

Disponibilidad hídrica según sectores de riego en la cuenca del río Virú, Perú

Ana Marlene Guerrero Padilla^{1*} , Segundo Leiva González² , Eric F. Rodríguez Rodríguez³ 

¹ Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n, Trujillo, Perú.

² Facultad de Medicina Humana, Universidad Privada Antenor Orrego, Museo de Historia Natural y Cultural, Casilla Postal 1075, Trujillo, Perú.

³ Herbarium Truxillense (HUT), Universidad Nacional de Trujillo, Jr. San Martín 392, Trujillo, Perú.

* Autor para correspondencia: mguerrero@unitru.edu.pe

Información de financiamiento

Este estudio fue financiado por los propios autores.

Declaración de disponibilidad de datos

Toda la data relevante a la investigación se muestra dentro del mismo manuscrito.

Declaración de conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés alguno.

Contribución de los autores

A.G.: Redacción del texto, metodología de evaluación de la cuenca del río Virú, ejecución del trabajo de campo, determinación disponibilidad hídrica y correlación con la demanda agrícola, registro fotográfico; ejecución y evaluación de resultados, revisión y aprobación del texto final. S. L.: Redacción del texto, metodología de evaluación de flora y vegetación, ejecución del trabajo de campo, determinación taxonómica de la flora, revisión y aprobación del texto final. E. R.: Redacción del texto, metodología de evaluación de flora y vegetación, ejecución del trabajo de campo, determinación taxonómica de la flora, revisión y aprobación del texto final.

Recibido: 2 de Enero de 2020.

Aceptado: 28 de Febrero de 2020.

Publicado (digital): 30 Marzo 2020.

Publicado (impreso): 30 Abril 2020.

Cita bibliográfica:

Guerrero, A.; S. Leiva & E. Rodríguez. 2020. Disponibilidad hídrica según sectores de riego en la cuenca del río Virú, Perú. *Arnaldoa* 27 (1): e165-e175. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27118>

Resumen: Se evaluó la disponibilidad hídrica según sectores de riego en la cuenca del río Virú, Perú. La metodología propuesta está considerando la escorrentía y las aportaciones de los tributarios de la cuenca Virú, determinando volúmenes de agua durante el año hídrico 2018-2019. Se estimó la correlación de la disponibilidad hídrica y demanda agrícola, en la cuenca alta se encontró una correlación $R^2=0.3794$, donde $p=0.033$ mediante análisis ANOVA y el análisis de coeficientes estandarizados y no estandarizados se obtuvo $p=0.033$, indicando que existe correlación significativa; la cuenca media y baja se encontró $R^2=0.736$, ANOVA $p=0.002$ y en el análisis de coeficientes estandarizados y no estandarizados $p=0.001$ y $p=0.004$, no existe correlación significativa. Los principales cultivos se presentaron: *Sorghum vulgare* "sorgo forrajero", *Zea mays* "maíz", *Cucumis sativus* "pepinillo", *Citrullus lanatus* "sandía", *Allium cepa* "cebolla", *Capsicum annuum* "pimiento", *Capsicum baccatum* var. *pendulum* "ají escabeche", *Persea americana* "palta", *Lactuca sativa* "lechuga", *Manihot esculenta* "yuca". El crecimiento vegetativo y floración de varios cultivos es muy vulnerable a factores que podrían agudizarse ante un cambio climático como los rangos mínimos y máximos de temperatura, escasez o abundancia de agua en períodos de sequía o lluvias intensas, respectivamente.

Palabras clave: cambio climático, cuenca Virú, disponibilidad hídrica, demanda hídrica, oferta hídrica.

Abstract: Water availability according to irrigation sectors in Viru river basin, Peru. Water availability was evaluated according to irrigation sectors in Viru river basin, Peru. The proposed methodology was considerate the runoff and contributions from the tributaries of Viru river basin, determining water volumes during 2018-2019 hydric year. The correlation of water availability and agricultural demand was estimated, in the upper basin the correlation $R^2=0.3794$, ANOVA analysis, $p=0.033$, and standardized and non-standardized coefficients was obtained $p=0.033$, indicating that there is significant correlation; while middle and lower basin, $R^2=0.736$, ANOVA $p=0.002$ and standardized and non-standardized coefficient $p=0.001$ and $p=0.004$ were found, there is no significant correlation. The main crops were presented *Sorghum vulgare* "sorgo forrajero", *Zea mays* "maíz", *Cucumis sativus* "pepinillo", *Citrullus lanatus* "sandía", *Allium cepa* "cebolla", *Capsicum annuum* "pimiento", *Capsicum baccatum* var. *pendulum* "ají escabeche", *Persea americana* "palta", *Lactuca sativa* "lechuga", *Manihot esculenta* "yuca". The vegetative growth and flowering of several crops are very vulnerable to factors could be exacerbated by a climatic change such as minimum and maximum ranges of temperature, scarcity or abundance of water in periods of drought or intense rains, respectively.

Keywords: climate changes, Viru river basin, water availability, hydric offer, hydric demand.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es extremadamente vulnerable al cambio climático. El aumento de las temperaturas termina por reducir la producción de los cultivos deseados, a la vez que provoca la proliferación de malas hierbas y plagas. Los cambios en los regímenes de lluvias aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo. Aunque algunos cultivos en ciertas regiones del mundo puedan beneficiarse, en general se espera que los impactos del cambio climático sean negativos para la agricultura, amenazando la seguridad alimentaria mundial citado por Nelson *et al.* (2009).

Probablemente las más afectadas sean las poblaciones de los países en vías de desarrollo, desde ya vulnerables y presas de la inseguridad alimentaria. En 2005, casi la mitad de la población económicamente activa de los países en vías de desarrollo (dos mil quinientos millones de personas) dependía de la agricultura para asegurar sus medios de vida. A la fecha, el 75% de los pobres del mundo viven en áreas rurales. Y sobre Política Alimentaria presenta los resultados de las diversas investigaciones que cuantifican los impactos, evaluando los efectos negativos del cambio climático en el bienestar humano (Cabré *et al.*, 2014; Ciarli & Savona, 2016).

El desarrollo de los proyectos de riego en las zonas áridas del oeste de los Estados Unidos, México, Perú, Brasil, Chile, Colombia y Argentina han demostrado como la riqueza creada y el valor real y potencial de la tierra bajo riego puede destruirse en el lapso de unos pocos lustros por los altos niveles de salinidad y anegamiento de las tierras, asociadas a la falta de adecuadas condiciones de drenaje (Riera & Pereira, 2013; Dos Santos *et al.*, 2013; Turbay *et al.*, 2014).

En la costa peruana la irrigación es indispensable para la agricultura, las descargas de los ríos son irregulares y generalmente insuficientes para atender las demandas de la actividad agrícola, por lo que es necesario asegurar un uso eficiente y eficaz del agua. El tipo de agua que se utilice como agua de riego tiene dos efectos importantes, a corto plazo influye en la producción calidad y tipo de cultivo y a largo plazo ciertas aguas pueden perjudicar el suelo hasta hacerlo totalmente inservible para la agricultura. Sea cual sea el origen del agua debe de cumplir la calidad que se exige a una agua de riego natural y únicamente en ciertas situaciones o para ciertas producciones pueden variarse los márgenes establecidos, siempre que no afecte las propiedades del suelo (Vargas, 2009; Guerrero, 2014).

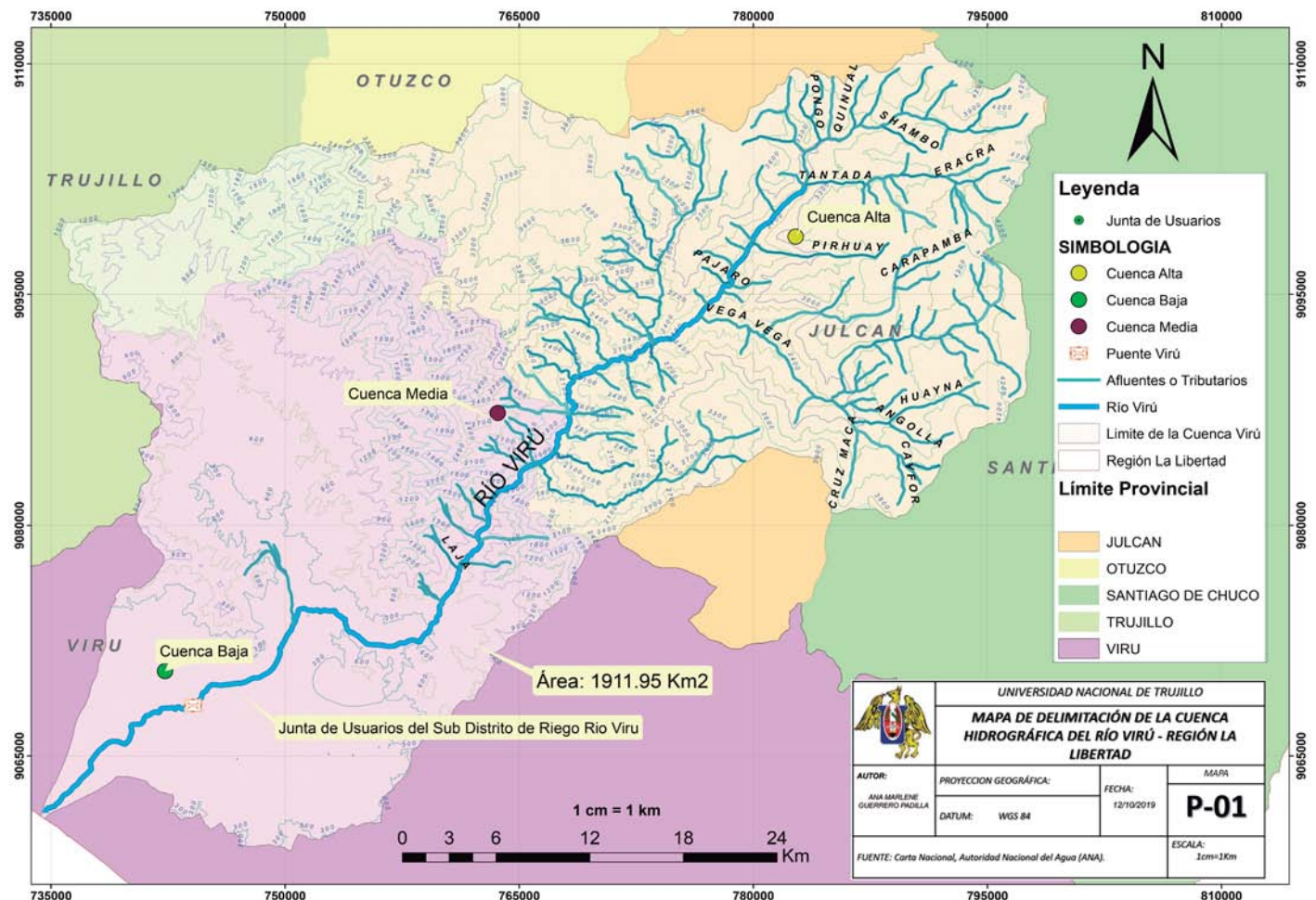


Figura 1. Delimitación de la cuenca del río Virú, La Libertad, Perú.

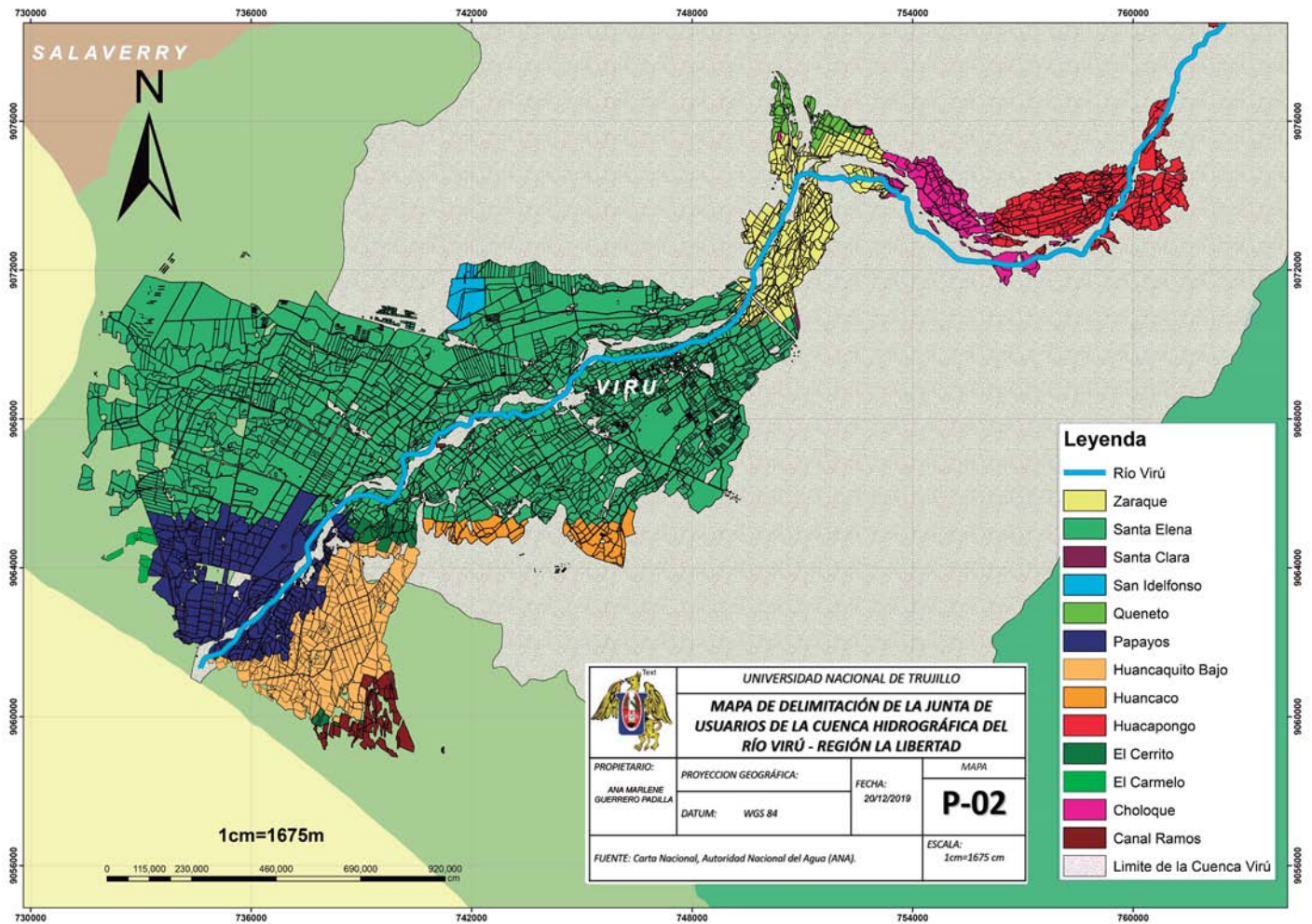


Figura 2. Delimitación de la junta de usuarios de la cuenca hidrográfica del río Virú, Perú.

El aprovechamiento de los recursos hídricos de las Cuencas Hidrográficas en el Perú adolece de una planificación integral, el cual provoca el deterioro de la calidad y cantidad de este recurso (Guerrero & Florián, 2013). Entre los problemas ambientales más acuciantes en los Distritos de Riego, se puede destacar: el proceso de salinización, se estiman en alrededor a 300 000 ha las tierras afectadas en diferentes grados por anegamiento y salinidad, localizadas en los principales valles de la costa. Además, existen numerosos ríos con aguas contaminadas debido a relaves mineros, vertido de aguas residuales sin tratamiento, así como de aguas residuales provenientes del sector industrial; se presenta un creciente uso de agrotóxicos en el sector agricultura (contaminación agraria difusa), que requiere ser controlado. La deforestación en las regiones Sierra y Selva también está causando problemas en diversos sectores (FAO, 2016).

En 2005, el P. E. CHAVIMOCHIC en convenio con la ATDRMVCH y las Juntas de Usuarios desarrollaron un estudio que permitió conocer con mayor aproximación las eficiencias de Distribución del Agua de Riego en los valles de Chao, Virú y Moche y en 2007 en Convenio también, determinaron la Eficiencia de Aplicación del agua a Nivel Parcelario en el valle Virú, el más afectado por la napa freática, en ambos casos quedó demostrado que las eficiencias son muy bajas, esto es,

para el valle Virú 72.81% en la operación del Sistema de Riego y 45.25% en la aplicación del agua, de lo cual se concluye que a nivel de valle se tiene una eficiencia del 32.95%, muy baja, lo cual muestra claramente un exceso en pérdidas de agua y la consecuencia reflejada en el deterioro del suelo y la calidad del agua freática en cuanto a su salinidad.

En la región La Libertad, con la llegada de agua a través del canal madre del proyecto CHAVIMOCHIC, sucedieron cuatro problemas de relevancia que han contribuido progresivamente a agravar el problema de drenaje y aumento de la salinización de los suelos en el valle antiguo: A) se manifiesta después de que los agricultores desactivaron sus pozos, al contar con una dotación de agua del canal madre, por lo tanto quedó anulado el drenaje vertical que se practicaba en este valle, B) se manifiesta al aplicarse cantidades de agua excesivas a los campos de cultivo las cuales superan ampliamente a las demandas reales requeridas, los casos más notorios son los riegos excesivos que se aplican a *Zea mays* "maíz chala", *Allium cepa* "cebolla" y *Lactuca sativa* "lechuga", entre los principales, C) se manifiesta al regarse las áreas nuevas con volúmenes de agua muchas veces más altas que las calculadas por el Proyecto CHAVIMOCHIC; posiblemente para lavar el exceso de sales de los suelos e implantar cultivos poco tolerantes a la salinidad, D) la problemática actual es el ingreso de agua de drenaje.

Tabla 1. Disponibilidad hídrica y demanda agrícola en la cuenca del río Virú, Perú.

Año	Mes	Masa de Agua Mensual en m ³			
		Parte Alta del Valle		Parte Media y Baja del Valle	
		Disponibilidad hídrica	Demanda agrícola	Disponibilidad hídrica	Demanda agrícola
2018	Agosto	2.24E+06	9.68E+06	2.13E+06	1.17E+07
	Septiembre	2.12E+06	1.12E+07	1.78E+06	1.36E+07
	Octubre	2.19E+06	1.17E+07	1.49E+06	1.43E+07
	Noviembre	2.61E+06	1.35E+07	1.71E+06	1.64E+07
	Diciembre	2.79E+06	1.11E+07	1.69E+06	1.36E+07
	Enero	3.67E+06	8.86E+06	1.63E+07	1.09E+07
2019	Febrero	6.19E+06	6.63E+06	1.20E+07	8.12E+06
	Marzo	9.79E+06	6.74E+06	8.27E+06	8.23E+06
	Abril	6.88E+06	6.74E+06	9.25E+06	8.25E+06
	Mayo	4.20E+06	6.70E+06	6.49E+06	8.25E+06
	Junio	2.69E+06	7.03E+06	4.55E+06	8.66E+06
	Julio	2.30E+06	7.10E+06	2.61E+06	8.71E+06

En el distrito de Virú existen serios problemas medio ambientales con respecto al recurso suelo debido al incremento de la napa freática como consecuencia se aprecia humedad, salinización, drenaje y cambios en la producción agrícola. Respecto a la disponibilidad hídrica en la zona sin influencia del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, estas se ubican sobre el Canal Madre del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, están referidas a las aguas que corresponden a los ríos que escurre a través de los valles, satisfacen la demanda en un 70%, de acuerdo a información analizada a partir de las ventas y consumos de agua para riego de las Juntas. En el valle Virú se cuenta con una oferta hídrica superficial del escurrimiento del río Virú, estimada a partir de la actualización de la información hidrométrica de la estación Sifón Virú proporcionadas por el PE CHAVIMOCHIC. Es necesario la realización de estudios de permitan sistemáticamente identificar, cuantificar cuando sea posible e interpretar adecuadamente las condiciones ecológicas y socioeconómicas, especialmente la actividad agrícola que se desarrolla en el valle Virú.

Es necesario realizar un enfoque a largo plazo que garantice una visión completa e integrada del significado de las actividades agrícolas asociada a los volúmenes de agua usados y las cédulas de cultivo en los diferentes sectores agrícolas, teniendo en cuenta los efectos adversos del cambio climático. Frente a este problema el presente estudio tuvo como objetivo determinar la disponibilidad hídrica de uso agrícola en la cuenca del río Virú, Perú.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La cuenca del río Virú forma parte de las provincias de Trujillo, Otuzco y Santiago de Chuco, en la región La Libertad. Desde el punto de vista geográfico, la cuenca del río Virú limita por el norte con la cuenca del río Moche, por el este con la cuenca

del río Santa, por el sur con la cuenca del río Chao y por el oeste con el Océano Pacífico. La cuenca del río Virú, pertenece a la vertiente del Pacífico, cubriendo un área de 2070 Km², con una cuenca húmeda un total de 1081 Km² (53%), ubicada a partir de los 1500 msnm, zona que contribuye sensiblemente al escurrimiento superficial (INRENA, 1994).

Con el propósito de establecer las condiciones en la actividad agrícola en el valle Virú (Fig. 1), se realizó la evaluación en la zona de estudio, área de Influencia del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, Autoridad Local del Agua, Junta de Usuarios, dependencia del Ministerio de Agricultura. Así como la identificación de las cédulas de cultivo en los diferentes sectores de riego (Fig. 2), Autoridad Nacional del Agua (ANA), Ministerio de Agricultura.

La metodología propuesta está considerando el sesgo existente en las simulaciones de escurrimiento de los modelos climáticos (Turbay *et al.*, 2014; Chávez-Jiménez & González-Zeas, 2015), generando un conjunto de proyecciones hidrológicas que representan las aportaciones de los tributarios de la cuenca Virú, determinando volúmenes de agua durante el año hídrico 2018-2019, así como las cédulas de cultivo, correlacionándolas, con estos factores se evaluó la correlación de la disponibilidad hídrica y la disponibilidad de uso agrícola, para finalmente efectuar el análisis de sensibilidad del comportamiento del sistema de recursos hídricos bajo diferentes requerimiento ambientales y escenarios de cambio climático, en el valle Virú, La Libertad, Perú.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se estimó la oferta hídrica a través del uso en la actividad agrícola (área total y áreas bajo riego), áreas de cultivo en la cuenca alta, media y baja (Tabla 1), realizando una correlación entre ambos y poder proyectarse a futuro la optimización del

Tabla 2. Análisis estadísticos ANOVA y coeficientes estandarizados y no estandarizados en la cuenca alta del río Virú, Perú.

Cuadrático						
Resumen						
R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación			
0.616	0.379	0.317	0.219			
La variable independiente es DISPONIBILIDAD HIDRICA_A.						
ANOVA						
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p	
Regresión	0.294	1	0.294	6.112	0.033	significativo
Residuo	0.480	10	0.048			
Total	0.774	11				
La variable independiente es DISPONIBILIDAD HIDRICA_A.						
Coeficientes						
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		t	p
	B	Desv. Error	Beta			
DISPONIBILIDAD HIDRICA_ ALTA	-7E-08	0.000	-0.616		-2.472	0.033 significativo
(Constante)	1E+07	1414540.312			7.974	0.000
La variable dependiente es ln(DEMANDA AGRICOLA_A).						

agua y la relación con los cultivos seleccionados, de acuerdo al área agrícola, ambientes climáticos, y posibles efectos de cambios climáticos. La evaluación futura de sequías e inundaciones, distribución espacio-temporal en el valle Virú, en función a la disponibilidad hídrica de uso agrícola. Evitando o minimizando los eventos catastróficos, referidos a cambios climáticos y minimizando los efectos económicos-sociales, desde una mirada que contemple las variaciones que experimenta la disponibilidad hídrica de las cuencas y la capacidad de retención del agua en el suelo.

En la Fig. 3, se presenta la correlación entre la disponibilidad hídrica y la demanda agrícola en la cuenca alta del río Virú durante el año hídrico 2018-2019, se encontró una correlación $R^2=0.3794$ y en relación a ANOVA, $p=0.033$ y el análisis de coeficientes estandarizados y no estandarizados, se obtuvo $p=0.033$ (Tabla 2), en consecuencia, existe una correlación significativa. Asimismo, en la Fig. 4 se indica el análisis de correlación entre la disponibilidad hídrica y la demanda agrícola en la cuenca media y baja del río Virú, durante el año hídrico 2018-2019, resultando $R^2=0.736$; al realizar los

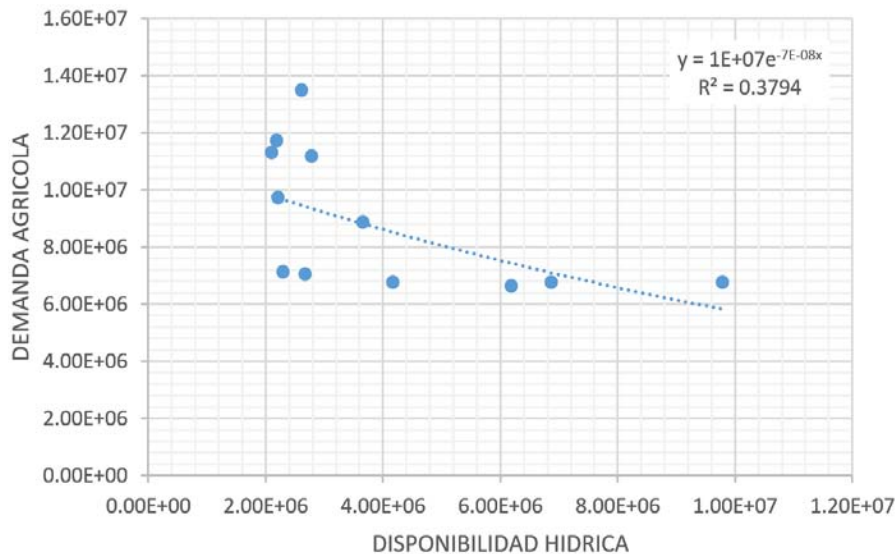


Fig. 3. Correlación entre la disponibilidad hídrica y la demanda agrícola en la cuenca alta del río Virú, Perú.

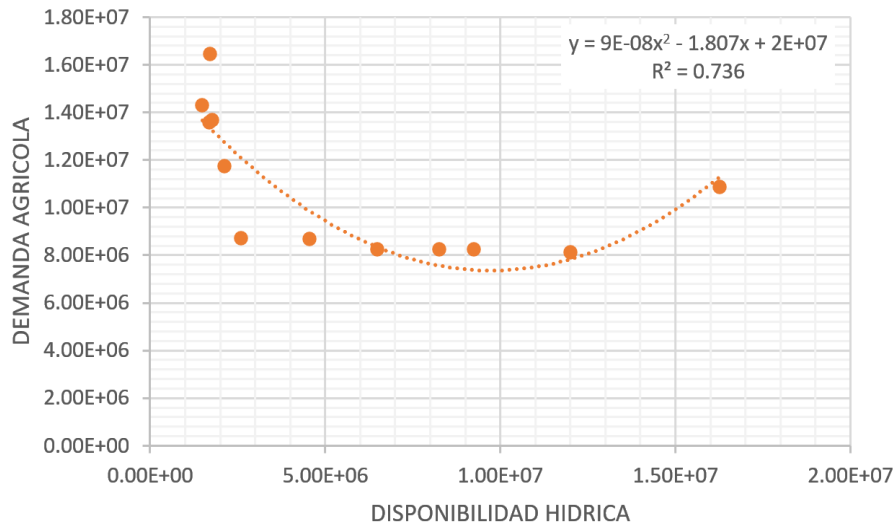


Figura 4. Correlación entre la disponibilidad hídrica y la demanda agrícola en la cuenca media y baja del río Virú, Perú.

análisis de ANOVA, $p=0.002$ y en el análisis de coeficientes estandarizados y no estandarizados $p=0.001$ y $p=0.004$, lo que indica que no existe correlación significativa (Tabla 3).

La presente investigación subyace en este documento porque brinda estimaciones detalladas sobre los impactos del cambio climático en la producción agrícola, referida a los principales cultivos (Tabla 4) como: *Sorghum vulgare* (L.) Pers. "sorgo forrajero", *Zea mays* L. "maíz" (Poaceae) (Fig. 5A),

Cucumis sativus L. "pepinillo" (Fig. 5B), *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai "sandía" (Cucurbitaceae), *Capsicum annum* L. "pimiento", *Capsicum baccatum* var. *pendulum* (Willd.) Eshbaugh "ají escabeche" (Solanaceae), *Persea americana* "palta" (Lauraceae) (Fig. 5C), *Lactuca sativa* L. "lechuga" (Asteraceae) (Fig. 5D), *Allium cepa* L. "cebolla" (Amaryllidaceae) (Fig. 5E), *Manihot esculenta* Crantz "yuca" (Euphorbiaceae) (Fig. 5F), evaluación realizada en campo. Es necesario estimar el

Tabla 3. Análisis estadísticos ANOVA y coeficientes estandarizados y no estandarizados en la cuenca media y baja del río Virú, Perú.

Cuadrático Resumen					
R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación		
0.858	0.736	0.677	1679438.535		
La variable independiente es DISPONIBILIDAD HIDRICA_MEDIA y BAJA.					
ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p
Regresión	70759105601080.3	2	35379552800540.200	12.544	0.002
Residuo	25384624143867.8	9	2820513793763.090		
Total	96143729744948.1	11			
La variable independiente es DISPONIBILIDAD HIDRICA_MEDIA y BAJA.					
Coeficientes					
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		p
	B	Desv. Error	Beta	t	
DISPONIBILIDAD HIDRICA_Media y Baja	-1.807	0.399	-2.972	-4.534	0.001
DISPONIBILIDAD HIDRICA_Media y Baja ** 2	9.270E-08	0.000	2.504	3.820	0.004
(Constante)	16165032.950	1164187.301		13.885	0.000

Tabla 4. Cédulas de cultivo y rendimiento por Kg/ha durante el año hídrico 2018-2019 en el valle Virú, Perú.

Cultivo	Variables	Total ejecutado	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
<i>Capsicum baccatum</i> var <i>pendulum</i> "ají escabeche"	Sup.Verde (ha.)		28	24	26	27	27.5	27.5	22.5	28.5	27	27	42	49
	Siembras (ha.)	95.5	11	3	5	6	11.5	5	5	12	10	5	15	12
	Cosechas (ha.)	37.5						5	5	6	11.5	5	5	5
	Rendimiento (Kg./ha.)	25,066.67						20.4	22	22.5	27.57	27.2		28
	Produccion (t.)	940					102	110	110	135	317	136		140
	Precio Chacra (S/Kg.)	1.39					2.1	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3		1.3
<i>Manihot "yuca"</i>	Sup.Verde (ha.)		76	60	52	60	63	77	75	70	64	68	83	111
	Siembras (ha.)	137	19	3	4	14	5	14	3	1	1	13	25	35
	Cosechas (ha.)	44							5	6	7	9	10	7
	Rendimiento (Kg./ha.)	20,022.730						20.2	20.2	20	20	20	20	20
	Produccion (t.)	881					101	101	101	120	140	180	200	140
	Precio Chacra (S/Kg.)	1.39					1.47	1.47	1.47	1.64	1.56	1.6	1.1	1.1
<i>Allium cepa</i> "cebolla"	Sup.Verde (ha.)		22	25	22	16	17	18	18	15	10	6	5	7
	Siembras (ha.)	47	10	6	5	3	6	5	4	3	1	1	3	3
	Cosechas (ha.)	27						4	4	3	6	5	4	1
	Rendimiento (Kg./ha.)	31,740.74						31	31.5	32	31.67	32	32	33
	Produccion (t.)	857					124	124	126	96	190	160	128	33
	Precio Chacra (S/Kg.)	0.58					0.7	0.53	0.53	0.54	0.56	0.56	0.6	0.6
<i>Lactuca "lechuga"</i>	Sup.Verde (ha.)		7	2.5	4.5	4	3.5	1.5	1	1	1	0	1	2
	Siembras (ha.)	9	2	0.5	2	1.5			1	1			1	1
	Cosechas (ha.)	4.5						2	1.5			1		
	Rendimiento (Kg./ha.)	24,888.89						25.5	24.67			24		
	Produccion (t.)	112					51	37	37		24			
	Precio Chacra (S/Kg.)	1.21					1.3	1.1	1.1		1.2			
<i>Zea mays</i> "maiz chala"	Sup.Verde (ha.)		348	368	382	385	338	363	253	172.5	126.5	155.5	201.5	284
	Siembras (ha.)	916.5	110	101	111	98	28	136	136	17.5	31	81	72	131
	Cosechas (ha.)	522.5						111	110	98	77	52	26	48.5
	Rendimiento (Kg./ha.)	59,988.52						59.91	60	60	60	60.04	60	60.04
	Produccion (t.)	31,344.00					6,650.00	6,600.00	5,880.00	4,620.00	3,122.00	1,560.00	2,912.00	
	Precio Chacra (S/Kg.)	0.14					0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14

Tabla 4. Cédulas de cultivo y rendimiento por Kg/ha durante el año hídrico 2018-2019 en el valle Virú, Perú.

Cultivo	Variables	Total ejecutado	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
<i>Cucumis pepinillo</i>	Sup.Verde (ha.)		49	55	52	58	39	28	18	6	2	3	8	16
	Siembras (ha.)	83	26	10	12	13	4	2	10	12	4	3	5	8
	Cosechas (ha.)	41						13	10	12	4	2		
	Rendimiento (Kg./ha.)	56,195.12						56	56	56	56.25	59.5		
	Produccion (t.)	2,304.00						728	560	672	225	119		
<i>Capsicum annuum</i>	Precio Chacra (S/Kg.)	0.32						0.36	0.3	0.3	0.3	0.36		
	Sup.Verde (ha.)		51	79.5	79.5	58.5	36.5	33.5	47.5	23	23	23	24	28
	Siembras (ha.)	63.5	3	33.5					22				1	4
	Cosechas (ha.)	35.5						3	8	24.5				
	Rendimiento (Kg./ha.)	30,000.00						30	30	30	30			
<i>Citrullus sandía</i>	Produccion (t.)	1,065.00						90	240	735				
	Precio Chacra (S/Kg.)	1.31						1.45	1.3	1.3				
	Sup.Verde (ha.)		16	25	31	38	31.5	19.5	14.5	4.5	0		2	9
	Siembras (ha.)	51.5	11	11	6	10	4.5						2	7
	Cosechas (ha.)	31.5						12	5	10	4.5			
<i>Sorghum vulgare</i>	Rendimiento (Kg./ha.)	44,539.68						60	35	35	35.11			
	Produccion (t.)	1,403.00						720	175	350	158			
	Precio Chacra (S/Kg.)	0.63						0.65	0.6	0.6	0.6			
	Sup.Verde (ha.)			20	20	40	40	40	20	20	0			
	Siembras (ha.)	40		20		20								
<i>Persea palta</i>	Cosechas (ha.)	40							20		20			
	Rendimiento (Kg./ha.)	60,000.00							60		60			
	Produccion (t.)	2,400.00						1,200.00			1,200.00			
	Precio Chacra (S/Kg.)	0.11						0.1	0.12		0.12			
	Sup.Verde (ha.)		6,751.00	6,755.00	6,758.00	6,790.00	6,808.20	6,808.20	6,808.20	6,808.20	6,808.20	6,810.20	6,841.20	6,867.20
<i>Persea palta</i>	Siembras (ha.)	123.2	7	4	3	32	18.2					2	31	26
	Produccion (t.)	81,842.10										30,546.60	24,537.00	8,762.00
	Precio Chacra (S/Kg.)	4									4	4	4	4

costo de las inversiones requeridas para estimar el bienestar futuro e identificar los costos de compensación por el cambio climático. La preocupación será de incorporar el riesgo en los Programas de Ordenamiento Ecológico, por lo que se podría identificar las zonas más vulnerables a los peligros asociados al cambio climático.

La percepción de los agricultores es el riesgo climático como el factor más importante que define la actividad agrícola, y por lo tanto caracteriza la propia identidad del productor agrícola, dependientes de las condiciones sociales, culturales y económicas en las que los individuos experimentan el riesgo (Patt & Schröter, 2008; Ramirez-Villegas *et al.*, 2013), de modo que la percepción y apreciación del clima por parte de los regantes del río Virú está influenciada de forma objetiva por los eventos climáticos que ellos pueden observar y en muchos casos padecer, así como por su existencia dentro de la actividad productiva y las transformaciones que ésta ha tenido a lo largo de los últimos años. Dichos cambios se registraron principalmente a nivel del uso del suelo, actividad agrícola, cuya vulnerabilidad a cambios climáticos produciría problemas socioeconómicos, tal como reporta estudios realizados en México en análisis de sequía y desertificación, estimando brechas hídricas (Troyo *et al.*, 2014).

Si bien es cierto existen trabajos que integran modelos hidrológicos con el análisis económicos (Heinz *et al.*, 2007; Volk *et al.*, 2008; Calzadilla *et al.*, 2013) esta correlación no es usual en especial en Latinoamérica. Analizar estas dos dimensiones de la sustentabilidad en forma conjunta permitiría comprender y solucionar los problemas derivados del manejo del agua. Se debe tener presente los principios de equidad, en la búsqueda de las comunidades dependientes de los recursos ecosistémicos (Calzadilla *et al.*, 2013; Carrascal *et al.*, 2013). Actualmente es materia de vital importancia la incorporación del análisis de riesgo dentro de los procesos de ordenamiento ecológico, en las etapas de caracterización y diagnóstico del estudio técnico se plantea una propuesta para definir el nivel de riesgo de una unidad territorial terrestre (denominada Unidades Ambientales) a partir de los peligros y la población existente. El riesgo se puede definir formalmente como la probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencia del impacto de eventos o fenómenos perturbadores. La vulnerabilidad, un concepto relacionado, está definida como la probabilidad en la que una comunidad expuesta a un tipo de amenaza natural con elevada frecuencia, según el grado de fragilidad de sus elementos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta, desarrollo político institucional, entre otros), pueda sufrir daños humanos y materiales en el momento del impacto de un fenómeno Rosete *et al.* (2013).

El Perú presenta una gran vulnerabilidad ante variaciones climáticas drásticas, siendo evidencia de ello las pérdidas económicas que implicaron fenómenos como El Niño. Así, bajo un escenario pasivo los efectos del cambio climático podrían ser incluso superiores en la que los efectos se potenciarían al involucrarse otros mecanismos que afectan negativamente el crecimiento; como la pérdida de la disponibilidad de recursos hídricos (para consumo humano y generación energética) debido al retroceso glaciar, la

pérdida de productividad primaria agrícola, la pérdida de la biodiversidad y efectos sobre la salud humana (Vargas, 2009). El valle Virú es vulnerable al cambio climático y a procesos de desertificación, dado su perfil termo-pluviométrico y las condiciones de explotación agropecuaria. De acuerdo con los gradientes de precipitación y oscilaciones de temperatura, el clima varía de subtropical seco a árido, mediante la aplicación del método de zonificación climática según el criterio de interpretación del Índice Climático (Ic) desarrollado por FAO-UNESCO (Simota & Dumitru, 2010).

CONCLUSIONES

La disponibilidad hídrica según sectores de riego del valle Virú, es irregular y no satisface la demanda hídrica, en función a la programación de riego de cultivos, de acuerdo al año hídrico 2018-2019. Los principales cultivos que se presentaron según la programación de riego del año hídrico 2018-2019 fueron: *Sorghum vulgare* "sorgo forrajero", *Zea mays* "maíz", *Cucumis sativus* "pepinillo", *Citrullus lanatus* "sandía", *Allium cepa* "cebolla", *Capsicum annum* "pimiento", *Capsicum baccatum* var. *pendulum* "ají escabeche", *Persea americana* "palta", *Lactuca sativa* "lechuga", *Manihot esculenta* "yuca". Se requiere evaluación a futuras sequías e inundaciones, distribución espacio-temporal en el valle Virú. Evitando o minimizando eventos catastróficos, relacionados con cambios climáticos y considerando los efectos económicos y sociales desde una perspectiva que contemple las variaciones que la disponibilidad de agua de las cuencas y la capacidad de retención de agua en el suelo.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a las autoridades de Universidad Nacional de Trujillo y la Universidad Antenor Orrego, por su constante apoyo y facilidades para la realización de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Cabré, F.; S. Solman & M. Núñez.** 2014. Climate downscaling over southern South America for present-day climate (1970-1989) using the MM5 model. Mean, interannual variability and internal variability. *Atmósfera*, 27(2):117-140.
- Calzadilla, A.; T. Zhu; K. Rehdanz; R. Tol & C. Ringler.** 2013. Economywide impacts of climate change on agriculture in Sub-Saharan Africa. *Ecological Economics*, 93:150-165.
- Carrascal, C.; G. Denegri & M. Delgado.** 2013. Costos mínimos de compensación y cuantificación de la oferta hídrica en la cuenca alta del río Sauce Grande, Argentina. *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 80:55-70.
- Ciarli, T. & M. Savona.** 2016. De los cambios cuadráticos a los cambios exponenciales. Relación entre estructura económica y sostenibilidad. Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, Chile, 106 pp.
- Chávez-Jiménez, A. & D. González-Zeas.** 2015. El impacto de los caudales medioambientales en la satisfacción de la demanda de agua bajo escenarios de cambio climático. *Revista Iberoamericana del Agua - RIBAGUA*, 2:3-13.
- Dos Santos, A.; J. Galvêncio & M. Bezerra de Moura.** 2013. Cambio climático y el flujo en la cuenca del río Gioana- Pernambuco - Brasil.

Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 81:51-65.

Food and agriculture organization of the United Nations (FAO).

2016. El clima está cambiando. La alimentación y la agricultura también. Recuperado el 02 mayo, 2017 de: <http://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/413853/>

Guerrero, A.M. & J.C. Florián. 2013. Demanda y uso de agua en los sectores de riego de la cuenca del río Jequetepeque (La Libertad, Perú). REBIOL, 33 (1):1-17.

Guerrero, A.M. 2014. Gestión Integrada de Recursos Hídricos de la Cuenca del río Jequetepeque, Perú. Revista de Investigaciones Aplicadas SCIÉND0, 7(2):92-117.

Heinz, I.; M. Pulido; J. Lund & J. Andreu. 2007. Hydro-economic modeling in river basin management: implications and applications for the European Water Framework Directive, Water Resources Management, 21(7):1103-1125.

Instituto Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (INRENA).

1994. Diagnóstico de la Calidad de Agua del río Virú, Perú. Instituto Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura, 22pp

Nelson, G.; M. Rosegran; J. Koo; R. Robertson; T. Sulser; T. Zhu; C. Ringler; S. Msangi; A. Palazzo; M. Batka; M. Magalhães; R. Valmonte-Santos; M. Ewing & D. Lee. 2009. Cambio climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias IFPRI, Washington, D.C. 20 pp.

Patt, A.G. & D. Schröter. 2008. Perceptions of climate risk in Mozambique: Implications for the success of adaptations strategies. Global Environmental Change, 18:458-467.

Ramirez-Villegas, J.; A. Jarvis & P. Läderach. 2013. Empirical approaches for assessing impacts of climate change on agriculture: The EcoCrop model and a case study with grain sorghum. Agricultural and Forest Meteorology, 170:67-78.

Riera, C. & S. Pereira. 2013. Entre el riesgo climático y las transformaciones productivas: la agricultura bajo riego como forma de adaptación en Río Segundo, Córdoba, Argentina. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 82:52-65.

Rosete, F.; G. Hernández & E. Von Wobeser. 2013. El componente del riesgo en el Ordenamiento Ecológico del Territorio: el caso del Ordenamiento Ecológico Regional y Marino del Golfo de México y Mar Caribe. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 80:7-20.

Simota, C. & M. Dumitru. 2010. Biophysical criteria designating agriculture drought affected areas in the context of climate changes. Balwois-Ohrid, 1-10 pp.

Troyo, E., G. Mercado; A. Cruz; A. Nieto; R. Valdez; J. García & B. Murillo. 2014. Análisis de la sequía y desertificación mediante índices de aridez y estimación de la brecha hídrica en baja California Sur, noroeste de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM 85:66-81, doi:10.14350/rig.32404

Turbay, S.; B. Nates; F. Jaramillo; J. Vélez & O. Ocampo. 2014. Adaptación a la variabilidad climática entre los caficultores de las cuencas de los ríos Porce y Chinchana, Colombia. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 85:95-112.

Vargas, P. 2009. El Cambio Climático y sus efectos en el Perú. Banco Central de Reserva del Perú. D.T. N°2009-14. Serie de Documentos de Trabajo Working paper series. Perú, 60 pp.

Volk, M.; J. Hirschfeld; A. Dehnhardt; A. Schmidt; C. Bohna; S. Lierscha & P. Gassman. 2008. Integrated ecological-economic modelling of water pollution abatement management options in the Upper Ems River Basin, Ecological Economics, 66(1):66-76.

ANEXOS



Figura 5. Principales cultivos que se presenta en el valle Virú. **A.** *Zea mays* "maíz", **B.** *Cucumis sativus* "pepinillo", **C.** *Persea americana* "palta", **D.** *Lactuca sativa* "lechuga", **E.** *Allium cepa* "cebolla", **F.** *Manihot esculenta* "yuca".