



AGUA VIRTUAL DE ARROZ, CAÑA DE AZÚCAR, MAÍZ Y PASTO EN EL SISTEMA DE RIEGO COJEDES-SARARE, ESTADO PORTUGUESA, VENEZUELA

Delgado Anolaima¹, García-Orellana Yelitza², Gutiérrez Belkis³, Herrera Samuel³, y
Torrealba Jenny⁴

¹ Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), Barquisimeto (Venezuela).

³Ejercicio libre ⁴ Universidad Campesina de Venezuela Argimiro Gabaldón
anolaimadelgado@ucla.edu.ve.

ASA/EX-2017-15.

Recibido: 04-07-2017

Aceptado: 12-10-2017

RESUMEN

El agua virtual es un indicador de la productividad del agua, conociéndola se pueden tomar decisiones para su gestión. El estudio se realizó en la zona agrícola irrigada por el Sistema de Riego Cojedes-Sarare que es un sector de parcelas entre 10 a 15 hectáreas, suelos de clase IV y V, donde se siembran arroz, pastos, caña de azúcar y maíz. El agua que proviene del embalse Las Majaguas, presenta problemas de distribución por la infraestructura, canales deteriorados y poco mantenimiento. El objetivo del estudio fue determinar el agua virtual de arroz, caña de azúcar, maíz y pasto del sistema. La metodología fue de campo, con información suministrada por los hidrómetros y encuestas a 83 agricultores. Los resultados evidenciaron la distribución del agua del canal desde noviembre 2012 hasta mayo 2013, fue 15.272.150,00 m³. El arroz en barro batido consume un 63,38% del agua, arroz en siembra directa un 22,16%, en pastos 6,14% y caña de azúcar 8,32%. Los rendimientos de los cultivos fueron aceptables según los promedios nacionales. Entre los cultivos irrigados, el arroz en siembra directa usó menos agua virtual (azul) siendo más productiva y fue mayor la productividad del agua con relación al arroz con barro batido, siendo el más consumidor de agua de todos los cultivos. El pasto y caña de azúcar usaron agua verde y agua azul, y el maíz se sembró en invierno, sólo agua verde (lluvia). La productividad fue mayor en la caña aportando 4,66 Bs m⁻³.

Palabras Clave: Cultivos, sistema de riego, productividad del agua.



VIRTUAL WATER OF RICE, SUGAR CANE, MAIZE AND GRASS IN THE COJEDES-SARARE IRRIGATION SYSTEM, PORTUGUESA STATE, VENEZUELA

ABSTRACT

Virtual water is an indicator of water productivity, knowing it can make decisions for its management. The study was conducted in the agricultural area irrigated by the Cojedes-Sarare Irrigation System, which is a sector of plots between 10 and 15 hectares, class IV and V soils, where rice, pastures, sugarcane and corn are sown. The water that comes from the dam "Las Majaguas", presents distribution problems due to infrastructure, deteriorated channels and little maintenance. The objective of the study was to determine the virtual water of rice, sugarcane, corn and grass of the system. The methodology was field, with information provided by hydrometers and surveys to 83 farmers. The results showed the distribution of water from the canal from November 2012 to May 2013, was 15,272,150.00 m³. The rice in beaten clay consumes 63.38% of the water, rice in direct sowing 22.16%, in grasses 6.14% and cane of sugar 8.32%. The yields of the crops were acceptable according to the national averages. Among the irrigated crops, the direct-seeded rice used less virtual water (blue), being more productive and the water productivity was higher in relation to the rice with beaten clay, being the most water consumer of all the crops. The grass and sugarcane used green water and blue water, and the corn was planted in winter, only green water (rain). Productivity was higher in the sugarcane contributing 4.66 Bs m⁻³

Keywords: Virtual water, water productivity, rice, sugar cane, pasture.



INTRODUCCION

A pesar de la abundancia de recursos hídricos de Venezuela, la producción agrícola ha venido descendiendo, siendo fundamental la incorporación de nuevas áreas de cultivo bajo riego para evitar los riesgos acaecidos por el cambio climático y el fenómeno del niño y de la niña. Es por ello, que el uso eficiente del recurso agua garantizará la productividad agrícola.

El Agua Virtual es un indicador muy importante y útil para determinar la productividad del uso del agua de manera de medir su eficiencia y hacer recomendaciones técnicas en función de los resultados obtenidos. El Agua Virtual, según Sevilla *et al.* (2010), está definida como la cantidad de agua consumida en el proceso de elaboración de un producto, e interviene activamente en el comercio internacional de estos bienes. El Agua Virtual se considera como el agua "contenida" en un producto, entendiendo por tal, no únicamente la cantidad física contenida en el producto, sino la cantidad de agua que ha sido necesaria utilizar para generar dicho

producto. De esta forma, al contabilizar los flujos de agua incluidos en los productos comercializados, indirectamente se están realizando transferencias de agua desde las zonas con ventajas comparativas en la producción de los alimentos basadas en la disponibilidad de recursos hídricos para esa producción, hacia zonas con menor disponibilidad de agua.

En el caso de la agricultura, el cálculo de la huella hídrica consiste, básicamente, en la estimación de la evapotranspiración verde y azul de los cultivos sembrados dentro de la cuenca, para el periodo de tiempo predeterminado para lo cual se requieren: datos climáticos y de precipitación de la cuenca y la distribución de la precipitación. A su vez, el cálculo de la evapotranspiración requiere otros datos climáticos como temperatura, radiación solar, velocidad del viento, entre otros. El uso del suelo en la cuenca: se requiere conocer la distribución de suelos agrícolas en la misma, qué cultivos, en dónde y su área.

Los datos sobre el riego de los cultivos: cuales son, con qué frecuencia y qué cantidad de riego reciben y la fuente de riego (agua superficial,



subterránea), y el tipo de riego (por gravedad, aspersión, goteo) y las características del suelo texturales básicas del suelo.

El cálculo del Agua Virtual según Chapagain y Hoekstra (2004), se realiza de la siguiente manera:

$$\text{agua virtual} = \frac{\text{m}^3 \text{ de agua / superficie del cultivo}}{\text{rendimiento cultivo / ha}}$$

La cuantificación del "agua virtual" desde el punto de vista del productor, tomando en consideración el agua que se usó efectivamente para la elaboración del producto y dependerá del lugar donde se produjo, del momento en que se produjo y de la eficiencia en el uso del agua. Los requerimientos de agua para producir un kilo de granos en un país árido pueden ser tres y cuatro veces mayores que los necesarios para producir lo mismo en un país húmedo.

Otras investigaciones utilizan una diferenciación según la fuente de agua utilizada, llamándola agua verde y agua azul. Según Llamas (2005) el **agua verde** es el que queda empapando el suelo, se llama también agua del suelo o agua de la zona no saturada. Permite la existencia de la vegetación natural (bosques, praderas, matorral, tundra,

entre otros.) así como los cultivos de secano. Esta agua vuelve a evaporarse directamente desde el suelo o por la transpiración de las plantas. Al agua de los ríos, lagos y acuíferos se le conoce como **agua azul**. Es la parte del ciclo hidrológico que los seres humanos han tratado de modificar para su provecho mediante la construcción de estructuras más o menos convencionales, fundamentalmente canales y presas.

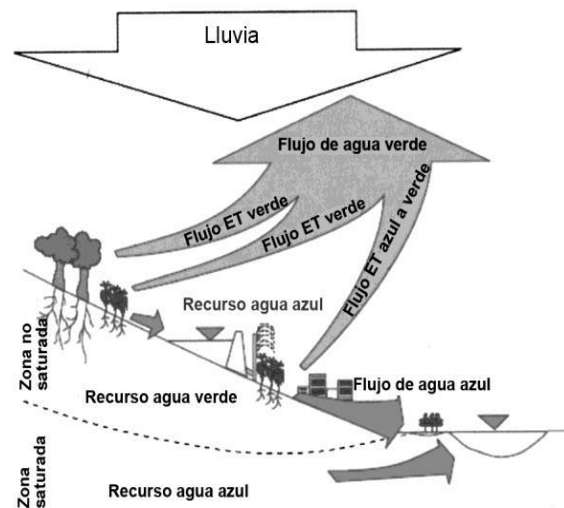


Figura 1. Conceptualización de un enfoque verde-azul ampliado de la planificación y gestión de los recursos hídricos.

Fuente: Falkenmark y Rockström (2006)

El cálculo de agua virtual por colores es reportado por Rodríguez *et al.* (2008), con las siguientes fórmulas: para el régimen de secano se han utilizado únicamente datos



correspondientes al agua verde, obteniendo el contenido de agua virtual verde (m³/kg) al dividir la evapotranspiración de agua verde entre el rendimiento en secano (kg/ha).

Los cultivos bajo riego que consumen agua azul y agua verde. El contenido de agua virtual azul (m³/kg) resulta de dividir la evapotranspiración de agua azul del cultivo entre su rendimiento en regadío (kg/ha).

Otro indicador importante es la productividad del agua bajo riego, que según Gil y otros (2009), se basa en las variables explicativas consideradas, las cuales son:

$$PA = \sum VPR / \sum \text{Agua azul}$$

Donde:

PA = Productividad del agua

Agua azul = agua de riego

VPR = Valor de la producción

$$VPR = \text{Sup} * \text{Rdto} * P$$

Sup = superficie bajo riego al aire libre (por cultivo)

Rdto = el rendimiento del cultivo *j* en el año *t*

P = es el precio anual de cada cultivo.

Los indicadores de productividad pueden ser empleados para determinar la eficiencia del uso del agua en diferentes productos agrícolas, tal es el caso del estado Portuguesa, conocido como el granero de Venezuela, por su producción de cereales como arroz, maíz, sorgo, y otros como caña de azúcar y ganadería.

En este sentido, Cipriani *et al.* (2012) realizaron una caracterización de los productores agrícolas del estado Portuguesa encuestando a una muestra de 630, los resultados fueron: los cultivos más sembrados fueron: el maíz (25%), el arroz (12%), café (12%), sorgo (10%) y caña de azúcar (9%), El otro 32% con bovinos doble propósito, ajonjolí, cambur, pollos de engorde, gallinas ponedoras y cachama. En cuanto a los recursos hídricos, 43% de los productores encuestados indicaron que sus fincas disponían de pozos de agua; 26% tienen caños; 17% con ríos; 8% con lagunas y 3% corresponde a represas.

Los productores encuestados opinaron (ob cit.), en un 67%, que en la época seca (noviembre – abril), la disponibilidad de agua de riego es permanente, un 33% precisó que es



temporal; en cuanto a la cantidad del recurso, 57% indicó ser abundante y para el 43% es escaso. En la época lluviosa (mayo – octubre), 91% de los encuestados indicó la disponibilidad en forma permanente y 9% señaló ser temporal. En cuanto a la cantidad del recurso, 92% señaló es abundante y 8% opina es escasa. Las unidades de producción disponen de agua en la época seca y tienen la ventaja de contar con un buen recurso hídrico, como pozos, caños y ríos, entre otros, lo cual facilita la realización de algunas actividades productivas.

El agua es un recurso muypreciado para la producción agrícola, sin él los cultivos exigentes como arroz, no podrían ser sembrados. Los sistemas de riego en Venezuela contribuyen a aumentar la producción en estos rubros, sobre todo en el verano, cuando se carece de agua proveniente de las lluvias. El Sistema de riego Cojedes – Sarare, cumple esta función, está ubicado en los Municipios San Rafael de Onoto, Agua Blanca y Páez del estado Portuguesa, tiene 50 años en un funcionamiento constante.

Este sistema de riego obtiene el agua desde el embalse "Las Majaguas",

contenida por un conjunto de seis presas de tierras, de una altura máxima de 20 m., con un volumen total de materiales de 3,5 millones de m³. El embalse tiene dos canales alimentadores: el del río Sarare-Las Majaguas, para 20 m³s⁻¹, y el Cojedes, para 70 m³s⁻¹, con sus correspondientes presas de derivación. La capacidad de embalse es de 345 millones de m³, e inunda un área de 4.200 hectáreas. La distribución del agua se realiza por medio de canales primarios, secundarios y terciarios para distribuir el agua de riego a 14.000 ha y a 550 productores agrarios que siembran arroz, caña de azúcar, pastos para ganadería y tomate.

El gasto de agua fue un problema estudiado por Delgado y otros (2015) quienes expusieron que con el fin de hacer un ahorro del agua del embalse se planifica la dotación de riego y un cronograma de cortes a partir del 15 de febrero en el cual se hace entrega del agua de 5 días, y luego se suspende en otros cinco días. Esto trae problemas a aquellos productores de arroz que han sembrado en el mes de enero, pues por la etapa fenológica del cultivo y la tecnología empleada se requiere de inundación para un mejor



rendimiento del cultivo y no logra tener agua hasta final del ciclo del cultivo.

Ante los problemas de agua presentados y la pérdida de la eficiencia del uso del agua de riego de la zona se presenta ésta investigación la cual tuvo como objetivo determinar el agua virtual de productos agrícolas cosechados de las parcelas ubicadas en el canal M7-1 del sistema de riego Cojedes-Sarare, estado Portuguesa, Venezuela para el periodo 2012-2013.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es un trabajo de campo descriptivo-documental de tipo evaluativo, se enmarca dentro de la modalidad de investigación científica, ya que está orientada a proporcionar repuestas a problemas en una determinada realidad.

En relación a la zona bajo estudio, se seleccionaron los productores de arroz que se encuentran irrigados por el sistema de riego Cojedes – Sanare comúnmente conocido como “Las Majaguas” el cual es un sector de parcelas entre 10 a 15 hectáreas, suelos de clase IV y V, donde se siembra arroz, pastos, caña de azúcar y maíz. La distribución del riego se

realiza por el canal piloto M7, el cual presenta una longitud de 4,74 km, del mismo se deriva el canal secundario M7-1 con 8,62 km, el M7-1 A con 10,26 km y el M7-1 A1 con 12,43 km. Su ubicación como se observa en el mapa de la Figura 2, está en el estado Portuguesa, haciendo límite con Cojedes.

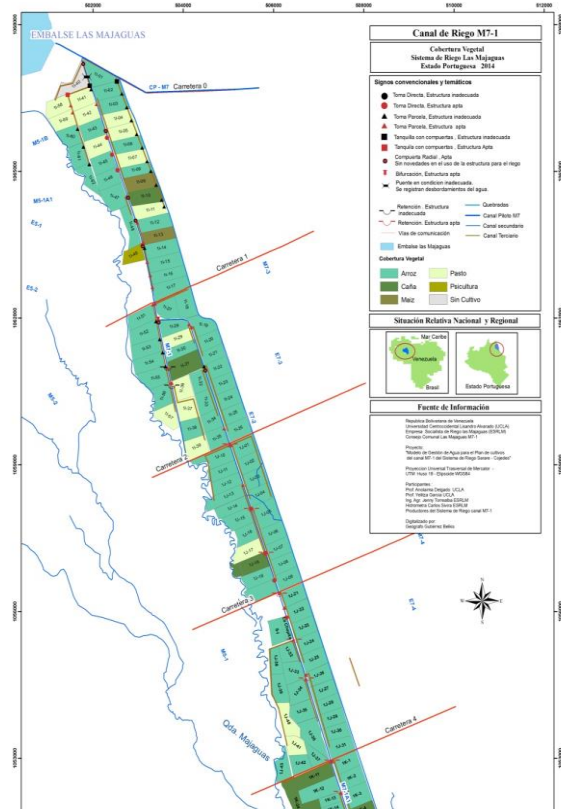


Figura 2. Ubicación de la zona bajo estudio.

Se recopilaron datos provenientes las instituciones vinculadas y de los operadores del sistema de riego, se



realizaron cálculos de productividad del agua en función de la bibliografía para identificar la efectividad del sistema. Por tanto se parte del diagnóstico de la situación del sistema de riego, los recursos hídricos disponibles y la producción.

Diseño de encuesta, para ésta actividad se realizó una encuesta previa que fue discutida por los miembros del equipo, luego fue analizada con dos productores y fue validada por dos profesores de metodología de la investigación. Se llevó a cabo entre abril y mayo del año 2013.

Aplicación de encuestas, se tomó como universo 110 productores pertenecientes al Consejo Comunal regantes del Canal M7-1. Fueron extraídos de la población productores los que no solicitaron agua de riego, no habitan en las parcelas o parcelas abandonadas, quedando el 75,5% del total (83 productores) considerados la nueva población de productores que sembraron en el ciclo 2012-2013 regando por el canal M7-1. Fue aplicada la encuesta desde mayo hasta octubre del 2013.

De la tabulación de los resultados aportados por los productores se realizaron tablas por fincas y con los

promedios de todas las fincas se calcularon los indicadores. Los cálculos de agua virtual por cultivo fueron realizados productor por productor, utilizando cuadros en Excel, partiendo de la información de entrega de agua suministrada por los hidrómetros en cada una de parcelas. El balance hídrico se realizó con el promedio de precipitación proveniente de las Estación Meteorológica las Majaguas y la ETr por cultivos, calculada con el programa CROPWAT (FAO). La información de productividad se presenta a través del promedio de las fincas por cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presenta inicialmente el diagnóstico de la situación de los recursos hídricos para la producción, disponible en la zona bajo estudio, conducente al análisis de las posibles orientaciones que en materia de aumentar la productividad del agua, se puedan presentar.

Según el INDER y otros (2013), en su Informe de Gestión de las Majaguas entre los años 1999-2013, presenta la cual se muestra en el Cuadro 1, la temporada con mayor área regada



(12.115 ha) fue la 2008 – 2009, en esto últimas 14 temporadas, y la mínima (7.020 has) fue 2009-2010. La temporada 2008 – 2009, fue donde hubo mayor extracción de agua del embalse con $263,49 \times 10^6 \text{ m}^3$, a partir del mes de Diciembre hasta marzo se incrementa el gasto. La temporada 2004 – 2005, se realizó la mayor entrega de agua, y la 2009-2010 fue la de menor entrega de agua, para los diferentes cultivos. El área de arroz es predominante en el sistema de riego, al igual que el área de caña de azúcar predomina en ambos sector del sistema de riego, el pasto en las últimas temporadas se ha incrementado, se siembran otros cultivos pero en muy pequeñas áreas como tomate, maíz éste último relevante dentro del sistema en época de secano.

Cuadro 1. Evolución de la superficie de cultivos (ha) y volumen entregado de agua de riego por el sistema

Área Regadas Temporadas		Superficie sembrada Rubro (ha)				VEX	VEN	EF
Años	ha	Arroz	Pasto	Caña de Azúcar	Otros	Bruto (Hm ³)	Neto (Hm ³)	%
1999-2000	9435,5	6018,5	1119	2134,5	164	209,76	130,05	62
2000-2001	11101,5	8090	965	1955,5	91	211,5	131,7	62,3
2001-2002	10882,1	7350,7	906	2556,4	69	255,7	157,51	61,6
2002-2003	10191,8	8214,8	872	1101	4	227,71	139,97	61,5
2003-2004	11948,5	9623,5	474,5	1845,5	5	253,77	164,5	64,8
2004-2005	11687,5	9287,5	415	1971	14	262,39	177,85	67,8
2005-2006	10885,3	8190	406	2255,3	34	233,27	154,94	66,4
2006-2007	9895,5	6733	497	2632,5	33	253,19	167,73	66,3
2007-2008	11725,5	6998	906	3794,5	27	237,18	150,78	63,6
2008-2009	12115	7738	884	3454	39	263,49	165,32	62,7
2009-2010	7020,5	2466,5	1055	3365	134	109,91	75,42	68,6
2010-2011	10466	5591	967	3816	92	168,46	118,72	70,5
2011-2012	11285	6739	638	3881	27	177,81	116,84	65,7
Total (ha)	138640	93040,5	10104	34762,2	733	2864,14	1851,33	64,9
Prom. ha/Año	9902,84	7156,96	777,2	2674,02	56,4	220,32	142,41	

Leyenda: VEX: volumen extraído. VEN: Volumen entregado. EF: eficiencia del sistema de riego.

Fuente: INDER *et al.* (2013).

La zona se caracteriza en general, por la explotación agrícola; pertenece según Holdridge a la zona de Bosque seco tropical, aunque el sector montañoso presenta una vegetación que se asocia al bosque Premontano siempre verde de altura media y medianamente denso, con una altura de 175 msnm.

Las condiciones agroecológicas determinan los rendimientos y los cultivos, pero en zonas bajo riego el comportamiento de la producción y las decisiones del productor son diferentes, en el caso del sistema las condiciones se muestran en el cuadro 2. Donde se evidencia una marcada época de lluvia y de sequía.

Cuadro 2. Precipitación, evaporación y evapotranspiración potencial media mensual y anual, promedio de 1978 al



2004, de la estación climatológica: "Las Majaguas".

Mes	PC (mm)	Ev (mm)	ETP (mm)	ETP/2 (mm)
Enero	4,8	224,4	179,5	89,9
Febrero	6,7	218,2	174,6	87,3
Marzo	10,3	254,6	203,7	101,8
Abril	113,1	193,5	154,8	77,4
Mayo	184,7	152,1	121,7	60,8
Junio	247,0	125,7	100,6	50,3
Julio	303,3	133,4	106,7	53,4
Agosto	236,0	137,8	110,2	55,1
Sept.	155,7	143,7	115,0	57,5
Octubre	140,6	150,4	120,3	60,2
Novie.	76,3	162,5	130,0	65,0
Diciem	39,3	181,8	145,4	72,7
Total	1517,4	2078,1	1662,5	831,4

Leyenda: Pc= Precipitación promedio; Ev= Evaporación promedio; ETP= Evapotranspiración Potencial (ETP= Ev x Kc); Kc= Coeficiente del cultivo. Se estima para pastos y forrajes en la zona de estudio, Kc = 0,80. Capacidad de almacenamiento del suelo (dt)= 100 mm.

Fuente: INDER-OLMECA, (2010).

En el cuadro 3 se puede apreciar el volumen de agua entregado en la temporada 2012-2013, se evidencia que los meses donde hay la mayor demanda de agua son enero y febrero, y el mes de menor volumen es el mes de mayo, esto debido a que el cultivo de arroz se encuentra a final de su ciclo. Es importante resaltar que en el mes donde ocurre la mayor demanda, el mes de enero, la pérdida se cuantifica en un valor de 13.612,37 m³, está a final de su deducir que en los dos primeros meses el gasto de agua es mayor que en resto de la temporada de riego, en el caso del

arroz esto se debe a que se inunda el terreno para realizar la siembra.

Cuadro 3. Volumen entregado en el sistema por meses temporada 2012-2013

Mes	VB (Hm ³)	VN (Hm ³)	VP (Hm ³)
DICIEM.	27.210,50	18.986,20	8.224,30
ENERO	45.374,56	31.762,20	13.612,37
FEBRERO	40.186,53	28.130,57	12.055,96
MARZO	35.064,06	24.544,84	10.519,22
ABRIL	26.433,40	18.503,38	7.930,02
MAYO	1.057,54	740,28	317,26
TOTAL	174.269,05	121.927,19	52.659,13

Leyenda: VB: volumen bruto, VN: volumen neto, VP: volumen perdido

Fuente: Informe anual ESRLM (2013).

Según González y Salazar (2005), el uso de los suelos del área irrigada por el sistema de riego Cojedes- Sarare fueron de cultivos bajo riego como arroz, caña de azúcar, maíz, pasto, tomate y otros.

Estos cultivos desplazaron al sector pecuario originalmente instalados. Los cultivos que representaron la mayor demanda de agua fueron el arroz con una lámina promedio de 1,48 m y la lámina promedio de riego es de 1,58 m. La eficiencia promedio para la operación del sistema es del 60%, siendo la superficie regada total de 11.000 has aproximadamente. Los canales no revestidos están en situación precaria. La totalidad de las compuertas no



funcionan, lo que ocasiona grandes pérdidas de agua.

La pérdida entre el volumen entregado por el embalse y el volumen neto entregado a los productores es de un 62%. La pérdida entre el volumen bruto y el volumen neto es del 30,61%. La diferencia del mes de diciembre a enero es más notable porque esta entrega implica la preparación de los suelos para la siembra del cultivo arroz al cual se le aplica la práctica de batido de barro. Hubo una variación de cota en el mes de marzo 1,84 m ya que este es mes con más sequía y mayor demanda en el sistema. Se observa una diferencia notable entre la entrega de volumen según cotas y la entrega de volumen bruto en el mes de diciembre porque para esta fecha el Ministerio del Ambiente derivó agua hacia el embalse.

En el cuadro 4 se presenta el área definitiva por cultivos incorporado bajo riego en el sistema. El área de arroz aumenta bruscamente de diciembre a enero porque es cuando la gran mayoría de los productores sembró, luego el incremento es ligero representando a los rezagados en la siembra. El área de pasto se incorpora

posteriormente al riego en el primer mes.

Cuadro 4. Área sembrada en el sistema bajo riego por el sistema (2012-2013)

Área sembrada de los cultivos (ha)				
Mes	Arroz	Caña	Pasto	Otros
Diciembre	3.940	833	533	17
Enero	5.448	1.081	771	17
Febrero	5.448	1.967	681	17
Marzo	5.382	3.596	802	15
Abril	3.812	3.869	598	
Mayo	477	70		
Total	5.448	5.593	509	17

Fuente. Informe anual ESRLM (2013).

Para llegar a lo acontecido en la actividad productiva del canal bajo estudio, según el informe mensual de los hidrómetros, la superficie total regada para el mes de Enero del 2013 fue de 4.760 ha, correspondiendo porcentualmente a los cultivos: Arroz 81,68%, Pasto 13,47%, Caña de Azúcar 4,81% y Tomate 0,04%. El volumen extraído al embalse fue de 31.5 millones de m³ y el entregado para riego a las parcelas 22.1 millones de m³.

El área de caña aumenta paulatinamente a medida que se incorporan después de la zafra. Se siembran otros cultivos pero en muy pequeñas áreas de tomate.

La encuesta se aplicó en el periodo de mayo a octubre de 2013, a 81 productores agrarios de 110



(73,64%) que conforman el Consejo Comunal Canal M7-1 y sembraron durante el ciclo 2012-2013. Los datos correspondientes a la tecnología y otras interrogantes de la encuestas fueron procesado en Excel, seguidamente se estimaron los costos de producción de cada cultivo y finca. Los rendimientos de los cultivos fueron calculados tomando el promedio de todas las fincas. El cálculo de la dotación de agua se obtuvo a partir de la información aportada por los hidrómetros y validada por la medición de los canales.

Los cultivos que sembraron fueron arroz bajo dos tecnologías: barro batido (que es la forma tradicional donde inundan el suelo y realizan un pase de cesta), y la siembra directa y caña de azúcar. Además, se tiene ganadería de leche con la siembra de pastos. Para el ciclo de invierno, algunos productores sembraron un segundo ciclo con maíz, con agua de lluvia.

El agua fue usada, además del riego de los cultivos, para controlar malezas por inundación en el arroz, aplicar fertilizantes a través de fertirrigación y pregerminar la semilla.

El manejo del riego fue por

gravedad, lo que permite ahorro en infraestructura de riego y mano de obra, pero causa importantes pérdidas en infiltración y evaporación.

Con relación a las encuestas aplicadas, los resultados son los que a continuación se expresan.

Cuadro 5. Superficie, rendimiento según encuestas y agua de riego.

Cultivo	Superf. sembrada (ha)	Rend. promedio (Kg ha ⁻¹)	Asignación total (m ³)
Arroz BB	595,40	6.163,10	9.679.390,00
Arroz SD	221,00	7.799,10	3.384.630,00
Pastos	161,50	15.000,00	937.530,00
Maíz	92,00	4.783,33	0
Caña de azúcar	127,00	35.800,00	1.270.600,00

Nota: El maíz en su totalidad usa agua de lluvia.

En el cuadro 5, se muestra la asignación total de agua de 15.272.150 m³ la cual corresponde a cultivo de arroz en barro batido un 63,38%, en siembra directa es 22,16%, en pastos 6,14% y caña de azúcar 8,32%, los rendimientos de los cultivos son aceptables si se comparan con los promedios nacionales. El patrón de cultivos sembrados dependen de los recursos disponibles y los asignados de acuerdo a las políticas de financiamiento y estímulo a la producción, adicionalmente a la



planificación realizada por la distribución de agua por medio de la Empresa Socialista de Riego Las Majaguas, que son los responsables de la distribución del agua en las parcelas.

Los cultivos permanentes como la caña de azúcar y pasto para la producción ganadera, los cuales permanecen en el suelo durante todo el año, utilizan agua verde y azul. En cambio el arroz es un cultivo sembrado en norte verano que es el periodo seco, según la distribución de lluvias presentado en el cuadro 2. El maíz es exclusivamente sembrado en época de lluvia.

Cuadro 6. Consumo de agua y productividad del agua.

Cultivo	Indicadores	
	Consumo agua (m ³ ha ⁻¹)	Productividad agua (Bs m ⁻³)
Arroz BB	17.124,47	0,75
Arroz SD	16.561,33	0,99
Maíz	3.500,00	1,60
Pastos	18.706,09	1,75
Caña	27.727,19	4,66

La productividad del agua es el valor de la producción entre el total de agua consumida, para el caso del arroz es sólo el agua azul, en el cuadro 6, se evidencia que la caña de azúcar por ser un cultivo anual consume mayor cantidad de agua. La mayor productividad es 4,66 Bs m⁻³ de la caña

de azúcar, entre las dos tecnologías de arroz la siembra directa es más productiva.

Si se discuten estos datos, se puede considerar la opinión de un informe presentado por INDER-OLMECA (2010) que señala que el mayor uso de la tierra (80%) fue con arroz por inundación, en donde se realizó el batido del suelo para limitar la infiltración y permeabilidad del agua, por medio de la destrucción de la estructura del suelo. Esta práctica ocasiona un fuerte deterioro del suelo por lo que se recomienda sustituirla por programas de labranza conservacionista o labranza mínima en arroz, para rehabilitar los suelos arroceros muy degradados. Con el uso de la caña de azúcar se pueden implementar programas de labranza conservacionista y cosechar la caña verde, para evitar contaminación y efectos que favorecen la destrucción de la capa de ozono y el calentamiento global.

Del cuadro 7, se desprende la diferencia en el uso de agua verde (maíz, pasto y caña de azúcar) y agua azul (arroz en barro batido y en siembra directa) en donde el arroz en barro



batido es el que consume mayor cantidad de agua por tonelada.

Cuadro 7. Agua virtual verde y azul

Cultivo	Indicadores		
	Agua virtual azul (m ³ TM ⁻¹)	Agua verde (m ³ TM ⁻¹)	Agua Virtual Total
Arroz BB	2.935,39		2.935,39
Arroz SD	2.334,61		2.334,61
Pastos	621,08	343,68	964,76
Maíz		988,71	988,71
Caña	371,23	84,72	455,95

El cultivo que usa menos agua virtual es la caña quien adicionalmente para el año en estudio tuvo mayor productividad. La eficiencia del agua en función del agua virtual destaca el caso del maíz que es un agua barata porque proviene de las lluvias y no es necesario el uso de mano de obra para aplicarla, por tanto es considerado el cultivo más eficiente en el uso de agua. Tales resultados coinciden con lo investigado por Delgado y otros (2016) cuando aplicando un modelo de programación lineal para decidir un plan de cultivo óptimo en la zona con el objetivo de minimiza el agua, seguido de un buen margen bruto, el modelo eligió la siembra de maíz, seguido por el arroz y con escasa superficie de caña de azúcar.

Otra característica que influye en la productividad del agua es la época de siembra, los arroceros que siembran tarde padecen las consecuencias de la fenología del cultivo, al iniciar la etapa del llenado del arroz si se coincide con la época de mayor evaporación y con los cortes de riego disminuyen los rendimientos. En relación a la textura del suelo las fincas tienen textura franca, franco arenosa y franco arcillosa en su mayoría, existen fincas con diferentes tipos de suelo por efecto de la macro nivelación que tuvo lugar para aplanar el terreno cuando se configuró el sistema.

Si se compara con otros países de América (figura 2) se evidencia que sólo Honduras tiene más uso agua virtual mayor (3376 m³ TM⁻¹) que en el Canal M7-1, en promedio de las dos tecnologías fue de 2635 m³ TM⁻¹. El maíz sembrado con agua de lluvia es más competitivo en el uso del agua virtual comparado con el resto de los países considerados.

El enfoque convencional de la planificación y gestión de los recursos hídricos está en el agua azul y de esto se encargan los productores agrícolas al usar el agua de riego del sistema. Sin



embargo, el agua azul sólo representa una parte de los recursos reales de agua dulce, por tanto es importante considerar la precipitación y el agua que fluye de vuelta a la atmósfera como flujo de vapor, dominado por el uso consuntivo del agua por la vegetación, como lo aseveran Zárate y otros (2017). Por lo tanto, al analizar la producción de alimentos debemos incorporar una segunda forma de recursos hídricos, el agua de lluvia que se infiltra de modo natural en el suelo y que está camino de regreso a la atmósfera.

En discusión a lo anterior Baldayo y Bolívar (2001) señalaron que este cultivo consume más del 72% del agua disponible para riego. En este aspecto se debe mencionar que más del 22% de esa agua es utilizada para el "batido de barro", sin que esto sea considerado como uso consuntivo del cultivo. Un ahorro de agua por este concepto implicaría la potencialidad de aumentar el área de cultivo en aproximadamente algo más de 18% del área total en cultivos como caña de azúcar y/o hortalizas o tabacos. El agua disponible en el embalse es suficiente para regar un total de aproximadamente 14.000 Ha siempre y cuando se

disponga una eficiencia total en un 45%. De aumentar la eficiencia del sistema a un 55 % se podrían regar hasta unas 15.800 Has. En un escenario optimista de "no batido de barro" y eficiencia del 55% esta cifra se elevaría a unas 18.600 Ha. Para ello implicaría la adopción de nueva tecnología para la siembra de arroz y por otro lado una organización de usuarios de riego que garantice la aplicación de las láminas de riego de una forma justa, oportuna y con principio de equidad.

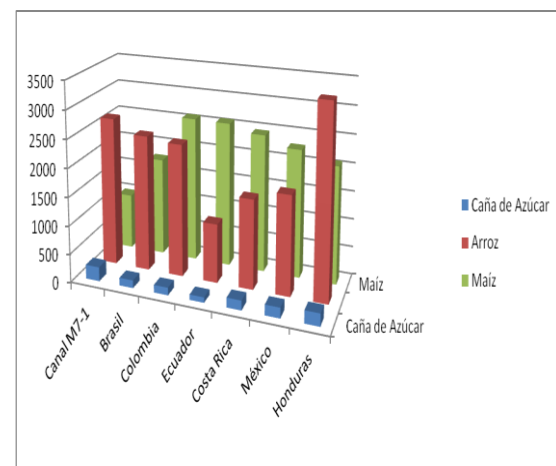


Figura 3. Comparación agua virtual del Canal M7-1 con otros países

Fuente: Mekonnen y Hoekstra (2010).

Encuestas y elaboración propia.

Los cálculos fueron realizados por cada finca y se presenta en el cuadro el promedio de todas las fincas. En los cultivos bajo riego, el arroz en siembra directa usa menos agua virtual y es mayor la productividad del agua con



relación al arroz con barro batido. El pasto y caña usan agua verde y agua azul, y el maíz sólo agua de lluvia.

Un cambio de tecnología de barro batido a siembra directa no ha sido posible porque supone un cambio en las inversiones que actualmente poseen los productores, la tecnología seguida por años y la mano de obra empleada en núcleos de trabajadores por labores como siembra, aplicaciones de productos como fertilizantes, controladores etc. Decisiones que deben ser tomadas por los involucrados, productores y responsables del sistema de riego.

La importancia que tiene el uso eficiente de agua plantea la necesidad de una nueva visión del desarrollo del agua en la agricultura. La dicotomía convencional entre agricultura de regadío y agricultura de secano no es adecuada al abordar el desafío del agua para aumentar la producción de alimentos. La agricultura bajo riego utiliza los excedentes del agua infiltrada que va a las fuentes de agua para regresar como agua de riego (agua azul). Las estrategias clave para modernizar la agricultura de secano

implican inversiones en riego complementario para sortear las rachas secas. En otras palabras, ambos tipos de producción de cultivos implican tanto el agua verde como el agua azul, para satisfacer los requerimientos de agua para los cultivos, aunque en diferentes proporciones. Si el foco en los recursos hídricos se desplaza de la escorrentía a la gestión del agua de lluvia, la justificación de una división sectorial entre agricultura de riego y de secano se desvanece.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El costo del agua azul (agua de riego) debe ser cuantificado, para poder hacer un estimado real de la productividad económica del agua. La producción agrícola en el canal M7-1 se puede considerar competitiva desde el punto de vista del indicador agua virtual.

En la situación de desgaste de la estructura del Sistema de Riego y las cuantiosas pérdidas del recurso agua surge la necesidad de la redefinición de la actividad agrícola en virtud del



aumento de la productividad de este apreciado recurso.

Aumentar la productividad de la tierra en la agricultura de secano mediante la mejora de prácticas agrícolas, aumentando la productividad del agua (ton/m³) y aumentando el uso del agua verde. Estimular el cambio de cultivos que usen en forma más eficiente el agua, mejorar las técnicas de riego, eficientizar la distribución del agua por medio del mantenimiento de los canales de riego. Educar a los involucrados en la gestión eficiente del agua.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto financiado por el FONACIT y CDCHT.

REFERENCIAS

- Baldayo, I. y Bolívar, R. 2001. *Eficiencia de operación del Sistema de Riego Cojedes Sarare. Portuguesa*. Informe Técnico. Ministerio del Ambiente. San Rafael de Onoto. Estado Portuguesa.
- Chapagain A., Hoekstra A. (2004) *Water footprints of nations - Volume 1: Main Report*. November 2004. Value of Water Research Report Series No. 16.
- Cipriani, A.; El Kantar, A.; Lira, L. y Sánchez, Y. (2008). *Caracterización socioeconómica del sector agrícola*

del estado Portuguesa. Maracay, Venezuela, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Gerencia Gestión del Conocimiento. 62 p. (Serie B - N° 15).

Empresa Socialista de Riego Las Majaguas (ESRLM). (2013). *Informe anual 2013*. Material no publicado y mimeografiado.

Delgado, A., García, Y., Gutiérrez, B. y Torrealba, J. 2015. *Plan de acción para la gestión de agua en el canal M7-1 del Sistema de Riego Cojedes-Sarare, estado Portuguesa*. Revista CICAG. 13(1)82-112.

Delgado A., García Y., Gutiérrez B., Torrealba J. y Herrera S. (2016). *Modelo de gestión de agua para el plan de cultivos del canal M7-1 del Sistema de Riego Cojedes-Sarare, estado Portuguesa*. Revista UNELLEZ de Ciencia Tecnología 34: 9-19.

Falkenmark M. y Rockström J. (2006). *El nuevo paradigma del agua azul y verde: Innovando la planificación y gestión de los recursos hídricos*. Journal of Water Resources Planning And Management © Asce / May/June 2006. (Consulta 24-4-2017).

Gil M., Garrido A. y Gómez-Ramos A. (2009). *Análisis de la productividad de la tierra y del agua en el regadío español La economía del agua de riego en España*. Editores: José A. Gómez-Limón, Javier Calatrava, Alberto Garrido, Francisco Javier Sáez, Àngels Xabadia. Edita: Cajamar



Caja Rural, Sociedad Cooperativa de Crédito.

González I. y Salazar D. (2005). *Situación actual del Embalse Las Majaguas, Incorporación del Embalse las Palmas. Estado Portuguesa*. Trabajo Especial de Grado. UCV. 216 p.

Instituto de Desarrollo Rural (INDER), Empresa Socialista de Riego Las Majaguas (ESRM) y Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras. (2014) *Informe de Gestión 1999-2013*.

Llamas M. (2005). *Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos*. Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (España). Vol. 99 N°. 2, pp 369-389.

Mekonnen M. y Hoekstra A. (2010). *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*. Value of Water. Research Report Series No. 47. UNESCO-IHE Institute for Water Education.

INDER - OLMECA (2010). *Estudio para la consolidación del Sistema de Riego Majaguas, municipio San Rafael de Onoto, Edo. Portuguesa*. Venezuela. 681 p.

Rodríguez R., Garrido A., Llamas M. y Varela C. (2008) *La huella hidrológica de la agricultura española*. Papeles de Agua Virtual Edita: Fundación Marcelino Botín. Madrid.

Sevilla, M., Torregrosa T. y Moreno L. (2010) *"Un panorama sobre la economía del agua"*. Estudios de

Economía Aplicada. Vol 28-2. Pag. 265-304.

Zárate E., Fernández A. y Kuiper D. (2017); *Guía metodológica para la evaluación de la huella hídrica en una cuenca hidrográfica*. Unión Europea, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. – San José, Costa Rica.