



## IV CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE COMEII 2018

Aguascalientes, Ags., del 15 al 18 de octubre de 2018

### ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO 010 CULIACÁN HUMAYA EN SEIS CICLOS AGRÍCOLAS

**Sirio Moreno Armenta<sup>1\*</sup>; Arturo Sánchez Sandoval<sup>2</sup>; Sergio Castañeda Ramos<sup>3</sup>; Mario Alberto Montiel Gutiérrez<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Jefe de los Distritos de Riego 010 Culiacán-Humaya y 074 Mocorito, Sinaloa. Federalismo S/N Colonia Recursos Hidráulicos. Culiacán, Sinaloa. C.P. 80105.

[sirio.moreno@conagua.gob.mx](mailto:sirio.moreno@conagua.gob.mx). - (52) 6673907038. (\*Autor de correspondencia).

<sup>2</sup>Jefe de Operación del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya. Federalismo S/N Colonia Recursos Hidráulicos. Culiacán, Sinaloa. C.P. 80105.

<sup>3</sup>Jefe de Conservación del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya. Federalismo S/N Colonia Recursos Hidráulicos. Culiacán, Sinaloa. C.P. 80105.

<sup>4</sup>Tecnólogo del Agua del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532 Col. Progreso Jiutepec, Morelos México C.P. 62550, México.

#### Resumen

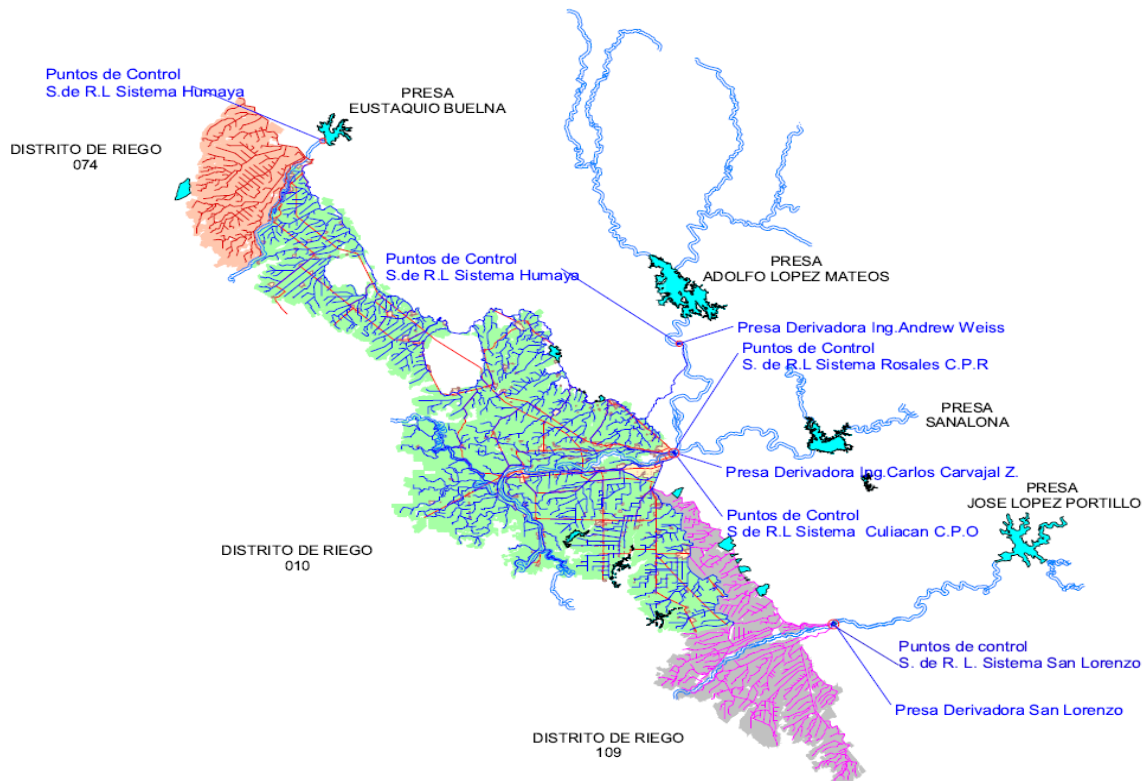
Se presenta un análisis comparativo de la operación del Distrito de riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa en los últimos seis años, desde el ciclo agrícola 2011-2012 al ciclo 2016-2017, analizando el comportamiento de los volúmenes, gastos, y láminas de riego operadas a nivel Distrito de Riego, con una cédula de cultivos similar en cuanto a la superficie promedio sembrada de 192,163 ha, teniendo al maíz blanco como cultivo predominante. Se analizan también indicadores de riego en los seis ciclos agrícolas como: láminas de riego, productividad del agua, así como los rendimientos y volúmenes de producción agrícola. Los resultados indican una lámina bruta promedio de 79.53 cm, la cual representa una disminución del 17.28% del promedio de los últimos 23 años la cual resultó de 96.15 cm. Los volúmenes de agua para riego distribuidos son en promedio de 1,536.78 Mm<sup>3</sup>, mismo que representa un 74.11% del volumen total concesionado a las 12 Asociaciones Civiles de Usuarios de Riego. Esta disminución en el uso de volúmenes brutos, no ha afectado el rendimiento de los cultivos y se ha incrementado de 12.76 a 17.4 ton/ha en los últimos seis años. Esto ha permitido incrementar la productividad del agua de 1.3 kg/m<sup>3</sup> histórica hasta antes de 2011, a 1.96 kg/m<sup>3</sup> en el año 2017, lo que representa un incremento del 50.96%. De igual forma se tiene un incremento de 3.06 \$/m<sup>3</sup> a 8.10 \$/m<sup>3</sup> en la productividad económica del agua lo que representa un incremento del 164%. Se presentan cuadros y gráficos que resumen los resultados, así como una breve descripción de los mismos.

**Palabras claves:** Operación de Distritos de Riego, productividad del agua.

## Introducción

El Distrito de Riego 010, se creó el 10 de septiembre de 1952, comprende una superficie total de 212,141 hectáreas con 18,869 usuarios y se localiza en los municipios de Culiacán, Navolato, Mocorito, Angostura y Salvador Alvarado en el Estado de Sinaloa. Se encuentra en la Región Hidrológica Administrativa III Pacífico Norte, en donde, de acuerdo con los datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

El área total con la que cuenta el Distrito de Riego 010 (DR-010) en la actualidad abarca 2,089 km<sup>2</sup>, o sea el 17.3% de la extensión total de los cinco municipios antes señalados, que a su vez representan una superficie de 12,094 km<sup>2</sup>, es decir la quinta parte del territorio sinaloense. Sus coordenadas geográficas se localizan entre los 24°15' y 25°26' de latitud norte y los 107°15' a 108°09' de longitud oeste. La altitud sobre el nivel del mar varía entre los 5 y los 36 metros, constituyéndose la zona por una planicie costera con relieve sensiblemente plano en donde se observa que una mínima parte de los terrenos cuentan con topografía movida, clasificados como lomeríos. La siguiente figura muestra el plano general del Distrito de riego 010 Culiacán-Humaya, 074 Mocorito y 109 San Lorenzo que integran el sistema interconectado formado por las presas Adolfo López Mateos, Sanalona, José López Portillo y Eustaquio Buelna.



**Figura.1** Sistema de Riego San Lorenzo-Culiacán-Humaya y Mocorito. Fuente CONAGUA.



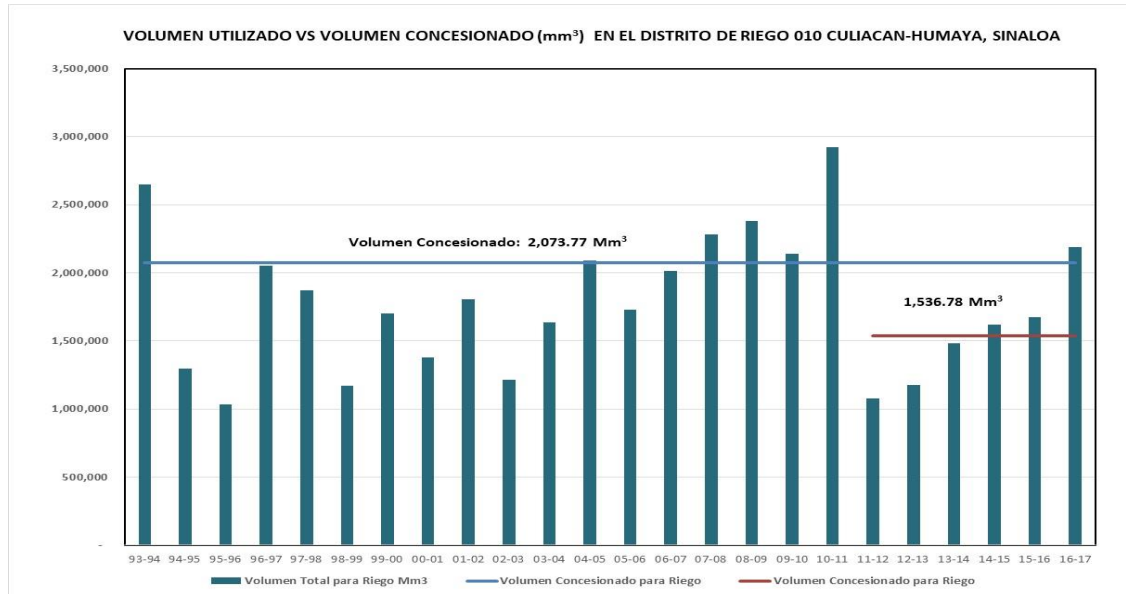
La superficie física regable del distrito de Riego 010 es de 212,141 ha para un total de 18,688 usuarios beneficiados. El volumen concesionado en puntos de control de agua de gravedad proveniente de las presas es del orden de 1917.40 Millones de m<sup>3</sup> y del agua subterránea es de 156.37 Millones de m<sup>3</sup> para un gran total de 2,073.77 Millones de m<sup>3</sup>. El volumen medio concesionado es de **9,775 m<sup>3</sup>/ha** a nivel de puntos de control que equivale a una lámina de 98 cm por hectárea. La superficie física, el número de usuarios, así como los volúmenes concesionados de gravedad y de pozos de cada uno de los Módulos del Distrito de Riego 010, la cual se resume en la siguiente tabla 1:

**Tabla 1.** Superficie física, número de usuarios, así como los volúmenes concesionados de gravedad y de pozos de cada uno de las Asociaciones Civiles de Riego del Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa. Fuente reglamento del Distrito de Riego 010.

S de RL/Módulo	Superficie Física ha	Total Usuarios Núm	Volumen Concesionado (Millm <sup>3</sup> )			Valor Medio		LB Media cm
			Gravedad	Pozos	Total	M <sup>3</sup> /ha	M <sup>3</sup> /Usuario	
			92%	8%	100%			
<b>SRL Rosales</b>								
I-1	9,036	1,182	81.70	6.66	88.36	9,779	74,755	98
I-2	7,038	570	63.60	5.19	68.79	9,774	120,684	98
I-3	14,635	1,325	132.30	10.79	143.09	9,777	107,992	98
<b>Suma</b>	<b>30,709</b>	<b>3,077</b>	<b>277.60</b>	<b>22.64</b>	<b>300.24</b>	<b>9,775</b>	<b>126,825</b>	<b>98</b>
<b>Sistema Culiacán</b>								
II-1	28,583	3,252	258.3	21.07	279.37	9,774	85,907	98
II-2	15,260	557	137.9	11.25	149.15	9,774	267,774	98
II-3	31,277	1,271	282.7	23.05	305.75	9,776	240,559	98
<b>Suma</b>	<b>75,120</b>	<b>5,080</b>	<b>678.90</b>	<b>55.37</b>	<b>734.27</b>	<b>9,775</b>	<b>126,825</b>	<b>98</b>
<b>Sistema Humaya</b>								
IV-1	15,863	1,672	143.4	11.69	155.09	9,777	92,757	98
IV-2	12,576	1,331	113.7	9.27	122.97	9,778	92,389	98
IV-3	9,475	782	85.6	6.98	92.58	9,771	118,389	98
IV-4	15,284	1,482	138.1	11.27	149.37	9,773	100,789	98
V-1	23,634	2,367	213.6	17.42	231.02	9,775	97,600	98
V-2	29,480	2,797	266.5	21.73	288.23	9,777	103,050	98
<b>Suma</b>	<b>106,312</b>	<b>10,431</b>	<b>960.9</b>	<b>78.36</b>	<b>1,039.26</b>	<b>9,776</b>	<b>99,632</b>	<b>98</b>
<b>Total</b>	<b>212,141</b>	<b>18,588</b>	<b>1,917.40</b>	<b>156.37</b>	<b>2,073.77</b>	<b>9,775</b>	<b>111,565</b>	<b>98</b>

En los últimos seis años agrícolas, en el Distrito de Riego se han implementado acciones tendientes a mejorar la operación del sistema, debido a un problema grave que se presentó en el ciclo agrícola (2010-2011), como lo fue la ocurrencia de una contingencia climática que afectó más de 148,000 ha en pie de cultivo, que obligó a los usuarios a resembrar dobles cultivos por la presencia de heladas en enero de 2011. Esto provocó un problema de falta de volúmenes en el sistema de presas que obligó al Distrito a reducir cultivos de alta demanda y realizar acciones para hacer el uso eficiente del agua en todos los niveles operativos del distrito, además de invertir en rescates de agua de reúso, mediante plantas de bombeo en la red de drenaje. **Moreno, et al. (2011).**

A partir del ciclo agrícola 2011-2012, los resultados muestran una mejoría en el manejo de volúmenes para riego en el Distrito. Para ejemplificarlos, el siguiente gráfico muestra los volúmenes brutos de agua utilizados en los últimos 23 años con respecto al volumen concesionado por Distrito de Riego.



**Figura 2.** Volúmenes utilizados en los últimos 23 años con respecto al concesionado total en el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa. Fuente Estadísticas agrícolas de los Distritos de Riego en México. CONAGUA. 2018.

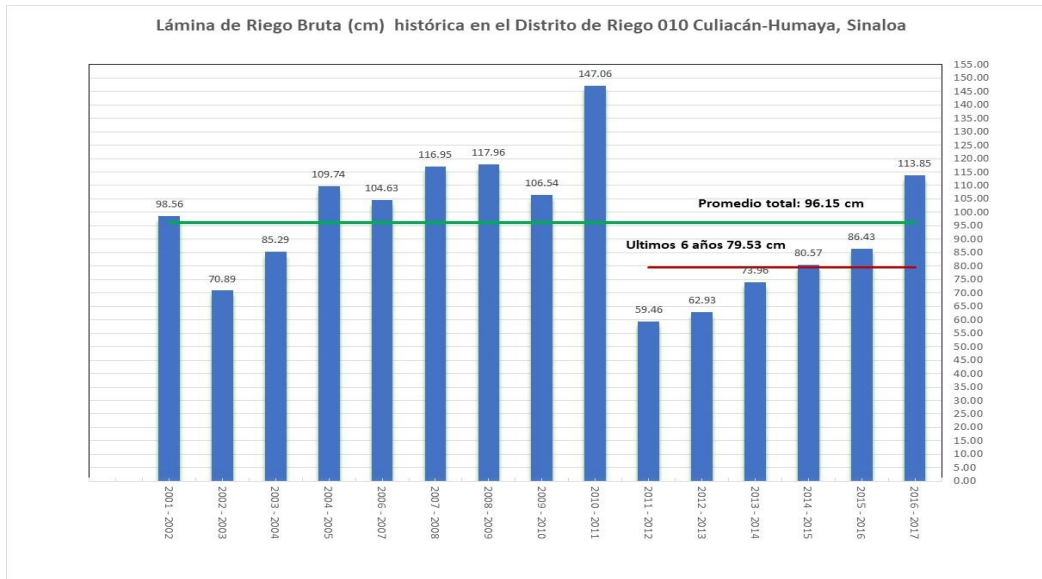
De acuerdo con los datos reportados por CONAGUA en los últimos 6 años desde el ciclo agrícola 2011-2012 al ciclo agrícola 2016-2017, el promedio del volumen utilizado para riego agrícola es de 1,536.78 Millones de m<sup>3</sup>, mismo que representa un 74.11% del volumen total concesionado, el cual es de 2,073,770 Millones de m<sup>3</sup>, misma que incluye gravedad y bombeo de pozos. Las Asociaciones Civiles de de riego han contribuido a lograr estos resultados con la concientización de un mejor manejo del agua a sus usuarios, incrementando el bombo de rescate y supervisando mejor la operación de los canales y los riegos aplicados. La siguiente tabla 2 muestra el porcentaje de uso del volumen concesionado de acuerdo con su título de concesión en los últimos 10 años:

**Tabla 2.** Volúmenes utilizados por Módulo de Riego en los últimos 10 años con respecto al concesionado total en el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa. Fuente CONAGUA DR 010. Anexos de Distribución de Aguas.

MODULO	PROMEDIO	VOLUMEN CONCESIONADO	PORCENTAJE
I-1	65,029.68	88.36	73.60
I-2	57,545.02	68.79	83.65
I-3	129,110.34	143.09	90.23
II-1	198,135.66	279.37	70.92
II-2	77,352.86	149.15	51.86
II-3	240,415.75	305.75	78.63
IV-1	119,310.50	155.09	76.93
IV-2	94,439.42	122.97	76.80
IV-3	75,341.76	92.58	81.38
IV-4	117,617.57	149.37	78.74
V-1	178,071.26	231.02	77.08
V-2	218,515.17	288.23	75.81
<b>DTO. 010 PC</b>	<b>1,532,077.39</b>	<b>2073.77</b>	<b>73.88</b>



Por otra parte, la lámina de riego bruta promedio, que se presenta a continuación en la siguiente figura de los últimos 15 años corresponde a un valor de 96.15 cm. En los últimos seis ciclos agrícolas derivado de estas acciones, se tiene un promedio de 79.15 cm por Distrito de Riego, tal y como se presenta a continuación en la figura 3:

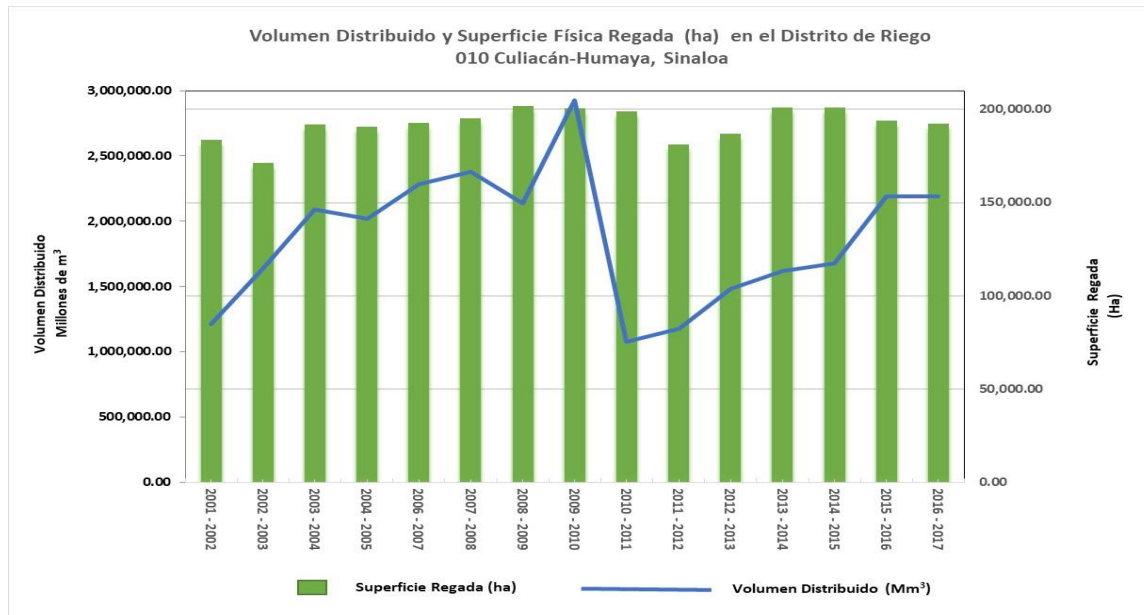


**Figura 3.** Láminas de riego bruta promedio de los últimos 15 y 6 años para el Distrito de riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa. .Fuente CONAGUA Estadísticas Agrícolas.

Los volúmenes de agua para riego distribuidos son en promedio de 1,536.78 Mm<sup>3</sup>, el cual representa un 74.11% del volumen total concesionado a los 12 Asociaciones Civiles de Usuarios de Riego. Cuando se analiza el gráfico anterior con relación al volumen total distribuido por año agrícola se pensaría que la superficie de riego ha disminuido, pero en realidad no hay tal efecto en los resultados de la operación del Distrito. El gráfico siguiente muestra que la superficie establecida en el Distrito es variable con relación al volumen distribuido, ya que mientras que la superficie no varía más del  $\pm 7.5\%$  con relación a la media, el volumen distribuido si varía más del  $\pm 55\%$  con relación a la media, esto significa que no hay una congruencia con relación a las láminas de riego brutas, la cual es la relación entre ambos parámetros de análisis. En la práctica esto se logra con la introducción de cédulas de cultivos variables con superficies de baja y alta demanda, considerando sembrar mayor superficie de frijol, garbanzo y cártamo cuando la disponibilidad de volúmenes en las presas es menor restringiendo el maíz, forrajes y hortalizas.

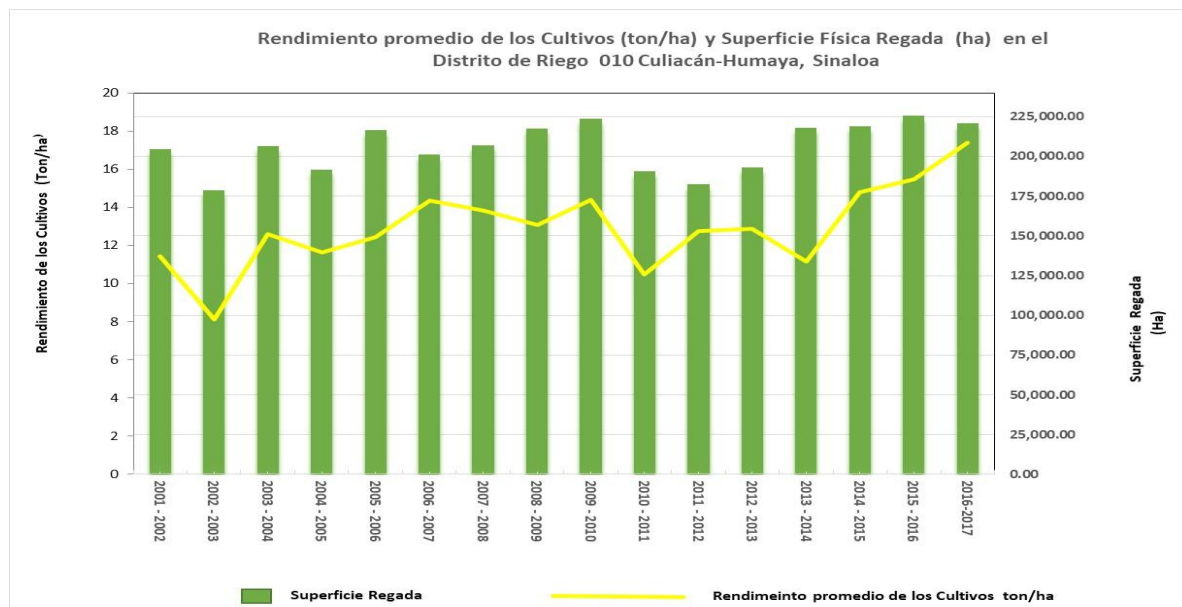
Se puede observar como entre los ciclos agrícolas (2010-2011) al 2011-2012 se sembró prácticamente la misma superficie con una diferencia de aproximadamente el 11% y en cambio, el volumen en el siguiente ciclo fue menor en un 63% con relación al año anterior.





**Figura 4.** Superficie física regada vs Volumen total distribuido en el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa. Fuente CONAGUA Estadísticas Agrícolas de los DR.

Esta disminución en el uso de volúmenes brutos, no ha afectado el rendimiento de los cultivos. Se puede apreciar como a partir del ciclo agrícola, 2011-2012 la relación de la superficie sembrada con respecto al volumen distribuido siempre ha sido con volúmenes muy debajo de los utilizados en años anteriores. El rendimiento promedio a nivel distrito se ha incrementado de 12.76 a 17.4 ton/ha en los últimos seis años, tal y como se muestra en el siguiente gráfico.



**Figura 5.** Superficie física regada vs rendimiento promedio en el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa. Fuente CONAGUA Estadísticas Agrícolas de los DR.

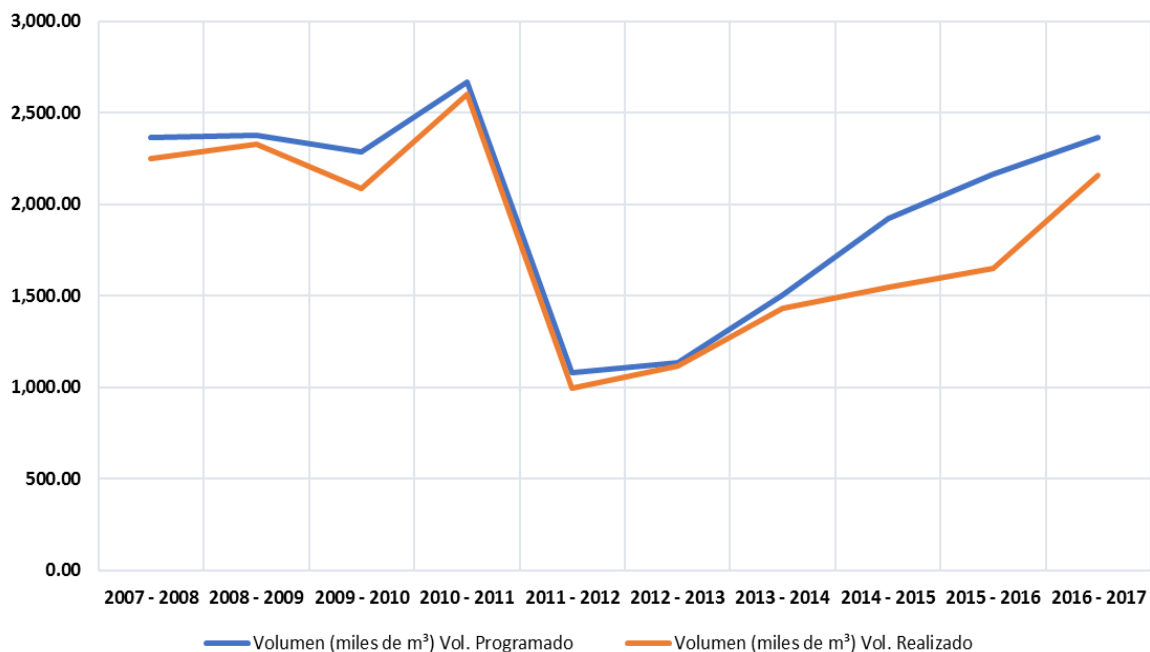


En los últimos diez ciclos agrícolas los volúmenes realizados han sido menores a los programados en el plan de riegos tal y como se observa en la siguiente tabla y grafico de la figura 6.

**Tabla 3.** Volúmenes programados y realizados en los últimos diez ciclos agrícolas en el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa.

Año Agrícola	Volumen (miles de m³)		
	Vol. Programado	Vol. Realizado	Diferencia
2007 - 2008	2,367.41	2,249.83	117.58
2008 - 2009	2,376.14	2,329.94	46.20
2009 - 2010	2,289.04	2,086.60	202.45
2010 - 2011	2,666.56	2,602.40	64.16
2011 - 2012	1,079.66	997.21	82.45
2012 - 2013	1,135.60	1,116.90	18.71
2013 - 2014	1,502.80	1,433.83	68.97
2014 - 2015	1,923.91	1,544.87	379.04
2015 - 2016	2,163.75	1,650.76	512.99
2016 - 2017	2,366.87	2,158.79	208.08

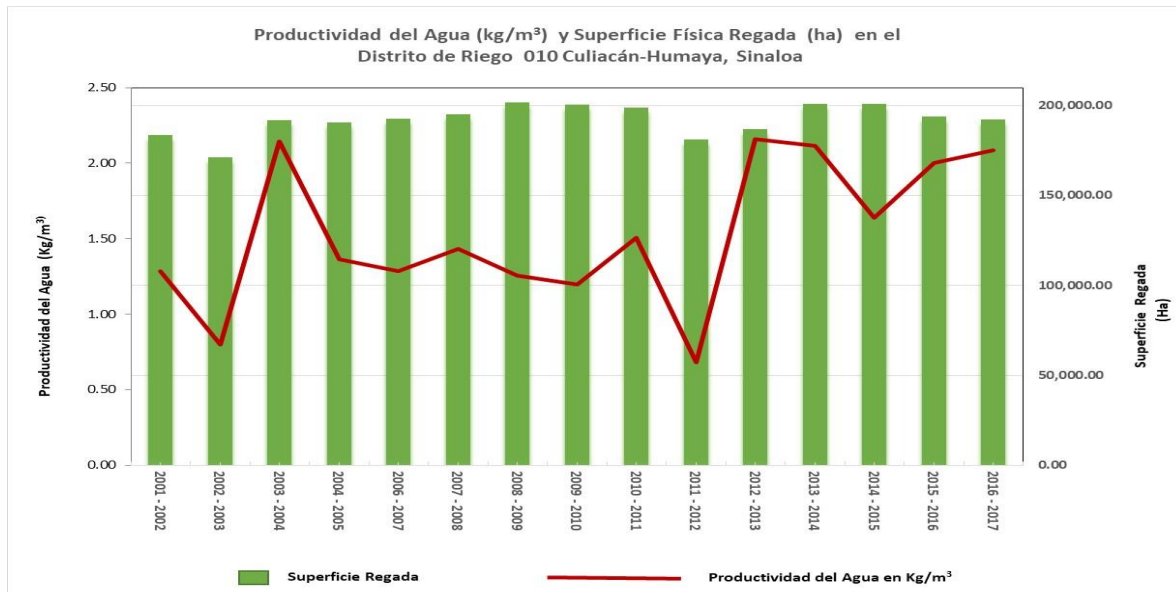
El promedio de los volúmenes programados es de **1,987.17 Mm³**. El promedio de los volúmenes realizados de **1817.11 Mm³**. El volumen total ahorrado en suma es de **1,700.63 Mm³**. Esto es equivalente a dejar **170 Mm³** anuales en el sistema de presas, principalmente en los últimos 6 ciclos, tal y como se observa en el comportamiento los volúmenes ahorrados siguiente:



**Figura 6.** Volúmenes programados y realizados en los últimos diez ciclos agrícolas en el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa.

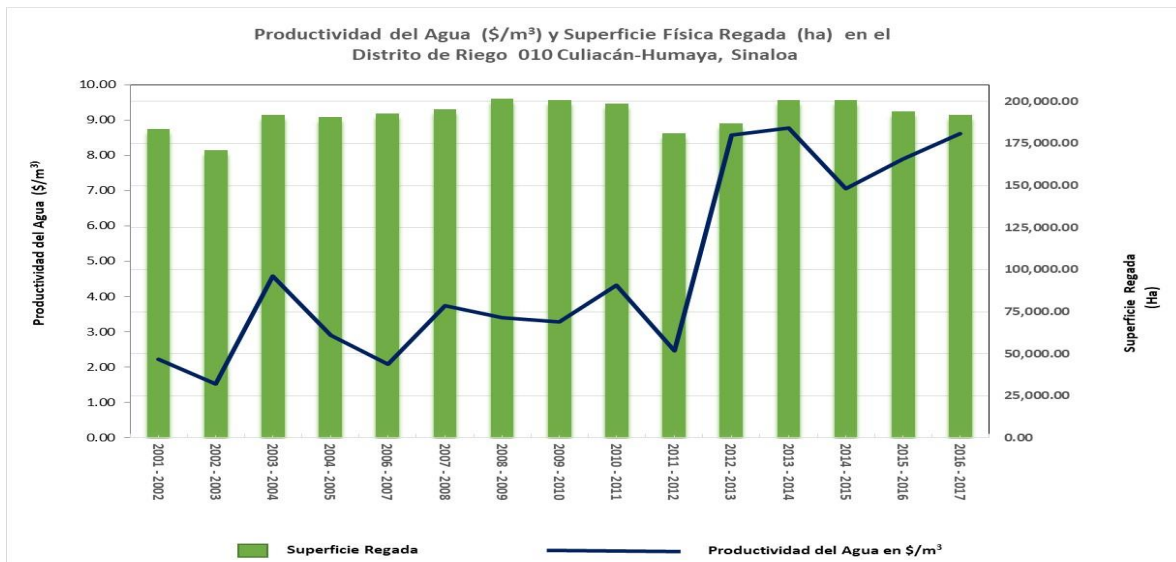


Esto ha permitido incrementar la productividad del agua de 1.3 kg/m<sup>3</sup> histórica hasta antes de (2011), a 1.96 kg/m<sup>3</sup> en el año 2017, lo que representa un incremento del 50.96%. Figura 7.



**Figura 7.** Superficie física regada vs productividad del agua en kg/m<sup>3</sup> en el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa. Fuente CONAGUA Estadísticas Agrícolas de DR.

De igual forma se tiene un incremento de 3.06 \$/m<sup>3</sup> a 8.10 \$/m<sup>3</sup> en la productividad económica del agua lo que representa un incremento del 164%.



**Figura 8.** Superficie física regada vs productividad económica del agua en \$/m<sup>3</sup> en el Distrito de Riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa. Fuente CONAGUA Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego.





## Resultados y Conclusiones

Se presenta un análisis comparativo de la operación del Distrito de riego 010 Culiacán-Humaya, Sinaloa en los últimos seis años, desde el ciclo agrícola (2011-2012) al ciclo (2016-2017), analizando el comportamiento de los volúmenes, gastos, y láminas de riego operadas a nivel Distrito de Riego, con una cédula de cultivos similar en cuanto a la superficie promedio sembrada de 192,163 ha, teniendo al maíz blanco como cultivo predominante.

Las acciones implementadas en el uso eficiente del agua y el mejor aprovechamiento de los volúmenes de agua para riego en todos los niveles del Distrito, han propiciado mejoras en su aprovechamiento, incrementando los indicadores de productividad del agua, sin afectar las superficies sembradas, rendimientos e ingresos de los agricultores.

El promedio de los volúmenes programados a nivel Distrito de Riego ha sido de **1,987.17 Mm<sup>3</sup>**. El promedio de los volúmenes realizados es de **1817.11 Mm<sup>3</sup>**. El volumen total ahorrado en suma es de **1,700.63 Mm<sup>3</sup>**. Esto es equivalente a dejar **170 Mm<sup>3</sup> anuales** en el sistema de presas, ahorrándose prácticamente un ciclo agrícola cada 10 años.

## Referencias Bibliográficas

CONAGUA, Gerencia de Distritos de Riego (2018). *Estadísticas agrícolas de los Distritos de Riego en México Comisión Nacional del Agua (2002-2017)*. Ediciones varias. México D.F.

Moreno A. Sirio. Et al. *Operación del Distrito de Riego 010 en condiciones de contingencia climática*. Memorias del XVI Congreso Nacional de Irrigación. Edición 1ra. Culiacán, Sinaloa.