

VARIACIONES CLIMÁTICAS Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA, caso: Cuenca del río Boopi, La Paz – Bolivia

CLIMATIC VARIATIONS AND THEIR RELATIONSHIP WITH AGRICULTURAL PRODUCTION,
case: Boopi river basin, La Paz – Bolivia

Natalia Palacios Zuleta*
Emilio Garcia Apaza**
Jorge Palacios Zuleta***

RESUMEN	ABSTRACT	RESUMO
<p>La producción agropecuaria al depender del clima de la zona donde se produce, encuentra una amenaza en el cambio climático y efecto invernadero, esperándose impactos negativos respecto a los cultivos, la ganadería y también en la salud humana. Respecto a la cuenca del río Boopi, Analizadas las variaciones de precipitación éstas pueden afectar en las cosechas de frutales y la aparición de plagas e insectos. Sin embargo, estas variaciones favorecerían las siembras de invierno, y cultivos perennes. Desde la perspectiva del cambio climático, si el calentamiento global es mayor a +2,5°C la disponibilidad de alimentos a escala regional en toda la cuenca sería deficitaria, afectando más a especies con baja plasticidad (poca capacidad de adaptación).</p> <p>PALABRAS CLAVE: Clima, producción primaria, cuenca, cambio climático y efecto invernadero.</p> <p>History of the article: Received 02/05/2018. Style review 10706/2018. Accepted 29/06/2018.</p>	<p>Agricultural production depends on the climate of the area where it is produced, climate change and the greenhouse effect threatens, with negative impacts on crops, livestock and human health. Regarding the Boopi River basin, analyzed precipitation variations can affect fruit crops and the appearance of pests and insects. However, these variations would favor winter sowings, and perennial crops.</p> <p>From a climate change perspective, if global warming is greater than + 2.5 ° C, food availability on a regional scale throughout the basin would be deficient, affecting more species with low plasticity (poor adaptability).</p> <p>KEY WORDS: Climate, primary production, basin, climatic change and the greenhouse effect.</p>	<p>A produção agrícola depende do clima da área onde é produzida, temniendo impactos negativos nas lavouras, na pecuária e na saúde humana el mudanças climáticas e efeito estufa. Em relação à bacia do rio Boopi, as variações de precipitação analisadas podem afetar as culturas frutíferas e o surgimento de pragas e insetos. No entanto, essas variações favoreceriam as plantações de inverno e as culturas perenes.</p> <p>Do ponto de vista da mudança climática, se o aquecimento global for maior que + 2,5 ° C, a disponibilidade de alimentos em escala regional por toda a bacia seria deficiente, afetando mais espécies com baixa plasticidade (baixa adaptabilidade).</p> <p>PALAVRAS-CHAVE: Clima, produção primaria, cuenca, mudanças climáticas e efeito estufa.</p>

INTRODUCCIÓN

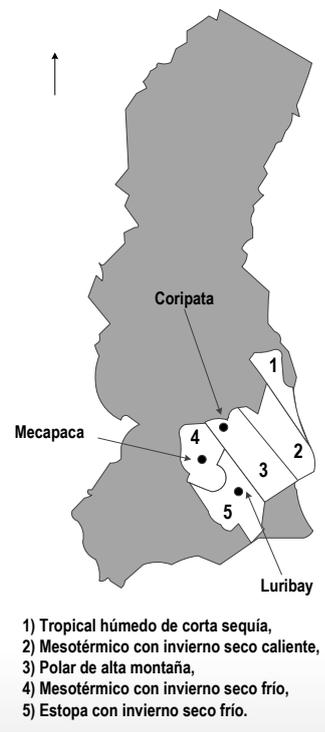
La producción agropecuaria depende del clima de la zona donde se produce, por lo que el cambio climático y efecto invernadero afectan directamente al sector, esperándose impactos negativos respecto a los cultivos, la ganadería y también en la salud humana. Si bien esta problemática en muchas ocasiones tiene un tratamiento generalizado, en la presente investigación se examinan específicamente las variaciones climáticas y su relación con la producción agropecuaria de la cuenca¹ del río Boopi² sud oeste del departamento de La Paz.

DESARROLLO

Clasificación climática cuenca del Boopi

La figura 1 muestra, la clasificación climática Köppen, de la subcuenca del Boopi con cinco climas³: tropical húmedo con corta sequía (6%), polar de alta montaña (19%), estepa con invierno seco frío (23%), mesotérmico con invierno seco frío (25%) y mesotérmico con invierno seco caliente (27%).

Para el desarrollo y tratamiento de las variaciones climáticas en la cuenca del río Boopi, se tomó como referencia la temperatura promedio y las precipitaciones pluviales registradas por tres estaciones meteorológicas situadas en: Coripata (prov.Nor Yungas), Luribay (prov. Loayza) y Mecapaca (prov. Murillo) del departamento de La Paz.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1: Clasificación climática Köppen, de la cuenca del Boopi, y ubicación de las tres estaciones meteorológicas de referencia

Estación Meteorológica Coripata (EMC)

La tabla 1, muestra valores promedio para temperatura y precipitaciones pluviales durante la época de lluvias y época seca, (registro de veinte años EMC).

¹ Aguas de un territorio que afluyen todas a un mismo río, lago o mar.

² El Boopi es un río que forma parte de la cuenca del río Beni, recorre 110 km en dirección noreste hasta confluir en el río Beni.

³ Según Köppen, es la suma total de condiciones atmosféricas ((temperatura, presión, vientos y humedad) que caracterizan a una región en particular.

Tabla 1
Temperatura y precipitaciones pluviales
Estación meteorológica Coripata

CORIPATA, REGISTRO 1982 – 2012		
Latitud 16° 39' 27" S,	Longitud 67° 36' 16" W	Altura 1788 msnm
Temperatura media 20,1 °C	Máxima 20,9 °C diciembre	Mínima 18,7 °C julio
Rango T _{máx} - T _{mín} 2,2 °C	Rango térmico diario	
	Menor época lluviosa enero a marzo	Mayor de julio a septiembre
Precipitaciones pluviales: Máxima verano diciembre a febrero, disminución gradual otoño e invierno		
Época de lluvias		
P (mm) Acumulada 983,7	P (mm) diciembre a febrero 120,0	P (mm) máxima 153,4 ± 65,2
Época seca		
P (mm) Mayo a julio 40,0	Variación P (mm) máx. diciembre ± 77,9	Variación P (mm) época seca octubre ± 50,3
Las variaciones son evidentes desde mayo hasta julio, meses que presentarían, en un extremo, precipitaciones nulas		

Fuente: Elaboración propia, sobre información SENAMHI, 2014

Estación Meteorológica Luribay (EML)

Tabla 2
Temperatura y precipitaciones pluviales
Estación meteorológica Luribay

LURUBAY, REGISTRO 1982-2012		
Latitud 17° 03' 27" S,	Longitud 67° 39' 43" W	Altura 2510 msnm
Temperatura media 18,6 °C	Máxima 20,3 °C noviembre,	Mínima 16,0 °C julio
Rango T _{máx} - T _{mín} 4,3 °C	Rango térmico diario	
	Menor época lluviosa enero a febrero	Mayor de mayo a septiembre
Precipitaciones pluviales: Máxima verano diciembre hasta febrero, disminución gradual otoño e invierno con sequía		
Época de lluvias		
P (mm) acumulada 332,1	P (mm) Máxima enero 82,7 ± 50,0mm	
Época seca		
P (mm) Abril a octubre 20,0	Variación P (mm) máx. noviembre ± 62,3 diciembre ± 57,2	Variación P (mm) septiembre ± 13,3,
Las variaciones son evidentes en nueve meses que presentarían, en un extremo, precipitaciones nulas		

Fuente: Elaboración propia, sobre información SENAMHI, 2014

La tabla 2, muestra valores promedio para temperatura y precipitaciones pluviales durante la época de lluvias y época seca, (registro de veinte años EML).

Estación Meteorológica Mecapaca (EMM)

La tabla 3, muestra valores promedio para temperatura y precipitaciones pluviales durante la época de lluvias y época seca, (registro de diez años EMM).

Tabla 3
Temperatura y precipitaciones pluviales
Estación meteorológica Mecapaca

MECAPACA, REGISTRO 2002 – 2012		
Latitud 16° 40' 16" S,	Longitud 68° 01' 06" W	Altura 2690 msnm
Temperatura media 15,5 °C	Máxima 17,2 °C diciembre y enero 23,7 °C noviembre	Mínima 12,9 °C julio 4,2 °C en junio
Rango T _{máx} - T _{mín} 4,4 °C	Rango térmico diario	
	Menor época lluviosa enero a marzo	Mayor de mayo a julio, estiaje
Precipitaciones pluviales: Máxima verano diciembre a febrero, disminución gradual otoño e invierno con sequía		
Época de lluvias		
P (mm) Acumulada 413,5	P (mm) Máxima enero 103,8 ± 47,6	
Época seca		
P (mm) Mayo a agosto < 20,0	Variación P (mm) máx. enero ± 47,6	Variación P (mm) octubre ± 16,9
De mayo hasta agosto las variaciones son evidentes, llegando a presentar, en un extremo, precipitaciones nulas		

Fuente: Elaboración propia, sobre información SENAMHI, 2014

Comportamiento temporal e histórico

Precipitaciones pluviales de diferentes periodos de tiempo, según registros del (SENAMHI, 2014):

- **Estación meteorológica de Coripata**

Revisando el periodo 1980 – 2012, la tendencia es un aumento en las precipitaciones pluviales. Comparando estos datos con las precipitaciones pluviales registradas en la estación meteorológica de Irupana (sud Yungas) que también está en el circuito de la cuenca del río Boopi, durante los años 1959 – 2012, la tendencia muestra más bien una disminución anual, pero con grandes variaciones.

- **Estación meteorológica de Luribay**

El comportamiento histórico de las precipitaciones registradas durante el periodo 1974 – 2012, muestran una tendencia en disminución en cuanto al total anual, rompiendo esta continuidad el periodo 1984 – 1987, que tiene un aumento significativo (posiblemente por la presencia de una variación climatológica muy intensa) que después vuelve a descender hasta finalizar el 2012.

- **Estación meteorológica de Mecapaca:**

El comportamiento histórico de las precipitaciones para los periodos 1945 – 2011, 1900 – 2012 y 1973 - 2011. Presentan tendencias a la baja, no obstante en un grado menor, pero también se observan variaciones cíclicas de altas y bajas que podrían ser la causa de variaciones climatológicas exacerbadas o de vulnerabilidad climática (IPCC, 2001).

La variabilidad en las precipitaciones pluviales y su efecto en la agricultura

La variabilidad en los patrones de precipitación, están ligados a las variaciones de la producción primaria, por lo que se espera también su efecto sobre la dinámica de interrelación entre sus especies. Esta cualidad es más observable en especies con baja plasticidad (escasa capacidad de adaptarse a nuevas condiciones), donde especies pioneras con esta cualidad inclusive pueden llegar a desaparecer. Cambios que se orientan a romper el ciclo regenerativo, de esta manera, sólo las especies con mayor tolerancia ambiental, podrían responder a las nuevas situaciones ecológicas (Peñuelas et al., 2004). En escenarios de baja disponibilidad, especies con mayor requerimiento de agua –ejemplo el maíz–serían afectados negativamente (Barrales, 1997).

Las precipitaciones pluviales son muy importantes para la producción agrícola y régimen fisiológico animal, porque permite la caracterización hídrica y ecológica particular de una especie, posibilitando al mismo tiempo la selección de especies mejor adaptadas a cada región. Esto significa establecer dependencias positivas o negativas entre las especies características propias del lugar, con la cantidad de agua recibida a través de las precipitaciones pluviales.

Por ejemplo⁴: en Mecapaca se observa un incremento de precipitaciones pluviales en febrero de hasta en 121 por ciento, también en Coripata se observan incrementos que en febrero llegan al 92 por ciento, en marzo al 96 por ciento y en abril al 77 por ciento, lo que incide en las cosechas frutales, contribuyendo también en la aparición de bacterias y hongos como el corazón negro (tizón tardío), pudriciones de frutos, y hasta apariciones de plagas de insectos como la *Spodoptera spp*, mosca blanca, trips e incluso arañuelas (CIPCA, 2009).

El ganado también podría ser afectado por el incremento de las precipitaciones pluviales, que al ampliar los lugares de aguas retenidas (uso de bebederos), pueden diseminar procesos parasitarios e infecciosos, que afecten su salud y reduzcan la rentabilidad de las explotaciones.

Escenario de temperaturas

La temperatura está determinada por la radiación solar, por lo que cuando llega a la superficie de la tierra es función de la latitud, la ubicación geográfica y de la altura sobre el nivel del mar, conformando estas variables, diferentes lugares geográficos de temperatura específica (Inzunza, 2013).

- **Variación de temperaturas prevista**

Diferentes investigaciones y trabajos de campo sobre la cuenca del río Boopi, sostienen que las variaciones en la

temperatura, respecto al promedio histórico, afectan de directamente a la agropecuaria (agricultura y ganadería), por lo que la seguridad alimentaria estaría en riesgo, debido se alteraría la interrelación entre requerimientos de agua y temperatura de los cultivos con la producción de los mismos (Sternberg, 2011), (FAO, 2011), (Cristaldo, 2012), (Catarious y (Espach, 2009).

- Los impactos asociados al cambio de temperatura de 1°C a 2°C respecto al promedio histórico están relacionados con el reemplazo gradual de los bosques tropicales por sabanas⁵; así mismo, en zonas áridas la vegetación tendería a ser reemplazada por vegetación semiárida, en consecuencia, existe el riesgo de una pérdida significativa de biodiversidad, (desaparición de especies en peligro de extinción). En zonas más secas, se esperaría que el cambio climático ocasione la salinización y desertificación de tierras agrícolas, aspectos que afectarían sobre la productividad de algunos cultivos importantes y de la ganadería, causando un fuerte impacto para la seguridad alimentaria (IPCC, 2007).

Efectos del régimen térmico en la agricultura

La variación térmica en determinada ubicación altitudinal incidiría en los cultivos más susceptibles a estos cambios: maíz (grano), maíz (mazorca), quinua, cítricos, café, pera, vid-uva. Contrariamente a esto, los cultivos: cebada (berza), cebada (grano), papa, palta, haba, coca, arroz, mango, zapallo, arveja, alfalfa, oca, locoto soportarían mejor los efectos climatológicos.

Por otra parte, las enfermedades transmitidas por vectores dependientes de la temperatura (principalmente hongos), buscarían adaptarse al incremento de temperaturas y conseguir otros hospederos con mayor capacidad para almacenar agua, asegurando así su tiempo fisiológico (Higley et al., 1986). La población de áfidos (Aphidoidea) o plaga de pulgones y otras plagas de insectos que requieren de estas oportunas condiciones climatológicas en temperatura y humedad para su desarrollo, aumentarían significativamente. (Dominguez et al., 2004).

Escenario de precipitaciones

Los regímenes de precipitación están ligados a factores orográficos y meteorológicos. Las lluvias se originan en las nubes: cuando la presión de vapor de saturación es más pequeña en el hielo que sobre el agua, o cuando las gotas de agua en movimiento originan colisiones entre las mismas causando gotas de mayor tamaño (Cuadrat y Pita, 1997). Los vientos que transportan grandes masas de nubes tipo cúmulos o cumulonimbus de hasta 2500 km de superficie horizontal y localizadas al menos a 10 km de altura (complejos convectivos de mesoescala) sufren variaciones en su dinámica por su ubicación altitudinal y orientación orográfica, así como también por la presencia de cobertura vegetal (interacción suelo-atmósfera).

Esto determina la variabilidad en las distribuciones espacial y temporal⁶ de las precipitaciones (Smith, 1993). El agua que se precipita desde la atmósfera sufre procesos hidrológicos que hacen que varíe la escorrentía superficial, y según el tipo de suelo (IPCC, 2001), fija su accesibilidad para la producción primaria. Además el agua es importante para las diversas funciones fisiológicas, principalmente en la generación de biomasa, que depende de la fotosíntesis y la evapotranspiración (Bates et al., 2008). Las precipitaciones y evapotranspiración en la cuenca de Boopi, tienen una precipitación acumulada de 1042 ± 448 mm. Los valores máximos de evapotranspiración ETP, que está en relación con la temperatura y las precipitaciones, se localizan en el municipio de Caranavi y La Asunta que es afín con las precipitaciones máximas encontradas en la cuenca.

⁵ Llanura, en especial si es muy dilatada, sin vegetación arbórea.

⁶ La distribución temporal hace variar la intensidad de la precipitación pluvial dependiendo de la cantidad de agua que cae en un intervalo de tiempo; la distribución espacial determina la rapidez con la cual la escorrentía superficial llega a las corrientes de agua (Chow, et al., 1993).

⁴ En Irupana en mayo existe un incremento de la precipitación de hasta un 80%, en Coripata en julio de hasta 151%, lo que podría favorecer las siembras de invierno, y las cosechas tardías en cultivos perennes.

Precipitaciones pluviales previstas

La variación en los patrones de precipitación pluvial, es uno de los principales efectos del cambio climático (IPCC, 2001). Diversos modelos de circulación general de la atmósfera predicen una mayor frecuencia de eventos extremos: menor número de días de lluvia y un período intermedio de sequía más largo, (Rind, et – al., 1989).

La alteración de patrones climáticos afectará en la producción y la productividad agrícola de diferentes formas, dependiendo de los tipos de sistemas, período de producción, cultivos, variedades, zonas de impacto y prácticas agrícolas. Estas variaciones también impactarán sobre a duración de los ciclos de cultivo, alterando la fisiología vegetal por exposición a precipitaciones pluviales fuera del umbral permitido (FAO, 1992), (Salinger, et – al., 1997), (Watson et – al., 1997). Sin embargo, algunos estudios señalan que desde el punto de vista global existen mecanismo atmosféricos que modulan las precipitaciones de manera natural (De Souza y Ambrizzi, 2006).

El comportamiento espacial en la variación prevista de las precipitaciones pluviales (época de lluvias), favorece a las especies más exigentes en agua como el eucalipto y el maíz, por su gran capacidad de fotosíntesis que tienen. Pero desfavorece los cultivos tempranos, debido a que existe una mayor probabilidad de brotes fungosos o de enfermedades beneficiadas por la humedad. En el mes de julio donde los cultivos dependientes de lluvias (secano) no se presentan, sino más bien aquellos que aún estarían con riego. Obligaría seguramente para que subsistan los cultivos tardíos, o se pueda optar por cultivos de menor exigencia en agua, trasladando de esta manera tanto el inicio como la cosecha en diferentes épocas a la que normalmente se observa.

CONCLUSIONES

Las variaciones de precipitación incidirían en las cosechas de frutales y la aparición de plagas e insectos. No obstante, estas variaciones beneficiarían las siembras de invierno y las cosechas tardías de cultivos perennes.

Desde la perspectiva del cambio climático, la agricultura en la cuenca del río Boopi, enfrentará nuevos desafíos en las próximas décadas. Si el calentamiento global es menor, (aumento de la temperatura media global en +2,5°C), se espera una disminución significativa de la producción total de alimentos. Si es mayor de +2,5°C podría verse reducida la disponibilidad de alimentos a escala regional en toda la cuenca, pero sobre todo en escenarios más sensibles, cambiando de esta manera, el comportamiento de las zonas de vida.

BIBLIOGRAFIA

Barrales, J., 1997, La asociación maíz-frijol, como alternativa para agricultura con problemas de heladas. *Agronomía Mesoamérica* 8(2) pp: 121-126,

Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu., Palutikof, J.P., 2008, El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra – Suiza,

Barrales, J., 1997, La asociación maíz-frijol, como alternativa para agricultura con problemas de heladas. *Agronomía Mesoamérica* 8(2) pp: 121-126,

Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu., Palutikof, J.P., 2008, El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra – Suiza,

Catarious, D., Espach, R.H., 2009, Impactos de cambio climático en la Seguridad Nacional de Colombia,

Chow, V.T., et – al, 1993, Hidrología Aplicada. McGraw-Hill, México,

CIPCA (2009) Agricultura sostenible, en las comunidades de los municipios de Ancoraimas y Guaqui. Provincia Omasuyos e Ingavi del departamento de La Paz. Video elaborado por Palabra RURAL, La Paz – Bolivia,

Cristaldo, D., 2012, Sequía recorta producción de soja en Paraguay, amenaza economía 2012. Escrito por Desantis D. Reuters América Latina, 10/01/2012,

Cuadrat, J.M., Pita, M. F., 1997, Climatología. Ed. Cátedra SA Madrid – España,

De Souza, E.B., T. Ambrizzi T., 2006, Modulation of the intraseasonal rainfall over tropical Brazil by the Madden – Julian oscillation. *Int. J. Climatol.*, 26, 1759,

Domínguez, et – al, 2004, Efecto de la temperatura sobre el ciclo de vida de *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae). *Tecnociencia* vol. 6 N°1, pp: 61 – 69,

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2011, Análisis del estado de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Boletín Trimestral (Enero – Marzo) N°1,

Higley, L. G., Pedigo, L. P., Ostile, K. R., 1986, Degday: A Program for Calculating Degree-days, and Assumptions Behind the Degree-day Approach. *Environ. Entomol.*, 15: 999 – 1016,

Inzunza, 2013, Meteorología descriptiva. Universidad de Concepción, Chile,

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001, Climate Change 2001: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Bert Metz, Ogunlade Davidson, Rob Swart and Jiahua Pan (Eds.), Cambridge University Press, UK,

IPCC, 2007, Resumen para Responsables de Políticas. En, Cambio Climático 2007: Impactos y Vulnerabilidad, Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, (Eds.), Cambridge University Press, UK,

Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios MACA – Viceministerio de Agricultura Ganadería y Pesca VAGP – Dirección General de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca DGAGAP– Dirección de Ganadería DG, 2004, Situación de los recursos zoogenéticos en Bolivia. Informe Consultivo Nacional, La Paz – Bolivia,

Ministerio de Desarrollo Sostenible, Viceministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Programa Nacional de Cambios Climáticos (MDS-VRNMA-PNCC), 2003, Inventario Nacional de Emisiones de gases de efecto invernadero de Bolivia para la década 1990 – 2000 y su Análisis Tendencial, La Paz – Bolivia,

Peñuelas, J., Gordon, C., Llorens, L., 2004, Noninvasive Field Experiments Show Different Plant Responses to Warming and Drought Among Sites, Seasons, and Species in a North-South European gradient, *Ecosystems* 7, pp: 598 – 612,

Rind, D., Goldberg, R., Rucdy, R., 1989, Change in climate variability in the 21st century, *Climatic Change* 14, p:537,

Salinger, M., Desjardins, R., Jones, B., Sivakumar, M., Strommen, N., Veerasamy, S., Lianhai, W., 1997, Climate variability, agriculture and forestry: an update, World Meteorological Organization. WMO/841, Genova – Suiza,

Smith, J. A., 1993, Precipitation, In: Handbook of Hydrology, D.R., Maidment Editor, Cap.3, USA,

SENAMHI, 2014, Boletín meteorológico 2014, Ministerio de Medio Ambiente y Agua, La Paz – Bolivia,

Stenberg, T., 2011, Regional drought has a global impact. *Nature* 472, p:169,

Watson, R., Zinyowera, M., Moss, R., Dokken, D., 1997, The regional impacts of climate change: an assessment of vulnerability, Summary for policymakers, Report of IPCC Working group II.

Fe de autores:

(*), Ingeniero Agrónomo, Docente carrera de Topografía y Geodesia, Facultad de Tecnología – UMSA.

(**), Ph.D. Ingeniero Agrónomo, Investigador.

(***), Arquitecto, Investigador.