

## **Huella hídrica del cultivo de cebolla producida en el DR005, Delicias, Chihuahua**

RÍOS-FLORES, José Luis, JACINTO-SOTO, Rodolfo, TORRES-MORENO, Marco Antonio y TORRES-MORENO, Miriam

J. Ríos, R. Jacinto, M. Torres y M. Torres

Universidad Autónoma Chapingo - Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Domicilio Conocido Carretera Gómez Palacio – Chihuahua, Bermejillo, Durango, C.P. 35230  
Innovación Ambiental para la Conservación y Desarrollo Sustentable A.C. Diego Rivera No.1 Int. 203 Unidad ISSSTE  
Texcoco Edo de México  
j.rf2005@hotmail.com

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez R. Salazar (eds.) Ciencias de la Economía y Agronomía. Handbook T-I. -©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

## Abstract

The objective was to determine the water footprint of the onion crop (*Allium cepa* L), irrigated by gravity in Delicias, Chihuahua. The results indicate that the water footprint in physical terms was  $8.68 \text{ kg m}^{-3}$  the agricultural cycle autumn-winter, while in spring-summer cycle were  $4.77 \text{ kg m}^{-3}$ . In economic terms, the onions produced in the autumn-winter cycle was more productive to generate US\$ 689,318 net profit  $\text{hm}^{-3}$  vs. US\$ 639,080 net profit  $\text{hm}^{-3}$  in relation to the spring-summer cycle. The social productivity was 75.23 jobs  $\text{hm}^{-3}$  in autumn-winter cycle vs 45.14 jobs  $\text{hm}^{-3}$  in spring-summer cycle. It is concluded that the efficiency and productivity of onion crop produced in the autumn-winter cycle in both productive and socio-economic terms were high in relation to produce in the spring-summer crop cycle.

## 2 Introducción

La agricultura de riego del país, se ha establecido en su mayor parte en las zonas áridas y semiáridas, por esta razón se ha construido un conjunto de obras hidráulicas para almacenar, y distribuir el agua que requieren los cultivos agrícolas para su producción. Actualmente el reto al que se enfrenta la agricultura consiste en alcanzar mayores índices de eficiencia de los volúmenes derivados, para combatir estratégicamente el peligro creciente, de tener menos disponibilidad en cantidad y calidad de agua para los diferentes sectores (CONAGUA, 2007).

La agricultura en la actualidad se enfrenta a varios retos de sustentabilidad económica y ecológica. En este contexto, las zonas de riego del Noroeste de México, sobre todo las de bombeo, deben hacer un uso más eficiente de los recursos, principalmente hídricos, así como incrementar la productividad de los cultivos (INIFAP, 2004). El análisis de la huella hídrica, es una herramienta orientada a brindar información básica que, siendo analizada en el contexto regional y junto con otros indicadores de relevancia, puede ser de utilidad para los tomadores de decisiones (UN - Water, 2012). Los otros factores a considerar son climáticos, hidrológicos y geográficos, así como los modelos productivos utilizados en las distintas regiones, la evolución demográfica local y los escenarios futuros (Mekonnen y Hoekstra, 2010). De acuerdo con (Mekonnen y Hoekstra, 2011), el cultivo de cebolla en promedio emplea  $272 \text{ m}^3$  de agua de riego para producir una tonelada de producto.

En este sentido Al-Jamal et al., (2000), mencionan que en el cultivo de cebolla generalmente se aplica una cantidad excesiva de agua, debido a que el cultivo tiene raíces superficiales por lo que requiere de irrigación frecuente para alcanzar Buenos rendimientos. Particularmente en el Estado de Chihuahua se menciona que el cultivo de cebolla necesita riegos frecuentes y ligeros. Como la mayoría de las hortalizas, es sensible al déficit hídrico durante todo su ciclo vegetativo, aunque la fase más crítica es la del crecimiento del bulbo. El consumo total de agua en cebolla es de entre 3,500 y 4,500 metros cúbicos por hectárea (SAGARPA, 2015).

Sin embargo, otros autores han determinado que el cultivo de cebolla puede emplear como promedio 6,972 metros cúbicos por hectárea (Salvador *et al.*, 2011).

Ello obligadamente conduce a la necesidad de elevar la productividad y eficiencia agrícolas, maximizando la productividad de cada gota de agua, así como una mejor captación y aprovechamiento de agua de lluvia que pueda contribuir en la reducción de la huella hídrica y de la presión que esta ejerce sobre los recursos hídricos (Hoekstra, 2009; Hoekstra y Chapagain, 2007). El objetivo de este trabajo fue determinar la huella hídrica del cultivo de cebolla producida en el Distrito de Riego 005, Delicias Chihuahua, México, en sus ciclos Otoño-Invierno y Primavera-Verano.

## **2.1 Metodología**

### **2.1.1 Fuentes de información**

Se utilizó la base de datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) del ciclo agrícola 2014, empleándose datos de producción, rendimiento, superficie sembrada y cosechada del cultivo de cebolla en condiciones de riego rodado o de gravedad producida en el Distrito de Riego 005, Delicias Chihuahua. Para este estudio se define como agricultura de riego por gravedad todas aquellas tierras que tienen acceso a fuentes de agua normalmente de lluvia, captada en presas y embalses y posteriormente conducida a la parcela.

La paridad cambiaria peso – dólar norteamericano del Banco de México, se utilizó la cotización del dólar fix interbancario, de las 20:07 horas del día 17 de diciembre de 2015, a razón de \$16.965 pesos mexicanos por dólar norteamericano.

Los datos base permitieron la obtención de las siguientes variables económicas: Rendimiento físico por hectárea ( $\text{ton ha}^{-1}$ ), precios por tonelada en pesos mexicanos, y los costos de producción por hectárea, los cuales consistieron en añadirle a los costos de operación reportados por SAGARPA (cuyos rubros componentes son preparación del suelo, siembra y fertilización, labores culturales, fitosanidad, riego, cosecha y seguro agrícola) costos fijos por depreciación de maquinaria y equipo, renta del suelo y costos financieros. A su vez, las variables anteriores permitieron la obtención de todas y cada una de las demás variables.

Las láminas de riego (LR) recomendadas por el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Aguas-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID-RASPA) institución encargada de generar tecnología agrícola acerca de las necesidades hídricas de los cultivos, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con sede en Gómez Palacio, Durango, México, mediante su programa de software D´RIEGO versión 1.0

El estudio se delimitó al ámbito geográfico del Distrito de Riego 005 Delicias Chihuahua, México, asimismo se delimitó al cultivo de cebolla irrigado con agua subterránea por gravedad (sin desagregar en riegos específicos como cintilla, aspersión, pivote central, etcétera), es importante mencionar que no se desagregó en los dos tipos de tenencia del suelo presentes en México.

## 2.1.2 Localización del área de estudio

El Distrito de Riego 005 Delicias, Chihuahua se localiza en la zona centro-sur del estado de Chihuahua, y tiene como coordenadas geográficas medias los 27°31' a 28° 35 de latitud Norte y los 105° 45' a 105° 00' de longitud Oeste, con una altitud media de 1,600 msnm.

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973), el clima de Delicias, Chihuahua es de tipo árido, semicálido con temperatura media de 18°C y 22° C, con lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal del 5 a 10.2%, con precipitación promedio anual de 284mm y 345mm de evapotranspiración (Figura 2).

**Figura 2** Localización geográfica del Distrito de Riego 005, Delicias Chihuahua



Fuente: Elaboración propia

## 2.1.3 Variables analizadas

Para lograr determinar la huella hídrica del cultivo de cebolla se emplearon índices eficiencia física, expresada en  $\text{kg m}^{-3}$  ( $Y_1$  y  $Y_2$ ), de productividad económica ( $Y_3$  y  $Y_4$ ) y de eficiencia social ( $Y_5$  y  $Y_6$ ).

La variable  $Y_1$ , muestra la relación entre el volumen ( $V$ ) de agua que representa la demanda hídrica del cultivo en una hectárea (en  $\text{m}^3$ ) y el rendimiento físico “RF” por hectárea del cultivo (en kg).

Donde “V” es el producto de 10,000  $\text{m}^2$  por la lámina de riego “LR” (en m) dividida entre el coeficiente de eficiencia de riego “EC (en porcentaje, en base 1, considerando la relación que existe entre el volumen de agua suministrado y volumen de agua realmente aplicado la planta). Se expresa en metros cúbicos de agua empleados en el riego por kilogramo de trigo producido.

$$Y_1 = \frac{V}{\text{RF}} = \frac{10,000 \left( \frac{\text{LR}}{\text{EC}} \right)}{\text{RF}} = 10^4 (\text{LR})(\text{EC})(\text{RF})^{-1} \quad (2)$$

La variable  $Y_2$  aunque es la inversa de la variable  $Y_1$ , tiene connotación diferente, pues expresa los kilogramos de cebolla producidos por metro cúbico de agua irrigada, y se expresa en kilos por metro cubico ( $\text{kg m}^{-3}$ ), o en toneladas por hectómetro ( $\text{ton Hm}^{-3}$ ).

$$Y_2 = \frac{RF}{10,000 \left( \frac{LR}{EC} \right)} = (10^{-4}) RF (LR/EC)^{-1} \quad (2.1)$$

La variable  $Y_3$  muestra la relación entre la cantidad de agua empleada en el riego ( $V$ ) y el ingreso monetario “RM” (en US\$  $\text{ha}^{-1}$ ) que se generó al emplear ese volumen de agua. Donde el numerador de esta ecuación es el mismo numerador de  $Y_1$ , y el denominador, RM es igual al producto de RF por el precio “p” (en US\$  $\text{kg}^{-1}$ ). Se expresa en metros cúbicos por dólar US\$ de ingreso bruto producido por el cultivo.

$$Y_3 = \frac{V}{RM} = \frac{10,000 \frac{LR}{EC}}{RF(p)} = 10^4 \left( \frac{LR}{EC} \right) (RF^{-1})(p^{-1}) \quad (2.2)$$

La variable  $Y_4$ , aunque es la inversa de la variable  $Y_3$  tiene un sentido diferente, ya que expresa la cantidad de ingreso monetario producido por cultivo (en US\$  $\text{m}^{-3}$ ) que fue generado por metro cúbico de agua irrigada.

$$Y_4 = \frac{RM}{V} = \frac{RF(p)}{10,000 \frac{LR}{EC}} = (10^{-4}) RF(p) \left( \frac{LR}{EC} \right)^{-1} \quad (2.3)$$

La variable  $Y_5$  se expresa la utilidad generada en el cultivo multiplicando al rendimiento físico “RF” por el precio por tonelada “ $p_i$ ”, al cual se le resta el costo de producción “C” en relación al costo del agua de riego, como un índice mayor, menor o igual a la unidad, es adimensional. Donde mayor a 1 indica que la utilidad generada por  $\text{m}^3$ , es superior al precio pagado por el agua, y menor a 1 señala que la utilidad generada es inferior al precio pagado por el agua.

$$Y_5 = \frac{RF * p_i - C}{\$ \text{m}^{-3}} \quad (2.4)$$

Como indicador de la importancia social del agua, se generó la variable  $Y_6$ , que mide el número de empleos agrícolas generados por hectómetro cúbico (un millón de metros cúbicos) de agua empleada en el riego. Esta eficiencia social del agua, es propuesta por algunos autores como la relación que existe entre el empleo y el agua consumida, utilizados en la evaluación de la eficiencia del agua (Hussain, Turrall, & Molden, 2007). Donde el numerador es el empleo generado por cultivo y el denominador es el volumen de agua irrigado en hectómetros cúbicos.

$$Y_8 = \frac{J/288}{(10,000) \left( \frac{LR}{EC} \right) / 1000,000} = \frac{25 (J) EC}{72 LR} \quad (2.5)$$

## 2.1.4 Resultados

Superficie, producción, valor de la producción, rentabilidad y consumo de agua en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) el DR005 Delicias, Chihuahua, México.

La Tabla, 2 indica que durante el ciclo agrícola 2014 en el Distrito 005, Delicias Chihuahua se cosecharon un total de 3, 612.50 hectáreas de cebolla irrigada por gravedad, mismas que produjeron un total de 204,734.3 toneladas de cebolla, obteniéndose un rendimiento promedio en la región igual a 56.67 ton ha<sup>-1</sup>, obteniendo un precio de MN\$3, 008 (US\$177.28). A nivel distrital se generó un Valor Bruto de la Producción (VBP) de MN\$615.76 millones de pesos, lo que equivale a US\$36.30 millones de dólares, dividido por ciclos productivos de la siguiente forma:

Ciclo Otoño-Invierno (OI).- Se cosecharon 1,198.70 hectáreas, produciéndose un total de 72,006.1 toneladas de cebolla, con un rendimiento promedio de 60.06 ton ha<sup>-1</sup>, obteniendo un precio promedio de MN\$2,235 (US\$131.76), con lo que se obtuvo un VBP igual a MN\$160.95 millones de pesos, lo que equivale a US\$9.49 millones de dólares (Tabla 2).

Ciclo Primavera-Verano (PV).- Se cosecharon 2,413.8 hectáreas, produciéndose un total de 132,728.2 toneladas de cebolla, con un rendimiento promedio de 54.98 ton ha<sup>-1</sup>, obteniendo un precio promedio de MN\$3,427 (US\$201.98), con lo que se obtuvo un VBP igual a MN\$454.81 millones de pesos, lo que equivale a US\$26.81 millones de dólares (Tabla 2).

**Tabla 2** Superficie cosechada, producción física anual, Valor Bruto de la Producción, precios, rentabilidad, consumo de agua irrigada por gravedad y empleo en la producción de cebolla (*Allium cepa* L.) en el DR-005 Delicias, Chihuahua, México, 2014

Variable macroeconómica	Cebolla PV	Cebolla OI	Cebolla PV+OI	Todos los cultivos del DR005	Cebolla (PV+OI)/DR005
Valor Bruto de la Producción (millones de pesos mexicanos)	\$ 454.81	\$ 160.95	\$ 615.76	\$ 5,580.99	0.110
Valor Bruto de la Producción (US\$ en millones)	\$ 26.81	\$ 9.49	\$ 36.30	\$ 328.97	0.110
Superficie cosechada (ha)	2,413.8	1,198.7	3,612.5	91,249.3	0.040
Producción anual (ton)	132,728.2	72,006.1	204,734.3	4,252,646.5	0.048
Ton/ha	54.988	60.069	56.674	46.605	1.22
Precio (MN\$ ton <sup>-1</sup> )	\$ 3,427	\$ 2,235	\$ 3,008	\$ 1,312	2.29
Precio (US\$ ton <sup>-1</sup> )	\$ 201.98	\$ 131.76	\$ 177.28	\$ 77.36	2.29
Ingreso/ha (MN\$)	\$ 188,421	\$ 134,271	\$ 170,452	\$ 61,162	2.79
Ingreso/ha (en US\$)	\$ 11,106.43	\$ 7,914.56	\$ 10,047.28	\$ 3,605.19	2.79
Costo/ha (MN\$)	\$ 63,320	\$ 53,310	\$ 59,999	\$ 32,389	1.85
Costo/ha (en US\$)	\$ 3,732.41	\$ 3,142.37	\$ 3,536.62	\$ 1,909.18	1.85
Ganancia neta/ha (MN\$)	\$ 125,100	\$ 80,960	\$ 110,453	\$ 28,773	3.84
Ganancia neta/ha (US\$)	\$ 7,374.02	\$ 4,772.19	\$ 6,510.66	\$ 1,696.01	3.84
Relación Beneficio/Costo	2.98	2.52	2.84	1.89	1.50
Número de jornales por ha	150.0	150.0	150.0	47.8	3.14
Kg por jornada	0.3666	0.4005	0.3778	0.9744	0.388

Costo/kg (centavos de US\$ por kg)	\$ 6.8	\$ 5.2	\$ 6.2	\$ 4.1	1.52
Ganancia (US\$) neta /jornada	\$ 49.16	\$ 31.81	\$ 43.40	\$ 35.46	1.22
Lámina de riego	0.75	0.45	0.65	1.19	0.54
Índice de eficiencia de conducción hidráulica	0.65	0.65	0.65	0.65	1.00
Volumen de agua (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	11,538.5	6,923.1	10,007.0	18,382.0	0.54
Volumen de agua usado en toda la superficie cosechada(hm <sup>3</sup> )	27.85	8.30	36.15	1,677.35	0.022
Ganancia monetaria neta regional (millones de US\$)	\$ 17.80	\$ 5.72	\$ 23.52	\$ 154.76	0.152
Total de jornales al año	362,067	179,808	541,875	4,364,285	0.124
Número de empleos permanentes /año	1,257	624	1,882	15,154	0.124
Inversión regional de capital (Millones de US\$)	\$ 9.01	\$ 3.77	\$ 12.78	\$ 174.21	0.073

Fuente: Elaboración propia con base en cifras de la SAGARPA (2014)

Desglosando estas cifras, se observa que a nivel Distrital se generó un VBP igual a MN\$5,580.99 millones de pesos, lo que equivale a US\$328.27 millones de dólares, lo que indica que la producción de cebolla en el Distrito de Riego representa el 11% del valor de la producción. Asimismo la superficie establecida con el cultivo de cebolla representa el 4% de la superficie del Distrito de Riego, y el 4.8% de la producción física del Distrito de Riego.

Asimismo en el Tabla 2, se observa el ingreso por hectárea promedio obtenido en el Distrito de Riego fue de MN\$170, 452 (US\$ 10,047.28 dólares) para el cultivo de cebolla producido en ambos ciclos. Por otro lado, el costo por hectárea en promedio para el Distrito de Riego fue de MN\$59, 999 (US\$ 3,536.62 dólares), por lo que la ganancia neta en promedio Distrital fue de MN\$110,453 (US\$6, 510.66 dólares), lo que promovió que a nivel Distrito en el cultivo de cebolla se tuviera una Relación Beneficio/Costo (RB/C) mayor a la unidad: 2.84, es decir, que en el Distrito Delicias, Chihuahua, la producción de la hortaliza fue rentable, toda vez que por cada \$1 erogado en el costo de producción del cultivo se recuperara ese peso y 1.84 pesos más. Desglosando esas cifras se observa que el ingreso por hectárea en el ciclo Otoño-Invierno fue de MN\$134,271 (US\$7,914.56 dólares), mientras que el costo por hectárea fue de MN\$53,310 (US\$3,142.37 dólares), lo que produjo que la ganancia neta por hectárea se ubicara en MN\$80,960 (US\$4,772.19 dólares), esto finalmente produjo que la Relación Beneficio/Costo (RB/C) fuese igual a 2.52, es decir, que en el Distrito Delicias, Chihuahua, la producción de cebolla en el ciclo Otoño-Invierno fue rentable, toda vez que por cada \$1 erogado en el costo de producción del cultivo se recuperara ese peso y 1.52 pesos más.

Es decir, la producción de cebolla durante el ciclo agrícola Otoño-Invierno fue 17.39% menos rentable que la producción promedio del Distrito.

Por otro lado, en esa misma fuente se observa que el ingreso por hectárea durante el ciclo Primavera-Verano fue de MN\$188,421 (US\$11,106.43 dólares), mientras que el costo por hectárea fue de MN\$63,320 (US\$3,732.41 dólares), lo que produjo que la ganancia neta por hectárea se ubicara en MN\$125,100 (US\$7,374.02 dólares), esto finalmente produjo que la Relación Beneficio/Costo (RB/C) fuese igual a 2.98, es decir, que en el Distrito Delicias, Chihuahua, la producción de cebolla en el ciclo Primavera-Verano fue rentable, toda vez que por cada \$1 erogado en el costo de producción del cultivo se recuperara ese peso y 1.98 pesos más. Es decir, la producción de cebolla durante el ciclo agrícola Otoño-Invierno fue 30.62% más rentable que la producción promedio del Distrito.

En el Tabla 2, se observa que la ganancia monetaria neta regional fue de US\$23.52 millones de dólares, de los cuales US\$17.80 millones provienen de la producción de cebolla en el ciclo PV y US\$5.72 millones de dólares provienen del ciclo OI. Mientras que la inversión de capital que se realizó a nivel Distrital fue de US\$12.78 millones de dólares, de los cuales US\$9.01 provienen de la inversión en el cultivo de cebolla en el ciclo Primavera-Verano y US\$3.77 millones de dólares de la inversión en el cultivo en el ciclo Otoño-Invierno.

A nivel Distrital se invirtió una alta cantidad de jornales por hectárea, 150 jornales en ambos ciclos productivos, lo que indica la importancia social que tiene el cultivo. Desglosando cifras, se observa que en todo el Distrito de Riego se invirtieron un total de 541,875 jornales al año en el cultivo de cebolla (362,067 jornales en el ciclo PV y 179, 808 jornales en el ciclo OI), lo que indica que a nivel Distrito de Riego se generaron un total de 1, 882 empleos permanentes (1, 257 empleos en el ciclo PV y 624 empleos en el ciclo OI).

De acuerdo con el Tabla 2, a nivel Distrital se invirtió una lámina de riego promedio, igual a 0.65cm en el cultivo de cebolla. Observándose que en el ciclo Primavera-Verano, está lámina incrementa hasta 0.75cm, mientras en Otoño-Invierno está lámina desciende hasta los 0.45cm. Mientras que la eficiencia hidráulica para el riego por gravedad se calcula en 65%. Por lo que, de acuerdo con los cálculos el Distrito de Riego 005, Delicias Chihuahua estaría empleando un total de 1,677.35 Millones de metros cúbicos para el riego de todo el Distrito, de los cuales 36.15 Mm<sup>3</sup>, son requeridos por el cultivo de cebolla, es decir; 2.15% de toda el agua empleada en el DR005, es empleada por el cultivo de cebolla.

## **2.2 Estructura de la producción del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L) el DR-005 Delicias, Chihuahua, México**

Los costos de producción por hectárea del cultivo de cebolla producida en el DR005 aparecen en el Tabla 2.1, de allí puede observarse que éstos se descomponen en dos grandes agregados: los costos de operación y otros costos.

Los costos de operación están compuestos por los rubros de preparación del suelo, siembra o plantación, fertilización, labores culturales, riego y drenaje (dentro del cual se considera al subcomponente costo del agua), control de plagas y enfermedades, y la cosecha, y en el segundo grupo de costos están los costos fijos provenientes de la depreciación de maquinaria y equipo así como seguro agrícola, costo financiero (equivalente a la tasa de CETES más ocho puntos porcentuales) y la renta del suelo.

Los costos de producción por hectárea del cultivo, son mostrados en el Tabla 2.1 tanto a nivel total, como en forma desglosada para cada uno de los rubros componentes que conforman en costo de producción del cultivo de cebolla. Asimismo, cada rubro de costo monetario, trae aparejado el costo bajo la forma de trabajo socialmente necesario invertido en cada uno de ellos.

A nivel general, se determinó que el costo promedio regional para producir una hectárea del cultivo de cebolla en riego por gravedad, fue de MN\$49,420 ha<sup>-1</sup> (sin desglosar si la producción se desarrolló en el ciclo OI o PV), distribuyéndose de la siguiente forma: Siembra o plantación 35%, cosecha 17%, fertilización 14%, labores culturales 14%, preparación del terreno 7%, control de plagas y enfermedades 6%, riego y drenaje 3% y costo del agua 3%. En este sentido, es importante mencionar que los recursos hídricos son un motor económico importante en muchas regiones, ya que pueden limitar la producción de alimentos, generación de energía, y las actividades en otros sectores económicos (Sauer *et al.*, 2010). Y es que de acuerdo con Takele y Kallenbach, (2001), los precios del agua son importantes para la mejora de la demanda y de la conservación de este recurso. En ese mismo Tabla, 2, se observa que el rubro que más contribuye a elevar el costo de producción es la siembra o plantación del cultivo. Estos datos coinciden con los publicados por el Plan Rector del Sistema Producto Cebolla, quienes mencionan que los costos de producción se ven seriamente afectados por el origen de la semilla utilizada, ya que la mayor parte de la semilla que se emplea en México es semilla híbrida de importación que se cotiza en dólares y que puede oscilar entre los 200 dólares por kilogramo, mientras que la semilla nacional ronda en los 6 dólares el kg. Adicionalmente otro de los costos representativos es la mano de obra, ya que normalmente se realiza trasplante, y cosecha manual lo que eleva considerablemente los costos de producción.

**Tabla 2.1** Costos de operación y costos de producción por hectárea en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L) producida en Otoño Invierno (OI) y Primavera-Verano (PV) en el DR-005 Delicias, Chihuahua, México, 2014

Variable macroeconómica	Cebolla PV	Cebolla OI	Cebolla PV+OI	Todos los cultivos del DR005	Cebolla (PV+OI)/DR005
a) Costos de operación:					
Preparación del terreno	\$ 3,520	\$ 3,520	3,520.0	\$ 3,658	0.96
Siembra o plantación	\$ 20,503	\$ 11,520	17,521.9	\$ 4,257	4.12
Fertilización	\$ 6,598	\$ 6,930	6,707.8	\$ 4,919	1.36
Labores culturales	\$ 6,905	\$ 6,905	6,905.0	\$ 1,854	3.72
Riego y drenaje	\$ 1,725	\$ 1,725	1,725.0	\$ 2,551	0.68
Costo del agua	\$ 1,600	\$ 1,600	1,600.0	\$ 1,775	0.90
Control de plagas y enfermedades	\$ 2,940	\$ 2,940	2,940.0	\$ 2,935	1.00
Cosecha	\$ 8,500	\$ 8,500	8,500.0	\$ 3,834	2.22
Subtotal costos de operación:	\$ 50,690	\$ 42,040	49,420	\$ 24,008	2.06
b) Otros costos:					
Seguro agrícola	\$ 500	\$ 500	500.0	\$ 536	0.93
Costo financiero (CETES + 2 puntos)	\$ 7,749	\$ 6,389	7,298	\$ 3,280	2.22
Renta del suelo por ciclo	\$ 3,000	\$ 3,000	3,000.0	\$ 3,000	1.00
Subtotal otros costos	\$ 11,249	\$ 9,889	\$ 10,798	\$ 6,816	1.58
Costos de operación más otros costos:	\$ 61,939	\$ 51,929	\$ 60,217	\$ 0,825	1.95

c) Costo por depreciación de maquinaria y equipo	\$ 1,381	\$ 1,381	1,381	\$ 1,565	0.88
Jornales por ha					
Coste total= a + b + c	\$ 63,320	\$ 53,310	\$ 61,599	\$ 32,389	1.90

Fuente: Elaboración propia en base a cifras de SAGARPA (2014)

Particularmente en Delicias, Chihuahua se emplean variedades de cebolla importadas de Estados Unidos, dentro de las cuales se encuentran las siguientes:

### 2.2.1 Fotoperiodo Corto

(10 a 12 horas luz por día). Se siembran en la época conocida como de otoño invierno y se sugieren las siguientes: Early White Grano, H. Early Supreme, Grano Delicias, Mariana, Marquesa, Contessa, Texas Early White, Globo Delicias, temprana.

### 2.2.2 Fotoperiodo Intermedio

(12 A 13 horas luz). Se han evaluado pocas alternativas en este grupo, pero se pueden mencionar las siguientes: Híbrido Alabaster e Híbrido Casper.

### 2.2.3 Fotoperiodo Largo

(Más de 13 horas luz). Evaluaciones preliminares indican que los genotipos: var. Ringmaster, var. Blanco Duro, Híbrido. Sterling, híbrido. Everest, híbrido. Diamond pueden ser buenas opciones.

### 2.2.4 Huella hídrica física, económica y social del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L) en el DR-005 Delicias, Chihuahua, México

La eficiencia del riego física a escala de cuenca puede ser representada como la relación entre el consumo de agua de riego y la producción en biomasa que se generó al emplear esa cantidad de agua, mientras que la eficiencia económica del uso del agua de riego se refiere a los beneficios económicos generados al emplear esa cantidad de agua para la producción agrícola (Cai et al., 2003).

El uso eficiente del agua es uno de los índices más ampliamente empleados en una gran variedad de cultivos en España (García *et al.*, 2013; Lorite et al., 2012; Romero *et al.*, 2006), sin embargo en México existe muy poca información y en algunos cultivos nula información al respecto.

Los indicadores de eficiencia ( $Y_2 = \text{litros kg}^{-1}$ ,  $Y_4 = \text{m}^3 \text{US\$1 ganancia}^{-1}$ ) y productividad ( $Y_1 = \text{kg m}^{-3}$ ,  $Y_3 = \text{US\$ de ganancia hm}^{-3}$ , y  $Y_5 = \text{Empleos hm}^{-3}$ ) del agua usada en el riego mediante los cuales se midió la huella hídrica del cultivo de cebolla irrigada mediante gravedad en el DR005 aparecen en el Tabla 3. De esa fuente, a un nivel general, para todo el DR-005 a nivel de un gran agregado de cultivos, todo el DR-005 en este caso, se observa que el modelo arrojó que:

$$y_1 = \frac{10^4 \sum_{i=1}^n S_i LR_i (EC_i)^{-1}}{\sum_{i=1}^n S_i RF_i} = 394 \text{litros kg}^{-1} \quad (2.6)$$

Lo que indica que en promedio, en todo el DR-005, producir un kg de producto físico implicó el uso de 394 litros de agua de riego, aunque, cuando ese mismo modelo agregado se restringe a solamente al cultivo de cebolla, se observa que en promedio este cultivo requirió de 177 L kg<sup>-1</sup>, sin embargo si se desglosa por ciclo agrícola se observa que en el ciclo agrícola Primavera-Verano se requieren 210 L kg<sup>-1</sup>, mientras en el ciclo agrícola Otoño-Invierno se emplean 115 L kg<sup>-1</sup>. Lo que indica que el cultivo de cebolla producido en el ciclo agrícola Otoño-Invierno emplea el 54.76% del agua que emplea el mismo cultivo en el ciclo Primavera-Verano. Visto desde otro ángulo, a nivel distrital se producen 2.54 kilogramos de producto físico por metro cúbico de agua empleada en el riego. Particularmente en el caso de cebolla se observa que en promedio se produjeron 5.6 kg m<sup>-3</sup>, (4.77 kg m<sup>-3</sup> en el ciclo Primavera-Verano y 8.68 kg m<sup>-3</sup> en el ciclo Otoño-Invierno).

En este sentido (Gonzalez – Robaina *et al.*, 2014), determinaron en el cultivo de cebolla indicadores que oscilaron entre 3.76-16.6 kg m<sup>-3</sup> dependiendo del tipo de riego, lo que estaría indicando que la producción de cebolla producida en OI es 50% menos eficiente que la cebolla de Cuba, ya que está última generó más producto físico por unidad de riego. Por otro lado (Sarkar *et al.*, 2008), encontraron un índice igual a 7.21 kg m<sup>-3</sup> - 13.87 kg m<sup>-3</sup> en cebolla bajo riego por micro aspersión. La determinación de este tipo de indicadores resulta imprescindible, ya que de acuerdo con (Bhagyawant *et al.*, 2015), el agua es el principal factor limitante de la producción de muchos cultivos, dentro de los que se incluye la cebolla en las regiones áridas y semiáridas.

Se determinó que a nivel de todo el DR-005, un hm<sup>3</sup> de agua usado en el riego generó US\$ 92,265 de ganancia, pero, de usarse ese volumen de agua en la producción de cebolla, la ganancia ascendería a US\$650,614 de ganancia neta (US\$639,080 en el ciclo Primavera-Verano y US\$689,318 en el ciclo Otoño-Invierno), es decir, en el riego del cultivo de cebolla 1 hectómetro cúbico de agua (1hm<sup>3</sup>) produjo diferentes ganancias en el mismo cultivo, lo que indica que esa misma cantidad de agua produjo 1.076 veces (US\$689,318/ US\$639,080) más ganancia en cebolla producida en el ciclo Otoño-Invierno en relación a la ganancia producida por el cultivo de cebolla del ciclo Otoño-Invierno.

Sin embargo es importante destacar que a nivel Distrito de Riego, esa cantidad de agua (1hm<sup>3</sup>) generó (US\$650,614/US\$92,265) produjo 7.1 veces más ganancia neta que la que se produjo a nivel promedio, lo que ubica al cultivo de cebolla como uno de los cultivos del Distrito más eficientes y productivos en el empleo del agua de riego (Tabla, 7.2). En este sentido, Garcia *et al.*, (2013) determinaron un índice que oscilo entre 24 - 62 empleos hm<sup>-3</sup> en la producción de hortalizas y frutales, mientras que la producción de cultivos en invernadero generan hasta 190 empleos hm<sup>-3</sup>, mientras que Ríos *et al.*, (2015) determinaron un promedio para cultivos forrajeros en la Comarca Lagunera de 0.048 empleos hm<sup>-3</sup> oscilando de 0.037 empleos hm<sup>-3</sup> en alfalfa y 0.076 empleos hm<sup>-3</sup>.

Visto desde otra perspectiva, se observa que a nivel Distrito de Riego, se requieren 10.84 m<sup>3</sup> de agua para producir US\$1 dólar de ganancia neta, mientras que en el cultivo de cebolla se requiere una inversión de 1.54 m<sup>3</sup> de agua para producir US\$1 dólar de ganancia neta (1.56 m<sup>3</sup> en el ciclo Primavera-Verano y 1.45 m<sup>3</sup> en el ciclo Otoño-Invierno). Lo que indica que el cultivo de cebolla es eficiente en términos económicos en el empleo del agua de riego.

En términos sociales, la huella hídrica mostrada en el Tabla 1.2, señala que a nivel de todo el DR-005, a un hm<sup>3</sup> se le asoció a la generación de 9.03 empleos permanentes, pero el mismo modelo:

$$y_5 = \frac{(25/72) \sum_{i=1}^n S_i J_i}{\sum_{i=1}^n S_i LR_i (EC_i)^{-1}} \quad (2.7)$$

Al desagregarle se observa que el cultivo de cebolla generó 52.05 empleos hm<sup>3</sup> (45.14 empleos hm<sup>3</sup> en el ciclo Primavera-Verano y 75.23 empleos hm<sup>3</sup> en el ciclo Otoño-Invierno), lo que sugiere, que socialmente, el uso del agua en el cultivo de cebolla, es superior a la media regional expresada esa media por todo el DR-005 (52.05 vs 9.03 empleos hm<sup>-3</sup>), al generar 5.76 veces más empleo en relación al promedio regional, lo que indica la importancia social que tiene el cultivo para el Distrito de Riego.

**Tabla 2.2** Huella hídrica física, económica y social del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en el DR005 Delicias, Chihuahua, México

Indicadores de Huella hídrica		Cebolla PV	Cebolla OI	Cebolla PV+OI	Todos los cultivos del DR005	Cebolla (PV+OI)/DR005	DR005/Cebolla (PV+OI)
Física	kg m <sup>-3</sup>	4.77	8.68	5.66	2.54	2.23	0.45
	L kg <sup>-1</sup>	210	115	177	394	0.45	2.23
Económica	US\$ de ganancia neta hm <sup>-3</sup>	\$ 639,080	\$ 689,318	\$ 50,614	\$ 92,265	7.1	0.14
	m <sup>3</sup> de agua por US\$1 de ganancia neta	1.56	1.45	1.54	10.84	0.14	7.05
Social	Empleos hm <sup>-3</sup>	45.14	75.23	52.05	9.03	5.76	0.17
	m <sup>3</sup> de agua irrigada por cada empleo generado	22,154	13,292	19,213	110,688	0.17	5.76

Fuente: Elaboración propia

La variable Y<sub>6</sub> del Tabla 2.3, adimensional, es el resultado de operar el cociente en el que el numerador es la cantidad de agua empleado en el riego (m<sup>3</sup>) y el denominador es la cantidad de empleo generado.

De esa forma se observa que a nivel regional se requirieron un total de 110,688 m<sup>3</sup> para generar 1 empleo agrícola. Desglosando esas cifras en el cultivo de cebolla se requirieron invertir un total de 19, 213 m<sup>3</sup> empleo<sup>-1</sup> (22,154 m<sup>3</sup> empleo<sup>-1</sup> en el ciclo agrícola Primavera-Verano y 13, 292 m<sup>3</sup> empleo<sup>-1</sup> en el ciclo agrícola Otoño-Invierno). Lo que indica que el cultivo de cebolla emplea el 17% de la cantidad de agua que emplea el promedio distrital para generar la misma cantidad de empleo.

### 2.3 Conclusiones

Se concluye que la eficiencia y productividad del cultivo de cebolla producida en el Distrito de Riego 005 en el ciclo agrícola Otoño-Invierno en términos tanto productivos como socioeconómicos fueron altos en relación al cultivo de cebolla producido en el ciclo agrícola Primavera-Verano. Sin embargo, la productividad económica en ambas regiones resultó deficiente al compararla con otras regiones productoras de cebolla. Por lo que en la producción de cebolla deberían promoverse estrategias que pudieran elevar la productividad del agua en la región dentro de las cuales se encuentran; i) incrementar los rendimientos de los cultivos por unidad de agua; ii) reducir todas las pérdidas (i.e drenaje, filtrado y percolación) incluyendo las pérdidas por evaporación; iii) incrementar la eficiencia del riego del agua de lluvia y de los acuíferos, iv) incluso habría que evaluar la posibilidad de que el cultivo se estableciera solamente en el ciclo agrícola Otoño-Invierno y optar por establecer otro cultivo que fuera más eficiente en el ciclo agrícola Primavera-Verano.

### 2.4 Referencias

- Al-Jamal, M. S., Sammis, T. W., Ball, S., & Smeal, D. (2000). Computing the crop water production function for onion. *Agricultural Water Management*, 46(1), 29-41.
- Bhagyawant R. G, Gorantiwar S. D, & Dahiwalkar S. D (2015). Yield Response Factor for Onion (*Allium Cepa L*) Crop Under Deficit Irrigation in Semiarid Tropics of Maharashtra. *Curr Agri Res*, 3(2), 128-136.
- Cai, X., Rosegrant, M. W., & Ringler, C. (2003). Physical and economic efficiency of water use in the river basin: Implications for efficient water management. *Water Resources Research*, 39(1), 1-12.
- CNA. (2007). Comisión Nacional del Agua. Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero 2605 Caborca, Estado de Sonora. CONAGUA, 31p.
- García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. UNAM. México, DF. 246p.
- García, J. G., López, F. C., Usai, D., & Visani, C. (2013). Economic Assesment and Socio-Economic Evaluation of Water Use Efficiency in Artichoke Cultivation. *Open Journal of Accounting*, 2(2), 45-52.
- González Robaina, F., Herrera Puebla, J., López Seijas, T., & Cid Lazo, G. (2014). Productividad del agua en algunos cultivos agrícolas en Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4), 21-27.
- Hoekstra, A. Y. (2009). Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis. *Ecological Economics*, 68(7), 1963-1974.

- Hoekstra, A. Y.; Chapagain, A. K. (2007). Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management*, 21(1), 35-48.
- INIFAP. (2004). El Cultivo de garbanzo blanco en Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo experimental Costa de Hermosillo. Libro Técnico No 6. 290p.
- Lorite, I. J., García-Vila, M., Carmona, M. A., Santos, C., & Soriano, M. A. (2012). Assessment of the irrigation advisory services' recommendations and farmers' irrigation management: a case study in southern Spain. *Water resources management*, 26(8), 2397-2419.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), 1577-1600.
- Mekonnen, M. M.; and Hoekstra, A. Y. 2010. A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14, 1259-1276.
- Plan Rector del Sistema Producto Cebolla (2012). Diagnóstico de la producción de Cebolla en el estado de Chihuahua. Comité Estatal del Sistema Producto Cebolla de Chihuahua A.C. 62p.
- Ríos, F. J. L., Torres, M. M., Castro, F. R., Torres, M. M. A., & Ruiz, T. J. (2015). Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO*, 47(1), 93-107.
- Romero, P., García, J., & Botía, P. (2006). Cost-benefit analysis of a regulated deficit-irrigated almond orchard under subsurface drip irrigation conditions in Southeastern Spain. *Irrigation Science*, 24(3), 175-184.
- SAGARPA. (2015). Agenda Técnica Agrícola de Chihuahua. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D.F. 110p.
- Salvador, R., Martínez-Cob, A., Cavero, J., & Playán, E. (2011). Seasonal on-farm irrigation performance in the Ebro basin (Spain): Crops and irrigation systems. *Agricultural Water Management*, 98(4), 577-587.
- Sarkar, S., Goswami, S. B., Mallick, S., & Nanda, M. K. (2008). Different indices to characterize water use pattern of micro-sprinkler irrigated onion (*Allium cepa* L.). *Agricultural water management*, 95(5), 625-632.
- Sauer, T., Havlík, P., Schneider, U. A., Schmid, E., Kindermann, G., & Obersteiner, M. (2010). Agriculture and resource availability in a changing world: The role of irrigation. *Water Resources Research*, 46(6), 1-12.
- Takele, E., & Kallenbach, R. (2001). Analysis of the Impact of Alfalfa Forage Production under Summer Water- Limiting Circumstances on Productivity, Agricultural and Growers Returns and Plant Stand. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 187(1), 41-46.

UN-Water (2012). The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under uncertainty and risk. World Water Assessment Programed (WWAP). Unesco, Paris, France. 861 p.