachi es una comunidad indígena ancestral, fundada en 1906 (DIVA, 2000). Yanahurco Grande y Oyacachi están legalmente reconocidas como comunas (por ejemplo, grupos de tenencia de tierras basadas en parentesco con sus propias autoridades legales) (Korovkin, 2001). Los habitantes de Ticatilín-Macaló Grande se consideran mestizos, descendientes de españoles e indígenas, mientras

Métodos y datos

Tendencias del clima en los Andes centrales del Ecuador

Para analizar las tendencias del cambio climático en las últimas cinco décadas, utilizamos datos climatológicos observados y “bajados de escala” (*downscaled*) de observaciones climáticas históricas regionales. Obtuvimos los datos meteorológicos de estaciones meteorológicas cercanas ($n = 4$) a nuestras localidades del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI 2014). Las estaciones tienen series de tiempo de rangos variables con el más largo desde 1931 al 2013 y el más corto entre 1980 y 2011. Mientras las cuatro estaciones tienen datos de precipitación, solo dos tienen datos sobre temperatura (M188-Papallacta y M120-Cotopaxi-Clirsén). Para el análisis climatológico nos concentramos en las estimaciones medias anuales de temperatura y precipitación. La investigación no aborda la variabilidad mensual o a ninguna otra escala temporal. Dado que el conjunto de datos de INAMHI son incompletos y, a menudo, hacen difícil la descripción de tendencias a largo plazo, también obtuvimos datos climáticos longitudinales y georreferenciados a escalas temporales (anual) y espaciales (tamaño de celda = 250 m) en consonancia con la escala de análisis. Utilizamos el software ClimateSA v1.10 para obtener series de datos climáticos homogéneos (Hamann et al. 2013). Este software reduce la escala de los datos históricos climáticos (1901-2013) del conjunto de datos regionales CRU TS-3.1 / 3.22 a una resolución espacial de $0,5^\circ$ (Wang et al. 2012). Los descriptores climáticos derivados de ClimateSA incluyen: Temperatura media anual (TMA) en $^\circ\text{C}$, temperatura del mes más cálido (TMC) en $^\circ\text{C}$, temperatura del mes más frío (TMF) en $^\circ\text{C}$, precipitación media anual (PMA) en mm, y déficit de humedad atmosférica de Hargreaves (DHC) en mm que representa la diferencia entre la evaporación y la precipitación de referencia.

Analizamos las tendencias de temperatura y precipitación anual mediante regresión lineal y aplicando la prueba no paramétrica de Spearman-Rho ($S\rho$). Además, los datos históricos reducidos de escala fueron con-

vertidos a formato raster dentro de un sistema de información geográfica (SIG) ArcGIS 10.3 (ESRI, 2014) para visualizar las tendencias espaciales. Se compararon dos períodos: $k1 = 1961-1990$ (período normal) y $k2 = 1991-2013$. Obtuvimos diferencias de las estimaciones medias anuales para cada período. Por último, enlazamos los resultados cuantitativos con los resultados del análisis cualitativo de encuestas individuales y entrevistas personales con adultos mayores realizadas en los tres sitios de investigación.

Investigación participativa cualitativa y percepciones sobre el cambio climático

Nos basamos en el análisis de datos provenientes de una encuesta semiestructurada, de entrevistas de historia de vida, y de la observación participativa para recopilar datos sobre las percepciones sobre el cambio climático, con especial referencia a las variaciones de temperatura y precipitación y la asociación con los cambios en la agricultura a lo largo de la vida de los agricultores. La encuesta se realizó entre el 20 de junio y 15 de julio de 2015 directamente a los participantes en sus casas o casa comunal en sesiones que duraron entre 20-40 min.

La encuesta semiestructurada se basó en una serie de preguntas a 36 pequeños agricultores (tamaño medio de la propiedad = 5,8 ha; $ds = \pm 8,8$ ha) de las tres comunidades previamente descritas. La mayoría de los participantes tienen ingresos muy bajos (39 %; <\$200 al mes) y bajos (53 %; entre \$200 y \$500 al mes), mientras que una pequeña minoría (8 %) obtuvo más de \$500 al mes. Los niveles de educación varían, pero la mayoría de los participantes no se graduaron de la escuela secundaria (67 %), algunos no tienen ningún tipo de educación formal y no sabían leer y/o escribir (17 %), y solo unos pocos tenían un título universitario (11 %). Se encuestó a 13 agricultores en Ticatilín-Macaló Grande (edad media = 62,2 años; $ds = \pm 12,6$ años) y Oyacachi (edad media = 54,4 años; $ds = \pm 14,2$ años), y 10 en Yanahurco Grande (edad media = 40,1 años; $ds = \pm 10,1$ años).

Realizamos también ocho entrevistas de historia de vida en Ticatilín-Macaló Grande y Oyacachi con adultos mayores (edad media = 58,8 años; $ds = \pm 13,4$ años) que habían vivido en las comunidades durante al menos 40 años y que voluntariamente aceptaron participar en la investigación. Las entrevistas fueron hechas en español, documentadas por medios digitales utilizando cámaras de video y grabadoras de voz, a veces mezcladas con algo de Kichwa (especialmente en Oyacachi), y a continuación se transcribieron a texto. El conteo de palabras de las entrevistas transcritas para Ticatilín-Macaló Grande y Oyacachi fueron 21 279 y 11 372 respectivamente. Utilizamos *Atlas Ti 6.0* (Scientific Software Development GmbH 2012) para organizar y analizar el contenido temático, y crear representaciones visuales de las relaciones entre los datos en bruto y códigos temáticos.

Realizamos el análisis de codificación de temas para representar y reflejar cómo la gente que reside en el campo percibe los cambios climáticos y ambientales. Utilizamos un enfoque de “teoría fundamentada” para crear una serie de códigos con el fin de organizar y evaluar el significado de los datos a través de la identificación de categorías y temas clave (Strauss y Corbin, 1997). Para realizar el análisis de codificación, no creamos códigos predefinidos sino más bien de acuerdo con cómo se leen en las transcripciones de las entrevistas. Seguimos dos pasos durante el procedimiento de codificación: 1) descriptivo o *in-vivo*, a través del cual aplicamos etiquetas de categorías a los datos, y 2) codificación analítica, a través del cual identificamos temas emergentes clave mediante la interpretación de los significados contextuales de datos.

También utilizamos “nubes de código” para analizar los resultados de la investigación cualitativa (Jung, 2015). Las nubes de código representan resúmenes de los códigos tanto descriptivos como analíticos mediante la creación de visualizaciones de texto de diferentes tamaños y colores proporcionales a su frecuencia.

Resultados y discusión

Tendencias del clima en los Andes Centro-Norte del Ecuador

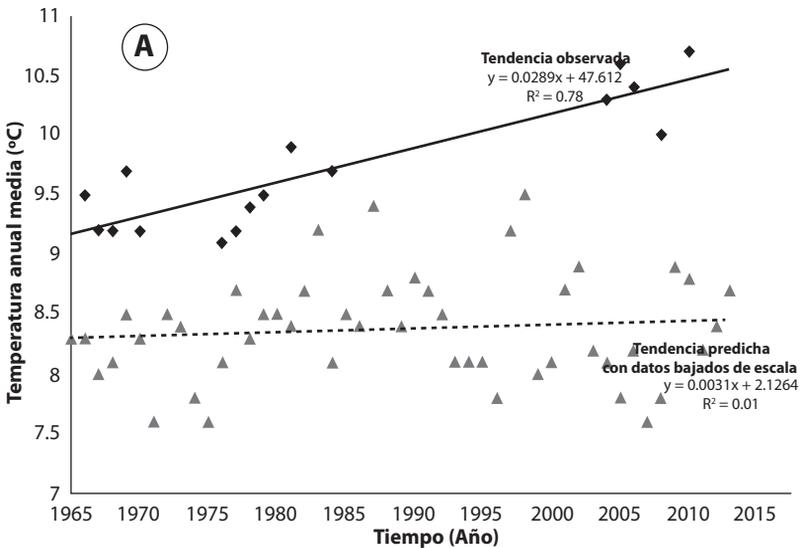
Debido a que la base de datos del INAMHI tienen vacíos de cobertura, se analizaron también datos históricos a escala reducida para identificar patrones subregionales de clima. Los resultados del análisis de regresión y las pruebas $S-\rho$ mostraron que las tendencias positivas de temperatura media anual (TMA) observado (OBS_TMA) son estadísticamente significativas en las estaciones M188-Papallacta ($r^2 = 0,78$, $p < 0,01$; $S-\rho = 0,795$, $p < 0,01$) y M120-Cotopaxi-CLIRSEN ($r^2 = 0,2$, $p < 0,05$; $S-\rho = 0,580$, $p < 0,01$) (figura 2) (tabla 1), que son las estaciones más cercanas a nuestros sitios de estudio con datos de temperatura anuales longitudinales. Los datos de TMA a escala reducida (MOD_TMA) también mostraron una variabilidad interanual similar ($ds_{(a\text{ escala reducida})} = \pm 0,5^\circ\text{C}$; $ds_{(observado)} = \pm 0,3^\circ\text{C}$) y están en general de acuerdo con la dirección de las tendencias observadas. Las tendencias MOD_TMA no son, sin embargo, estadísticamente significativas (Tabla 1). Al comparar la media histórica a escala reducida para períodos $k1$ y $k2$, algunos patrones de cambio TMA surgieron mostrando una diferencia regional distintiva, claramente marcada por la presencia de los Andes. Diferencias positivas de TMA en relación con el período normal $k1$ aumentaron hacia la región de tierras bajas hacia el Pacífico, mientras que las diferencias negativas aumentaron hacia las estribaciones orientales de los Andes y Amazonía (figura 3a). De acuerdo con nuestros datos, no existen diferencias significativas en TMA entre los dos períodos de tiempo en Oyacachi, aunque si las hay en Ticatilín-Macaló Grande y Yanahurco Grande (tabla 2).

Las tendencias observadas para precipitación anual (OBS_PMA) no fueron estadísticamente significativas en ninguna de las cuatro estaciones, pero presentan una pequeña tendencia de aumento en los últimos cincuenta años en M120-Cotopaxi-CLIRSEN, M371-Pastocalle, y M374-Saquisilí (tabla 1). Haylock *et al.* (2006) y Vuille *et al.* (2003; 2008) encontraron patrones regionales similares apuntando hacia un

leve aumento de la precipitación hacia el norte de 11 ° S y Morán-Tejeda *et al.* (2016) confirmaron esta tendencia en los valles interandinos de los Andes ecuatorianos. Ambas estimaciones de PMA tanto con los datos reducidos de escala y los observados en M188-Papallacta mostraron una débil tendencia hacia la disminución de la precipitación (figura 4a). Hubo, sin embargo, discrepancia entre la regresión lineal y resultados de las pruebas $S-\rho$ en M371-Pastocalle con respecto a la dirección de la tendencia (figura 4b), lo que complica aún más nuestra capacidad para detectar un patrón subregional robusto. Los datos de precipitación anual a escala reducida mostraron tendencias no significativas con una disminución global pequeña en las cuatro estaciones y en las tres comunidades.

Figura 2

Tendencias de temperatura anual media basadas en datos observados y reducidos de escala para las estaciones: a. M188-Papallacta y b. M120-Cotopaxi Clirsen



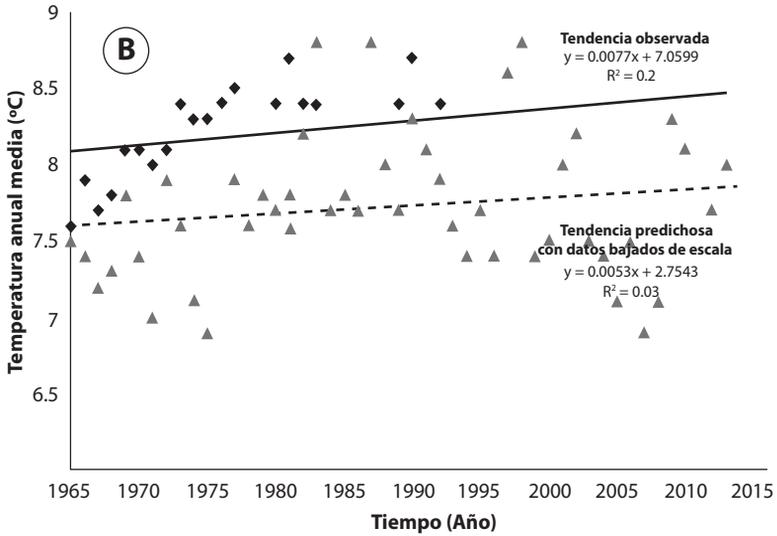
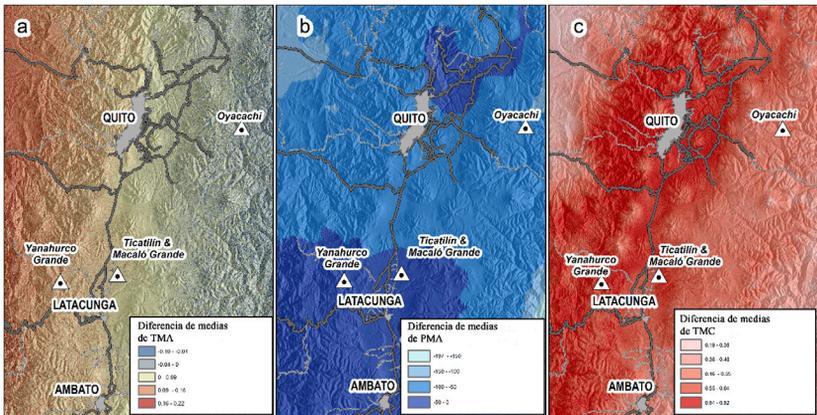
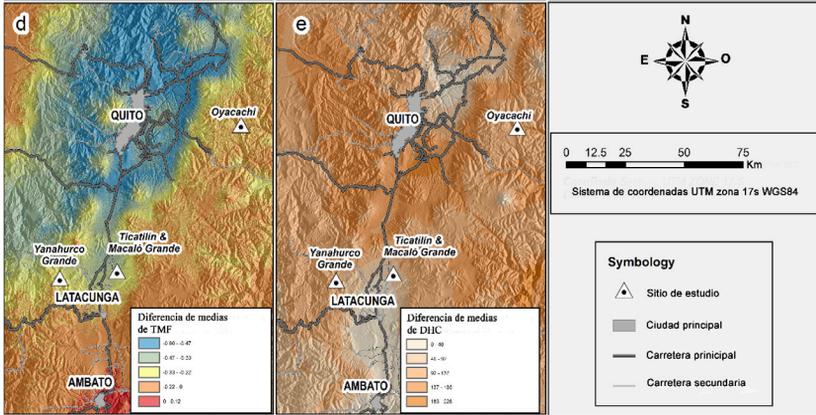


Figura 3
 Diferencias entre los períodos k1 (1961-1990) y k2 (1991-2013)
 de indicadores climáticos clave

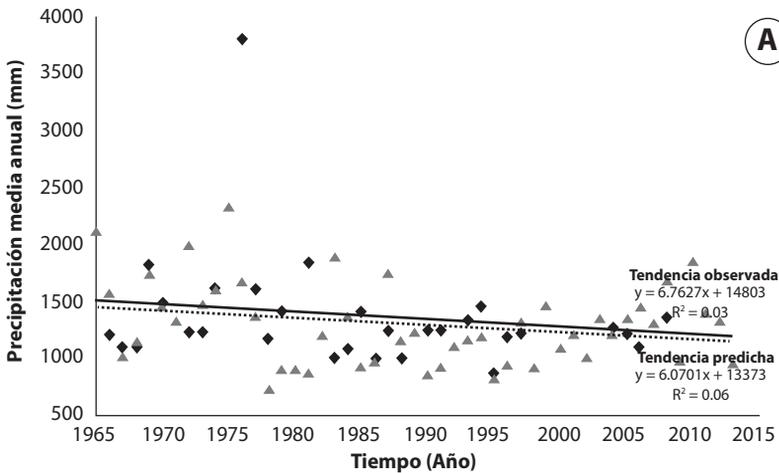


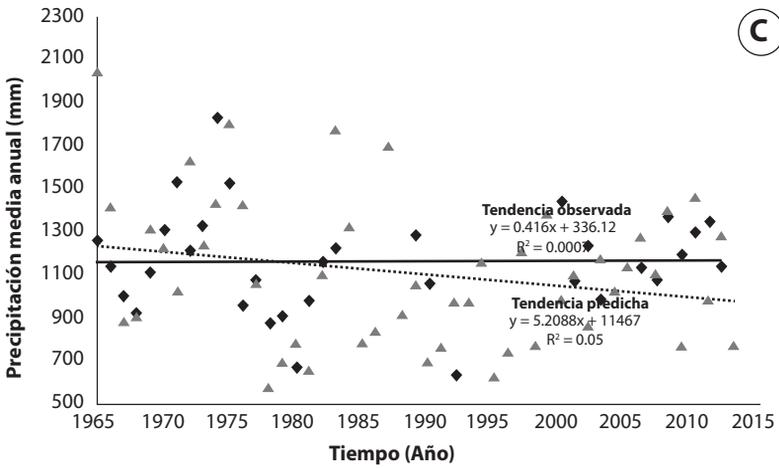
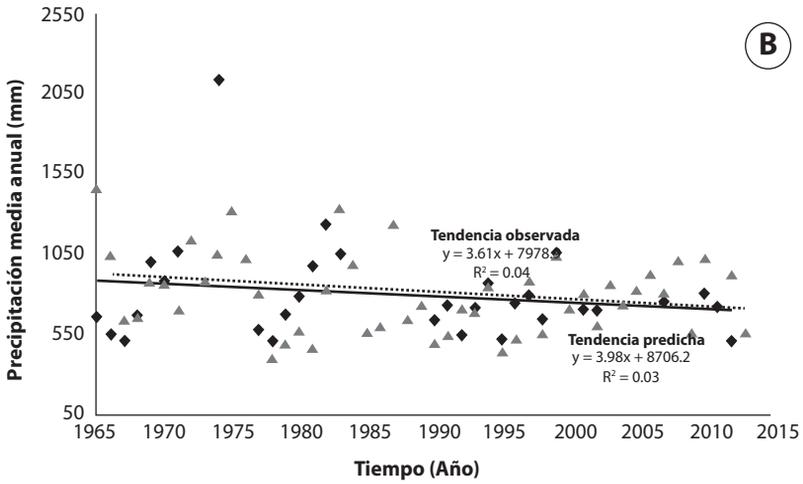


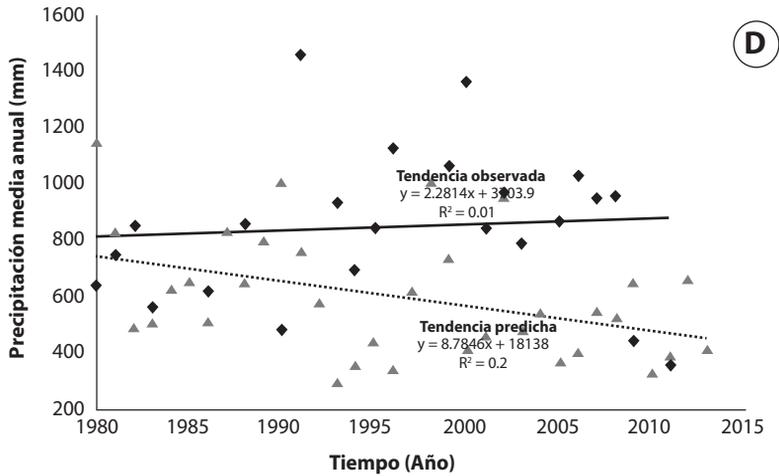
Nota. a. Temperatura media Anual (TMA), b. Precipitación media anual (PMA), c. Temperatura del mes más cálido (TMC), d. Temperatura del mes más frío (TMF), e. Deficiencia de humedad climática (DHC). Los datos a escala reducida fueron generados con el software ClimateSA (Hamman *et al.*, 2013).

Figura 4

Tendencias de precipitación anual basadas en datos observados y reducidos de escala para las estaciones: a. M188-Papallacta, b. M371-Pastocalle, c. M120-Cotopaxi/Clirsen, d. M374-Saquisilí





**Tabla 1**

Resultados de la prueba Spearman's Rho ($S-\rho$) para la caracterización de tendencias basadas en datos de estación (OBS_XX) y a escala reducida (MOD_XX) para temperatura media anual (TMA), precipitación media anual (PMA), temperatura del mes más cálido (TMC), temperatura del mes más frío (TMF), y deficiencia de humedad climática (DHC)

Estacion o sitio	Statística	OBS_TMA	OBS_PMA	OBS_TMC	OBS_TMF	MOD_TMA	MOD_PMA	MOD_TMC	MOD_TMF	MOD_DHC
M188 Papallacta	Spearman's-Rho ($S-\rho$)	0.80**	-0,09	0.60*	0.76**	0,09	-0,18	0,22	0,06	-0,13
	p value	0,00	0,62	0,01	0,00	0,53	0,21	0,14	0,70	0,38
	N	16	31	16	16	49	49	49	49	49
M371 Pastocalle	$S-\rho$	-	0,01	-	-	0,19	-0,15	0,31*	0,07	-0,12
	p value	-	0,94	-	-	0,18	0,29	0,03	0,61	0,41
	N	-	31	-	-	49	49	49	49	49
M120 Cotopaxi-Clirsen	$S-\rho$	0.58*	0,05	0.89**	0,37	0,17	-0,16	0,29*	0,03	-0,21
	p value	0,00	0,79	0,00	0,06	0,24	0,27	0,04	0,86	0,15
	N	27	33	27	27	49	49	49	49	49

Estacion o sitio	Statística	OBS_ TMA	OBS_ PMA	OBS_ TMC	OBS_ TMF	MOD_ TMA	MOD_ PMA	MOD_ TMC	MOD_ TMF	MOD_ DHC
M374 Saquisilí	S-ρ	-	0,16	-	-	0,20	-0,14	0,29*	0,13	-0,03
	p value	-	0,46	-	-	0,17	0,34	0,04	0,39	0,83
	N	-	23	-	-	49	49	49	49	49
Oyacachi	S-ρ	-	-	-	-	0,08	-0,20	0,19	0,04	-0,09
	p value	-	-	-	-	0,60	0,16	0,20	0,78	0,55
	N	-	-	-	-	49	49	49	49	49
Ticatilín/ Macaló Grande	S-ρ	-	-	-	-	0,17	-0,15	.30*	0,08	-0,11
	p value	-	-	-	-	0,23	0,31	0,03	0,58	0,43
	N	-	-	-	-	49	49	49	49	49
Yanahurco	S-ρ	-	-	-	-	0,22	-0,14	.28*	0,16	-0,20
	p value	-	-	-	-	0,13	0,35	0,05	0,26	0,16
	N	-	-	-	-	49	49	49	49	49

* Correlación es significativa al nivel 0.05

** Correlación es significativa al nivel 0.01

Tabla 2

Estimaciones medias para los k1 (1961-1990) y k2 (1991-2013)

SITIO	NORMAL TMA (°C)	MEDIA TMA (°C)	NORMAL PMA (mm)	MEDIA PMA (mm)	NORMAL TMC (°C)	MEDIA TMC (°C)	NORMAL TMF (°C)	MEDIA TMF (°C)	NORMAL DHC (mm)	MEDIA DHC (mm)
	k1	k2								
Oyacachi	9,3	9,3	1385,0	1289,8	9,9	10,3	8,5	8,3	38,0	174,7
Yanahurco Grande	7,5	7,6	850,0	810,4	7,8	8,4	6,9	6,7	365,0	479,1
Ticatilín & Macaló Grande	11,2	11,3	739,0	699,5	11,6	12,2	10,7	10,3	707,0	765,4

Aunque los datos históricos a escala reducida sugieren una disminución general de la precipitación anual, esta tendencia no es estadísticamente significativa y contradice las tendencias de al menos dos estaciones que

mostraron un aumento de la precipitación total anual en los valles interandinos. En general, hubo poca concordancia entre las cuatro estaciones y las tendencias de datos históricos a escala reducida y ningún patrón claro de aumento o disminución de la precipitación anual surgió a escala regional o subregional. Una débil tendencia hacia la disminución de las precipitaciones existe hacia el lado oriental de los Andes en estas latitudes, lo cual está de acuerdo con el trabajo de Espinoza-Villar *et al.* (2009). Un patrón débil de disminución de la precipitación anual surgió a lo largo del eje este-oeste, en el cual se observa un aumento de las diferencias negativas hacia la cuenca del Amazonas (figura 3b). Las diferencias de PMA son más pequeñas en Ticatilín-Macaló Grande y Yanahurco Grande que en Oyacachi (tabla 2).

Estimaciones observadas respecto a temperatura del mes más cálido (OBS_TMC), muestran tendencias significativas positivas en las estaciones M188 Papallacta ($r^2 = 0,76$; $p < 0,01$; $S-\rho = 0,60$; $p < 0,05$) y M120 Cotopaxi-CLIRSEN ($r^2 = 0,67$; $p < 0,01$; $S-\rho = 0,89$; $p < 0,01$) en las últimas cinco décadas (figura 5). Los datos a escala reducida (MOD_TMC) también mostraron tendencias positivas en todos los lugares. De los tres sitios de investigación, solo la tendencia de Oyacachi no fue estadísticamente significativa (tabla 1). Las diferencias de temperatura del mes cálido entre los dos períodos fueron positivas en toda la región; los valores aumentaron hacia los valles interandinos y disminuyeron hacia los flancos occidental y oriental de los Andes (figura 3c).

Al comparar los tres sitios de investigación, la diferencia en Oyacachi fue aproximadamente 30 % menor que en Ticatilín-Macaló Grande y Yanahurco Grande (tabla 2), lo que sugiere una estacionalidad resaltada basada en la temperatura hacia el valle central. Los datos observados de las estaciones respecto a la temperatura del mes más frío (OBS_TMF) mostraron una tendencia positiva significativa en M188 Papallacta ($r^2 = 0,5$; $p < 0,01$; $S-\rho = 0,76$; $p < 0,01$). Los datos de la TMC en la estación de Cotopaxi M120-CLIRSEN también muestran una tendencia positiva, pero esta no fue estadísticamente significativa (figura 6). El análisis con datos a escala reducida mostró tendencias positivas, pero estadísticamente insignificantes

en las cuatro estaciones y tres sitios de investigación. La temperatura del mes más frío entre los períodos $k1$ y $k2$ en los sitios de estudio ha disminuido (figura 3d), siendo la diferencia en Ticatilín-Macaló Grande la mayor.

Figura 5

Tendencias de temperatura del mes más cálido (TMC) basadas en datos observados y reducidos de escala para las estaciones: a. M188-Papallacta; b. M120-Cotopaxi Clirsen

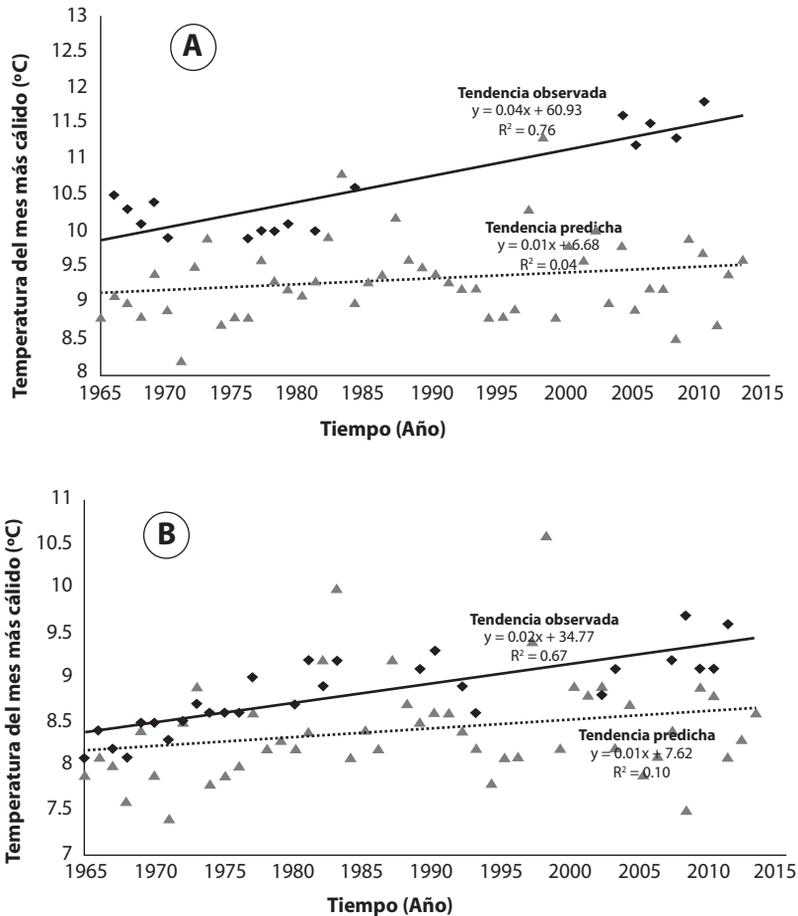
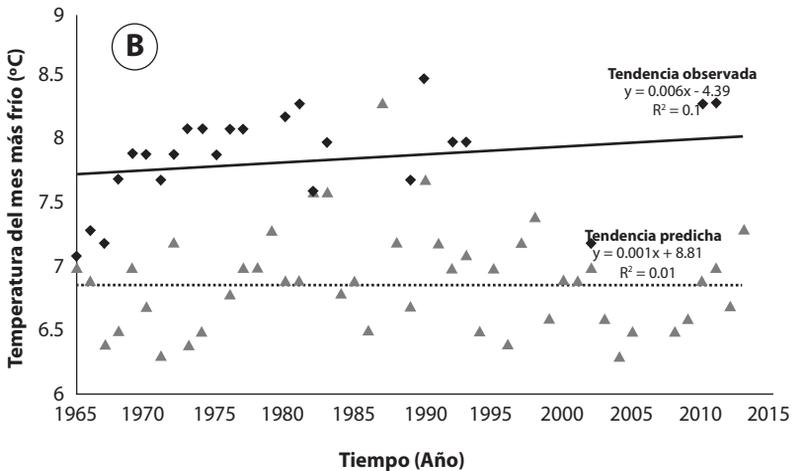
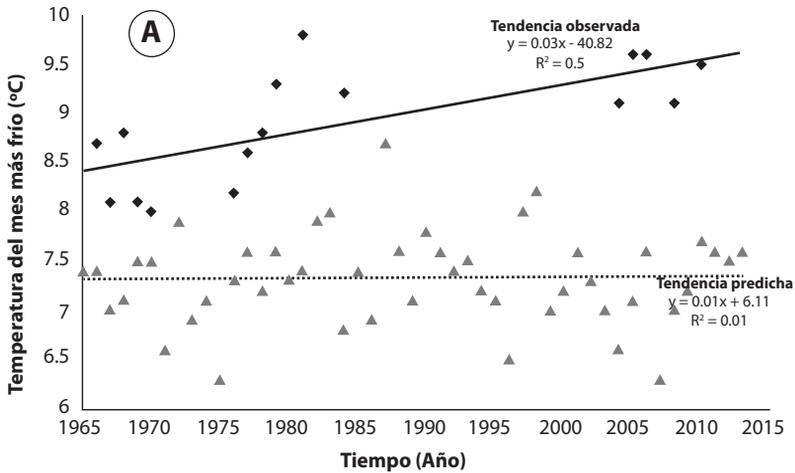


Figura 6

Tendencias de temperatura del mes más frío (TMF) basadas en datos observados y reducidos de escala para las estaciones: a. M188-Papallacta; b. M120-Cotopaxi Clirsen



El análisis de TMC y TMF sugiere la aparición de una estacionalidad más marcada en relación con la temperatura, en donde los meses cálidos se están calentando y probablemente humedeciendo (Morán-Tejeda *et al.*, 2016), y los meses fríos se están volviendo más fríos, especialmente en las zonas a lo largo de los valles interandinos.

Los datos a escala reducida sobre el déficit de humedad climática (DHC) mostraron tendencias negativas, pero estadísticamente insignificantes en todas las localidades en las últimas cinco décadas (tabla 1). La diferencia media respecto a DMH entre los períodos $k1$ y $k2$ muestran un incremento positivo en toda la región, con diferencias pequeñas a lo largo del valle de Latacunga-Ambato y noreste de Quito, y más grandes hacia el noroeste y este de la capital (figura 3e). Por lo tanto, nuestros resultados sugieren un déficit más grave de agua atmosférica hacia las cordilleras Noroccidentales y Nororientales que hacia los valles interandinos. Por consiguiente, las comunidades de Ticatilín-Macaló Grande y Yanahurco Grande podrían estar encarando un déficit de agua menos severo que en Oyacachi. Esto podría relacionarse a una situación de menos precipitación en Oyacachi y a un aumento en los otros dos sitios como lo revelan los datos de estación.

Análisis de los datos de encuesta

Los resultados del análisis de la encuesta y de contenido de las entrevistas revelan que los agricultores del centro-norte de los Andes en Ecuador poseen un conocimiento sustancial de la variabilidad del clima, aunque su percepción de los cambios a largo plazo no siempre es compatible con la prueba estadística. Cuando hicimos la pregunta “¿cómo ha cambiado la temperatura en relación con los años de su juventud?”, el 64 % de la muestra respondió durante los meses de verano, el aire se sentía más caliente que en el pasado. A pesar del acuerdo general entre los entrevistados, hubo alguna variación de un sitio a otro. En Ticatilín y Macaló Grande, por ejemplo, el 54 % de los participantes comparten este punto de vista en relación con

el 60 % en Yanahurco Grande. En Oyacachi, el 77 % de las opiniones de los participantes coinciden con esta observación.

Por otra parte, el 75 % de los participantes estaban de acuerdo en que, durante la estación fría, el aire se sentía más frío que en el pasado. En Ticatilín-Macaló Grande y Yanahurco Grande aproximadamente el 70 % estuvo de acuerdo con esta percepción en comparación con el 84 % de las personas de Oyacachi (tabla 3). Estos resultados son consistentes con las tendencias actuales de calentamiento generales identificados en este y otros estudios (por ejemplo, Morán-Tejeda *et al.* 2016) y los cambios en las temperaturas más altas y bajas del mes en las últimas cinco décadas. Nuestros resultados indican un cambio significativo en las condiciones extremas de temperatura durante las estaciones seca y húmeda, el cual es percibido por las poblaciones locales que viven en áreas ecológica y culturalmente diferentes.

Cuando preguntamos ¿cuál es su percepción acerca de los cambios en la disponibilidad de agua para consumo y riego en relación con los años de su juventud?, el 28 % del grupo encuestado respondió que había más agua disponible en comparación con el 44 % que percibió menos, 25 % no percibió ningún cambio, y el 3 % que no estaba seguro. En Ticatilín-Macaló Grande, el 54 % de nuestros sujetos de estudio percibió más agua disponible que en el pasado y la mayoría de ellos (85 %) atribuye este cambio a factores no relacionados con la variación de precipitación. En Oyacachi, el 54 % de nuestro grupo encuestado no percibe ningún cambio en la disponibilidad de agua, el 23 % percibe más agua disponible, y el 23 % restante percibe una menor disponibilidad que en el pasado (tabla 3).

En general, solo el 31 % de encuestados asocia los cambios en la disponibilidad de agua con una disminución o un aumento de la precipitación. La mayoría de los agricultores (69 % de la muestra) reconocen otros factores no climáticos como la mejora de la infraestructura (por ejemplo, presas, canales o tuberías), la accesibilidad y la distribución de agua como las causas principales que afectan su disponibilidad. Sin embargo, las res-

puestas variaron significativamente dependiendo del sitio de investigación. En Yanahurco Grande, por ejemplo, el 90 % de los encuestados percibe una menor disponibilidad de agua y la mayoría de ellos (75 %) mencionó menos precipitación en los últimos años como la causa principal.

Tabla 3

Porcentajes de las respuestas a preguntas relacionadas con cambios en el clima y agricultura en los tres sitios investigados en relación con el total de la muestra (n = 36)

	Ticatilín & Macaló Grande De acuerdo (%) / En desacuerdo (%)	Yanahurco Grande De acuerdo (%) / En desacuerdo (%)	Oyacachi De acuerdo (%) / En desacuerdo (%)
1. Percepción de cambio de temperatura			
En los meses más cálidos el aire se siente más caliente en relación a sus años de juventud	54/38	60/20	77/15
En los meses más fríos el aire se siente más frío en relación a sus años de juventud	69/16	70/10	84/8
2. Percepción de cambios en la disponibilidad de agua			
Hay más agua disponible ahora que en relación a sus años de juventud	54/31	0/90	23/23
3. Percepción de cambios en las épocas de cosecha y siembra			
El comienzo de la época de siembra de sus cultivos principales ha cambiado en relación a sus años de juventud	77/15	100/0	77/23
El comienzo de la época de cosecha de sus cultivos principales ha cambiado en relación a sus años de juventud	62/8	100/0	77/23
4. Percepción de cambios en la agricultura			
La productividad agrícola de su tierra ha disminuido en relación a sus años de juventud	77/23	80/10	100
La diversidad agrícola en su tierra ha disminuido en relación a sus años de juventud	62/23	30/10	92/8

Aunque los datos de las estaciones y estudios previos muestran una débil tendencia hacia el aumento de las precipitaciones en los

Andes norte del Ecuador (Haylock *et al.*, 2006; Morán-Tejeda *et al.*, 2016) y hacia una disminución leve a lo largo de los flancos orientales de los Andes (Espinoza-Villar *et al.*, 2009), es más preciso describir los cambios en la precipitación anual como una constante en el tiempo, sin ninguna tendencia significativa en particular. Este resultado se alinea bien con la percepción de un nivel de precipitación relativamente constante y disponibilidad de agua sin cambios de la mayoría de los agricultores de Ticatilín-Macaló Grande y Oyacachi, pero contradice las opiniones de la mayoría de los agricultores en Yanahurco Grande. Nuestros datos a escala reducida mostraron cambios negativos en la precipitación y humedad atmosférica entre períodos de $k1$ y $k2$ en las tres comunidades que apuntan a una reducción general, pero pequeña, de la disponibilidad de agua que podría respaldar la opinión de los agricultores en esta última comunidad. Sin embargo, no es posible identificar un patrón fuerte entre las respuestas de los agricultores en las tres comunidades con respecto a la percepción de cambios en la precipitación y la disponibilidad de agua.

En relación con la pregunta ¿Existen cambios en el inicio de las temporadas de siembra y cosecha en relación con los años de su juventud?, las respuestas en las tres comunidades fueron similares, con la tasa de respuesta positiva más alta de Yanahurco Grande (100 %) y la menor en Ticatilín-Macaló Grande (77 %). En general, el 83 % de los encuestados percibe los cambios en el inicio de la temporada de siembra de cultivos comunes, tales como papa y maíz. De este porcentaje, el 53 % atribuye este cambio a los cambios en el clima y la estacionalidad.

La mayoría de la gente se quejaba, por ejemplo, de que las estaciones seca y húmeda no comenzaron cuando se suponía, además que experimentaron eventos extremos y poco característicos con más frecuencia (por ejemplo, las heladas, altas temperaturas, aumento de la intensidad de las precipitaciones). En relación con la temporada de cosecha, el 78 % de nuestros sujetos de estudio percibe un cambio en el inicio de la temporada de cosecha (tabla 3). Sin embargo, solo el 40 % de ellos vincula

directamente los cambios climáticos con los cambios en el calendario de la temporada de cosecha. La mayoría de los agricultores asocian este cambio a otros factores tales como plagas y el mayor uso de pesticidas y fertilizantes químicos.

Por último, cuando hicimos la pregunta ¿Cómo han cambiado la cantidad de producción y los tipos de cultivos agrícolas en relación con los años de su juventud?, los pequeños agricultores en los tres sitios de investigación proporcionaron respuestas similares. En Ticatilín-Macaló Grande, el 77 % de la muestra respondió que el rendimiento de producción ha disminuido en comparación con el 100 % en el Oyacachi y el 80 % en el Yanahurco Grande (tabla 3). El 86 % de los encuestados percibieron una reducción de la productividad agrícola. Solo el 10 % de estos agricultores creía que aquellos factores relacionados con el clima fueron los responsables de este descenso.

La mayoría de los agricultores creía que factores tales como el uso actual de fertilizantes químicos, la falta de mano de obra, la degradación del suelo, plagas, tamaño de las parcelas, y el acceso a dinero en efectivo explican la disminución de la productividad agrícola. Del mismo modo, el 64 % de la muestra creía que la diversidad de cultivos ha disminuido, pero los resultados variaron entre los tres sitios de investigación.

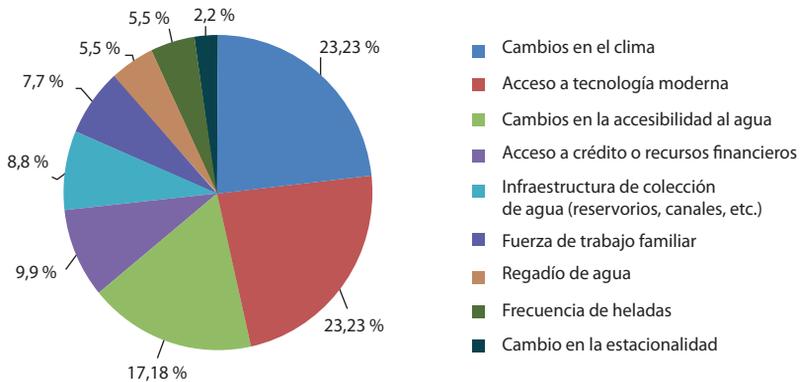
En Oyacachi, el 92 % de los agricultores encuestados percibió este cambio. En Yanahurco Grande, la mayoría de los agricultores (60 %) percibieron grandes cambios en los tipos de cultivos, mientras que el 62 % de los agricultores en Ticatilín-Macaló Grande observaron una reducción de la diversidad de cultivos (tabla 3). Solo el 17 % de los agricultores que percibieron una reducción de la diversidad de los cultivos asociaba esta disminución con cambios climáticos contemporáneos.

Otros factores, como los cambios en las estrategias de vida (por ejemplo, de agricultura a actividades de crianza de ganado, turismo y artesanía), el uso de fertilizantes químicos y pesticidas, la mala calidad de las semillas, los riesgos ambientales y la falta de tecnología parecían ser

factores más importantes que han afectado a la diversidad de los cultivos en los últimos años. Aunque la agricultura local depende en gran medida del clima, especialmente en áreas donde la tecnología moderna no es fácilmente disponible, la mayoría de los agricultores asociaba la disminución de productividad y diversidad con factores no climáticos. Aunque un enfoque socio-económico para medir con precisión la productividad agrícola y las relaciones causa-efecto está más allá del alcance de este estudio, se puede argumentar que el cambio climático aparece como un factor más (aunque no el único) que debería considerarse en el análisis de cambios en la agroproductividad y usos de la tierra. De hecho, cuando preguntamos ¿cuáles son los factores que influyen en las prácticas agro-pastoriles?, las dos respuestas más comunes fueron “los cambios en el clima” (23 %) y “el acceso a la tecnología moderna” (23 %). El 46 % de encuestados creía que factores relacionados con el clima (por ejemplo, la frecuencia de las heladas, cambios estacionales, regímenes de precipitación) influían más en las prácticas agrícolas (figura 7).

Figura 7

Factores que influyen practicas agro pastoriles de los pequeños agricultores en la muestra (n=36) desde la percepción local



Entrevistas sobre la historia de vida

Identificamos los códigos más comunes de los textos transcritos y visualizamos el contenido temático con nubes de código. Los resultados mostraron que los códigos más comunes fueron “cambio climático” en el Ticatilín-Macaló Grande, y “páramos” en el Oyacachi, generándose estos 16 y 15 veces respectivamente (figura 8) (tabla 4). Curiosamente, el tema “páramo” también fue frecuentemente mencionado en la comunidad de Cotopaxi, lo que sugiere que este elemento incluso más que “el cambio climático”, aparece como un importante vínculo entre los agricultores y el clima, y está situado en el centro de las preocupaciones de la gente.

Los problemas del cambio climático se entremezclan con otras cuestiones y estas relaciones son específicas para cada sitio. En Ticatilín-Macaló Grande, por ejemplo, los temas “heladas”, “cambio de la actividad agrícola”, y “agua” son preocupaciones comunes de los agricultores en relación con el cambio climático que apuntan a un impacto directo situado en la intersección entre los cambios en la agricultura y el cambio climático. En Oyacachi, sin embargo, a pesar de que “heladas” y “ganado” son temas recurrentes, la alta frecuencia relativa del código “actividad económica” sugiere que, en la actualidad, la diversificación de los medios de subsistencia familiar (por ejemplo, operaciones de las granjas de truchas, el turismo, la ganadería) ayudan a hacer frente a la variabilidad y la incertidumbre climática. Los resultados del análisis de las encuestas individuales corroboran algunas de las conclusiones de los resultados de la codificación y las nubes de código.

En cuanto a la percepción del cambio climático, las experiencias y las respuestas de los pequeños propietarios agrícolas variaron de sitio en sitio (por ejemplo, más caliente vs más frío; más seco vs. más húmedo). Sin embargo, un tema que oímos constantemente en las entrevistas fue que “el clima está cambiado”. La percepción del clima también está estrechamente relacionada con aspectos del cambio estacional, la intensificación de las temporadas, y los peligros climáticos. En Ticatilín-Macaló Grande, los agricultores enfatizaron los cambios estacionales. Un entrevistado dijo:

Yo podría afirmar [que el clima era muy distinto en el pasado]. Había tres temporadas que llamábamos: invierno [la estación lluviosa], verano [la estación seca]... y el otoño [el período inter-estacional] Sin embargo, ahora no. Ahora llueve, y luego viene el sol como este. No tenemos así marcado ahora.

Respuestas en Oyacachi fueron similares, asintiendo que “el verano fue puntual [antes], pero no es así ahora. En 2014, durante todo el año hubo solo 15 días de sol, solo había lluvia... y ahora también ha llovido más... parece que algunos días hay demasiados milímetros”. Otro participante en Oyacachi estaba de acuerdo en que el clima parecía estar cambiado:

No hay verano... era un poco de invierno, pero era temporal, el invierno estaba en los meses de junio, julio y agosto. Estos fueron los meses de invierno y el resto de los meses eran de verano. Sin embargo, al comparar esto con el día de hoy, llueve más [ahora] y no tenemos más verano.

“No podemos decir cómo o cuando va a ser el verano”. Muchos comentaron que el clima era “normal” en el pasado. Algunos ejemplos incluyen: “El sol era normal. Parece que ahora es más fuerte o al menos el sol quema mucho”, “Es mucho frío [ahora]. El clima era normal, el frío era normal”, y “cuando sale el sol, quema... cuando estoy en el páramo, no era así como esto...”. El término ‘normal’ no está definido exactamente; sin embargo, estas respuestas demuestran la forma en que la gente conceptualiza la intensificación del clima y el cambio climático a lo largo de las últimas décadas basado en su experiencia cotidiana.

A pesar de que los cambios climáticos han tenido un fuerte impacto en muchos aspectos de los medios de vida de las poblaciones locales, la mayoría de la gente también los asocia con otras condiciones ambientales que han cambiado con los años. Un participante mencionó que los mismos cultivos que solía plantar cuando era joven eran casi imposibles de plantar ahora, no solo a causa del cambio climático, pero debido a la falta de semillas y a los recursos financieros que se necesitan para sostener la productividad de los cultivos. Cuando se hizo referencia al cambio climático, se quejó de que las plantas se pudren a menudo y se

tornan amarillas debido al aumento de las lluvias y al congelamiento por las temperaturas extremas de frío. Otro participante en Oyacachi creía que el cambio climático ha afectado a su salud y dijo que:

El frío ha causado un poco más de enfermedades como la artritis, por ejemplo, con la cría de ganado, se pone todo muy mojado y todos los días son húmedos y fríos, por lo que estos cambios están afectando a nuestra salud.

Particularmente en Ticatilín-Macaló Grande, la gente también percibió que, debido a los cambios climáticos, algunas especies de plantas y animales, tales como Achupalla (*Puya eryngioides*), mortiño (*Vaccinium meridionale*), capulí (*Prunus salicifolia*) o jambatos (*Atelopus ignescens*) han desaparecido.

Las preguntas sobre el clima y el cambio climático están a menudo imbuidas en aspectos de su contexto socio-ecológico. Por ejemplo, cuando preguntamos a la gente si percibían que los eventos climáticos eran más fuertes o más severos hoy que antes, los entrevistados hablaron de hecho de cuestiones climáticas (por ejemplo, el frío, la intensidad y duración de las precipitaciones), pero pasaron más tiempo discutiendo otros temas relacionados como la salud. Uno de los participantes respondió que, debido al intenso frío “una niña murió de la gripe cuando ella tenía seis meses de edad y con neumonía... otro murió al año siguiente [también] con neumonía”.

Además, la percepción del clima y el cambio climático está estrechamente relacionada con la religión, la fe y las creencias. Los agricultores señalaron que a menudo oraban antes de ir al campo para participar en las cosechas, pero lo hacen menos ahora. Algunos de los entrevistados describieron los desastres naturales como el resultado de un dios o un santo enojado (por ejemplo, “Al principio sí hubo una tremenda tormenta de granizo... estos santos están muy, muy enojados”). Por lo tanto, la respuesta sobre el evento climático severo presentaba un énfasis espiritual o religioso. Un agricultor de Ticatilín-Macaló Grande dijo: “Pusieron una

bandera blanca, en un palo como este [señalando con las manos arriba] Por lo tanto, el granizo se detendrá.” Como respuesta a la percepción del clima más frío y más húmedo, una mujer en Oyacachi insistió en que los agricultores deben orar más: “El taitita Dios ha llegado a castigar, él dirá y nosotros lo escucharemos”. Estos ejemplos demuestran claramente cómo la percepción del cambio climático de la gente se entrelaza con sus sistemas de creencias y su entorno socio-ecológico.

Conclusiones

En este estudio partimos de dos preguntas generales de investigación. En lo relacionado a la primera: ¿Cómo ha cambiado el clima en la región Centro-Norte de los Andes ecuatorianos en las últimas décadas y cómo perciben esos cambios los pequeños agricultores?, nuestro análisis muestra que las respuestas proporcionadas dentro de los marcos de conocimiento científico y experiencial coinciden, pero también se contraponen. Desde la perspectiva de la ciencia del clima, nuestro estudio muestra tendencias importantes hacia una intensificación de TMA, TMC, TMF desde 1965 en las estaciones cercanas a nuestros sitios de investigación.

Este resultado corrobora los hallazgos de estudios recientes que apuntan a las tendencias significativas hacia mayores temperaturas media, mínimas y máximas en la mayor parte de los Andes desde mediados de la década de 1960 (Morán-Tejeda *et al.*, 2016; Vuille *et al.*, 2000). Este hallazgo está bien alineado con las percepciones locales de un ambiente más cálido. Sin embargo, en relación con la precipitación anual, no se encontraron tendencias significativas de disminución o aumento, aunque se determinó un ligero incremento y disminución absolutos a lo largo de los valles interandinos y hacia la cuenca del Amazonas, respectivamente.

Este hallazgo es corroborado por otros estudios nacionales y transnacionales (ver Moran-Tejeda *et al.*, 2016; Espinoza-Villar *et al.*, 2009). Nuestro análisis cuantitativo apunta a que la precipitación ha disminuido tanto en Napo y Cotopaxi en comparación con el período normal. Curio-

samente, la mayoría de los observadores locales en Oyacachi y Ticatilín-Macaló Grande no percibieron cambios significativos en PMA, mientras que la mayoría de los agricultores en Yanahurco Grande reportaron una tendencia negativa importante. La percepción local de disminución de la precipitación en los valles centrales interandinos y el aumento de las precipitaciones a lo largo de los flancos orientales contradice en cierta manera la evidencia científica. Tales contradicciones no son infrecuentes como otros estudios sobre percepción del cambio climático han demostrado (Burnham *et al.*, 2015). Por lo tanto, es crucial para los investigadores estar en sintonía con las formas en que los conocimientos científico y experiencial coevolucionan a través de sus interacciones. Esta es nuestra respuesta a las llamadas para generar una comprensión más amplia y equilibrada del cambio climático (Nielsen y D’Haen, 2014), lo que requiere un reencuadre epistemológico de la investigación sobre el cambio climático.

En cuanto a nuestra segunda pregunta: ¿Cómo puede un marco epistemológico híbrido ayudar a valorar las dimensiones físicas y humanas del cambio climático a través de distintas escalas geográficas?, un enfoque epistemológico híbrido sobre el cambio climático es prometedor, pero tiene desafíos. Este permite una mayor diversidad en el diálogo sobre el cambio climático con la identificación del límite, proceso, y alcance del conocimiento a través de una comprensión holística del clima y el cambio climático. Esto no solo se refiere a la inclusión del conocimiento de expertos y campesinos, sino también a su producción como un resultado de procesos socioculturales. Sin embargo, la aplicación empírica de un enfoque epistemológico híbrido es difícil como se demostró en este estudio. Las discrepancias entre el comúnmente legitimado conocimiento de expertos y el frecuentemente subrepresentado conocimiento local son difíciles de superar.

En este trabajo aplicamos un marco epistemológico híbrido para investigar el cambio climático y cómo es percibido y lidiado por pequeños agricultores de los Andes Centro-Norte del Ecuador. Argumentamos que dicho marco proporciona un mecanismo para estudiar el cambio climático desde múltiples perspectivas y escalas geográficas. A través de

este enfoque, se crean oportunidades para investigar los significados de clima y el cambio climático a través de los enfoques de los conocimientos científico y tradicional local. La valoración de las experiencias cotidianas de los miembros de la comunidad local sobre el cambio climático también proporciona nuevas posibilidades para que las comunidades se adapten al cambio climático a través de su conocimiento y experiencia acumulada.

En este estudio demostramos que los pequeños productores andinos reaccionan, hasta cierto punto, de acuerdo con la percepción de riesgo climático e incertidumbre a nivel regional como lo demuestran los resultados de la encuesta y el análisis de las entrevistas de vida. Las estrategias de vida de los agricultores, sin embargo, se enredan en arreglos tan complejos a escalas mayores que el cambio climático aparece como solo uno de los muchos problemas que los pequeños agricultores andinos deben manejar en su vida diaria. Nuestro estudio muestra que, aunque el cambio climático es un factor regional que influye en las prácticas locales agro-pastoriles de los agricultores, otras fuerzas no climáticas aparentan jugar un papel más importante en la determinación de su intensidad y adopción. Es evidente que estas comunidades en particular comprenden y responden al cambio climático a través de sus experiencias para generar espacios que no solamente son simultáneamente sociales, culturales, políticos y ambientales, sino también históricamente relevantes. El cambio climático está profundamente arraigado en el sistema socio-ecológico relacional (Rice *et al.*, 2015).

Además, nuestro estudio muestra que la percepción del cambio climático está atrapada en procesos locales y extra locales (Burnham *et al.*, 2015) que influyen en la forma en que los pequeños productores se relacionan con su entorno ambiental. Sin embargo, a pesar de la resiliencia ecológica de los pequeños agricultores de los Andes, el cambio climático puede exacerbar los efectos negativos de esos mismos procesos (por ejemplo, reducción de la productividad agrícola o de la diversidad agroecológica) en sus medios de vida, ya empobrecidos y afectados por procesos de urbanización, migración, proletarización, aculturación, y globalización (Postigo *et al.*, 2012).

Referencias bibliográficas

- Basist, A., Bell, G. y Meentemeyer, V. (1994). Statistical relationships between topography and precipitation patterns. *Journal of Climate*, 7, 1305-135.
- Bebbington, A. (2000). Reencountering Development: Livelihood Transitions and Place Transformations in the Andes. *Annals of the Association of American Geographers*, 90(3), 495-520. <http://dx.doi.org/10.1111/0004-5608.00206>
- Bjurström, A. y Polk, M. (2011). Physical and economic bias in climate change research: a scientometric study of IPCC Third Assessment Report. *Climate Change*, 108(1), 1-22.
- Burnham, M., Zhao, M. y Zhang, B. (2015). Making sense of climate change: hybrid epistemologies, socio-natural assemblages and smallholder knowledge. *Area*, 48, 18-26. doi:10.1111/area.12150
- Demeritt, D. (2001). The construction of global warming and the politics of science. *Annals of the Association of American Geographers*, 91(2), 307-337. <https://doi.org/10.1111/0004-5608.00245>
- Centro para la Investigación de la Diversidad Cultural y Biológica de los Bosques Pluviales y Andinos (DIVA). (2000). *Oyacachi-La gente y la biodiversidad*. Dinamarca, Ediciones Abya-Yala. <https://bit.ly/3Ny58JL>
- Edwards, P. N. (2010). *A vast machine: Computer-models, climate data, and the politics of global warming*. MIT Press.
- Espinoza-Villar, J. C., Ronchail, J., Guyot, J. L., Cochonneau, G., Naziano, F., Lavado, W., De Oliveira, E., Pombosa, R. y Vauchel, P. (2009). Spatio-temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brasil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador). *International Journal of Climatology*, 29, 1574-1594. <https://doi.org/10.1002/joc.1791>
- ESRI. (2014). ArcGIS Desktop: Release 10.3. Redlands, CA.
- GAD Mulaló. (2011). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial. Parroquia San Francisco de Mulaló*. <https://bit.ly/3NphG6r>
- GAD Oyacachi. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. <https://bit.ly/3Y5Fql2>
- Hamman, A., Wang, T., Spittlehouse, D. L. y Murdock, T. (2013). A comprehensive, high-resolution database of historical and projected climate surfaces for western North America. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 94, 1307-1309. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00145.1>
- Haylock, M. R., Peterson, T. C., Alves, L. M., Ambrizzi, T., Anunciacao, Y. M., Baez, J., Barros, V. R., Berlato, M. A., Bidegain M., Coronel, G., Corradi,

- V., Garcia, V. J., Grimm, A. M., Karoly, D., Marengo, J. A., Marino, M. B., Moncunill, D. F., Nechet, D., Quintana, J., Rebello, E., Rusticucci, M. Santos, J. L., Trebejo, I. y Vincent L. A. (2006). Trends in total and extreme South America rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature. *Journal of Climate*, 19, 1490-1512.
- Hulme, M. (2008). Geographical work at the boundaries of climate change. *Transactions of the Institute of British Geographers NS*, 33(1), 5-11. <https://doi.org/10.1111/j.1475-5661.2007.00289.x>
- INAMHI. (2014). Base de datos meteorológica del Ecuador. Quito: INAMHI.
- INEC. (2010). *Censo de Población y Vivienda, Ecuador*. <https://bit.ly/48dFALQ>
- Jung, J.-K. (2015). Code clouds: qualitative geovisualization of geotweets. *The Canadian Geographer*, 59(1), 52-68. <https://doi.org/10.1111/cag.12133>
- Jurt, C., Burga, M. D., Vicuña, L., Huggel, C. y Orlove, B. (2015). Local perceptions in climate change debates: insights from case studies in the Alps and the Andes. *Climatic Change*, 133(3), 511-523. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1529-5>
- Korovkin, T. (2001). Reinventing the Communal Tradition: Indigenous Peoples, Civil Society, and Democratization in Andean Ecuador. *Latin America Research Review*, 36(3), 37-77.
- La Frenierre, J. y Mark, B. (2016). Detecting patterns of climate change at volcán Chimborazo, Ecuador, by integrating instrumental data, public observations, and glacier change analysis. *Annals of the American Association of Geographers*, 107, 979-997.
- López, S., López-Sandoval, M. F. y Jung, J.-K. (2020) New insights on land use, land cover, and climate change in human-environment dynamics of the Equatorial Andes. *Annals of the American Association of Geographers*, 111, 1110-1136.
- López, S, Jung, J.-K. y López, M.F (2017). A hybrid-epistemological approach to climate change research: Linking scientific and local knowledge systems in the Ecuadorian Andes. *Anthropocene*, 17, 30-45.
- Morán-Tejeda, E., Bazo, J., López-Moreno, J. I., Aguilar, E., Azorín-Molina, C., Sanchez-Lorenzo, A., Martínez, R., Nieto, J. J., Mejía, R., Martín-Hernández, N. y Vicente-Serrano, S. M. (2016). Climate trends and variability in Ecuador (1966-2011). *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.4597>
- Nielsen, J. Ø. y D'Haen, S. A. (2014). Asking about climate change: Reflections on methodology in qualitative climate change research published in Global

- Environmental Change since 2000. *Global Environmental Change*, 402-409. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.10.006>
- Ostrom, E. (2009). *A polycentric approach for coping with climate change*. Washington DC: The World Bank.
- Postigo, J., Peralvo, M., López, S., Zapata-Caldas, E., Jarvis, A., Ramirez, J. y Lau, C. (2012). Adaptation and Vulnerability of Andean Productive Systems. En C. F. M. Bustamante, M. T. Becerra, J. Postigo y M. Peralvo (eds.), *Andean Panorama on Climate Change: Vulnerability and Adaptation in the Tropical Andes* (pp. 147-177). CONDESAN, SGCAN.
- Razavia, T. S., Arainc, A. y Coulibaly, P. (2016). Regional climate change trends and uncertainty analysis using extreme indices: A case study of Hamilton, Canada. *Climate Risk Management*. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2016.06.002>
- Rice, J. L., Burke, B. J. y Heynen, N. (2015). Knowing climate change, embodying climate praxis: experiential knowledge in Southern Appalachia. *Annals of the Association of American Geographers*, 105(2), 253-262.
- Scientific Software Development GmbH. (2012). Atlas Ti. Berlin, Germany.
- Strauss, A. y Corbin, J. (1997). *Grounded theory in practice*. SAGE.
- Urrutia, R. y Vuille, M. (2009). Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114, 1-15. <https://doi.org/10.1029/2008JD011021>
- Vuille, M., Bradley, R. S. y Keimig, F. (2000). Climate variability in the Andes of Ecuador and its relation to tropical Pacific and Atlantic sea surface temperature anomalies. *Journal of Climate*, 13, 2520-2535
- Vuille, M., Bradley, R. S., Werner, M. y Keimig, F. (2003). 20th century climate change in the tropical Andes: observations and model results. *Climate Change*, 59, 75-99.
- Vuille, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, G., Mark, B. G. y Bradley, R. S. (2008). Climate change and tropical Andean glaciers: past, present and future. *Earth Science Reviews*, 89, 79-96. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2008.04.002>
- Wang, T., Hamann, A., Spittlehouse, D. L. y Murdock, T. Q. (2012). ClimateWNA-High-resolution spatial climate data for western North America. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51, 16-29. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-11-043.1>