

# MANEJO DEL AGUA SUBTERRANEA EN EL CULTIVO DE ARROZ. CASO ESTELLER-PORTUGUESA\*

## Groundwater management in the rice culture. Esteller - Portuguesa case

Osiris Parra<sup>1</sup> y José Guerrero<sup>1</sup>

### RESUMEN

Se evaluó el manejo del agua subterránea en el cultivo de arroz en cuatro predios del municipio Esteller estado Portuguesa. La población estuvo constituida por una muestra representativa de predios propiedad de productores particulares de las zonas denominadas: Bucaral, San Pancracio, La Meseta y La Tolvanera. Dentro de las conclusiones del estudio se expone que las condiciones encontradas en la extracción del agua de las fuentes arrojaron una clasificación hidrogeológica de buenos acuíferos, resultando cálculos hidráulicos con rangos de clasificación para acuíferos confinados, la fuente del predio La Meseta presentó una condición de baja recarga en relación a su riesgo de abatimiento. Con el uso del programa CROPWAT, se determinó un requerimiento hídrico (o RAC) y el promedio resultante fue de aproximadamente 672 mm/ciclo. Al comparar las láminas netas aplicadas por los productores con las láminas recomendadas por el programa CROPWAT 8.0, resultó que los productores aplican laminas excesivas, debido a manejos inadecuados sobre todo en la etapa de preparación de suelos (hasta mayores de 200 mm) y mecanizaciones que acarrear además, consecuencias severas a la estructura de los mismos. Este inadecuado manejo empleado en las áreas de estudio origina excesos de agua entre 1022 mm y 1050 mm, durante el ciclo del cultivo, lo que equivale a un gasto o pérdida de agua entre 10.220 m<sup>3</sup>/ha y 10.500 m<sup>3</sup>/ha, desde la preparación de los suelos hasta la cosecha del cultivo del arroz en estos predios.

**Palabras clave:** arroz, acuíferos, láminas de agua, Programa Cropwat, riego.

### ABSTRACT

The management of groundwater in rice cultivation in four farms of the Esteller municipality, Portuguesa state, was evaluated. The population consisted of a representative sample of properties owned by private producers in the areas named: Bucaral, San Pancracio, La Meseta and La Tolvanera. Within the conclusions of the study, it is stated that the conditions found in the extraction of water from the sources yielded a hydrogeological classification of good aquifers, resulting in hydraulic calculations, with classification ranges for confined aquifers, the source of the La Meseta site presented a condition of Low recharge in relation to your risk of dejection. With the use of the CROPWAT program, a water requirement (or RAC) was determined and the resulting average was approximately 672 mm / cycle. When comparing the net sheets applied by the producers with the sheets recommended by the CROPWAT 8.0 program, it turned out that the producers apply excessive sheets, due to improper handling especially in the stage of soil preparation (up to 200 mm) and mechanizations that they also carry severe consequences to their structure. This inadequate management used in the study areas causes excess water between 1022 mm and 1050 mm, during the crop cycle, which is equivalent to an expense or loss of water between 10,220 m<sup>3</sup> / ha and 10,500 m<sup>3</sup> / ha, since preparation from the soils to the harvest of the rice crop in these farms.

**Key words:** rice, aquifers, sheets of water, Cropwat Program, irrigation.

---

(\*) Recibido: 01-08-2019

Aceptado: 20-11-2019

<sup>1</sup>Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350. Po. Venezuela. Correo: [osirisparra3@gmail.com](mailto:osirisparra3@gmail.com).

## INTRODUCCIÓN

El 70 % de la extracción total del agua del planeta es utilizada en la agricultura, con un porcentaje cercano al 85 % cuando se consideran solamente los países en desarrollo (FAO 2015). A medida que mejora el bienestar global, se incrementa la demanda de agua por parte de los sectores o usuarios no agrícolas del recurso. El suministro doméstico de agua, la industria y el propio medio ambiente, están ahora en competencia directa con el sector agropecuario por recursos hídricos cada vez más escasos. Como consecuencia, la competencia por esos recursos hídricos conduce a que el sector agropecuario tenga que revisar y ajustar como corresponde su cuota parte del agua. La comunidad internacional está insistentemente analizando y siguiendo los modelos de consumo del agua en la agricultura y su correspondiente asignación y eficiencia en su uso.

Los aproximadamente 1.260 millones de hectáreas bajo agricultura de secano (correspondientes a un 80 % del total de la tierra cultivada del mundo) suministran el 60 % de la alimentación del mundo, mientras que los 277 millones de hectáreas bajo riego (el restante 20 % de tierra cultivada) contribuyen con el otro 40 % de los suministros de alimentos. En promedio, los rendimientos por unidad de superficie cultivada son 2,3 veces más altos en las áreas regadas que en las áreas de secano. Estos números demuestran que la agricultura bajo riego ha tenido y continuará

teniendo, un papel importante, tanto en la provisión del suministro de los alimentos en todo el mundo y en todas las actividades relacionadas con la misma (FAO 1997).

Los recursos hídricos aprovechables de Venezuela se estiman en el orden de 93 millones de m<sup>3</sup>/año en relación a las aguas superficiales y 22,3 millones de m<sup>3</sup>/año en las aguas subterráneas, que suponen 12 % de los recursos hidráulicos totales renovables (Fundambiente 2006). El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el manejo del agua subterránea en el cultivo de arroz en cuatro predios del municipio Esteller del estado Portuguesa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Geográficamente las áreas de estudio y sus fuentes de agua subterránea correspondientes, se encuentran ubicadas en el municipio Esteller, estado Portuguesa, en las coordenadas UTM (Datum Reg Ven) indicadas en Tabla 1.

En la Figura 1 se señalan los cuatro predios estudiados (Bucarál, San Pancracio, La Meseta y La Tolvanera), se caracterizan por presentar en forma general, un relieve plano, donde se desarrolla la actividad agrícola del cultivo del arroz con manejo intensivo, se obtienen tres ciclos de arroz por año, con un patrón similar en manejo de los recursos aguas y suelos. El trabajo fue desarrollado temporalmente en el periodo de zafra de verano (2016-2017).

**Tabla 1. Ubicación espacial de las unidades de producción estudiadas.**

FINCAS	BUCARAL		SAN PANCRACIO			LA MESETA		LA TOLVANERA	
Coord. UTM	402.879		473.448			474.530		467.162	
Fincas	990.190		1.024.112			1.042.270		1.033.914	
Pozos en uso	1	2	1	2	3	1	2	1	2
Coord. UTM	473.121	473.481	472.494	473.438	473.777	474.516	474.806	467.196	467.131
pozos	1.017.581	1.017.593	1.024.177	1.024.128	1.023.730	1.042.255	1.042.359	1.034.242	1.033.712

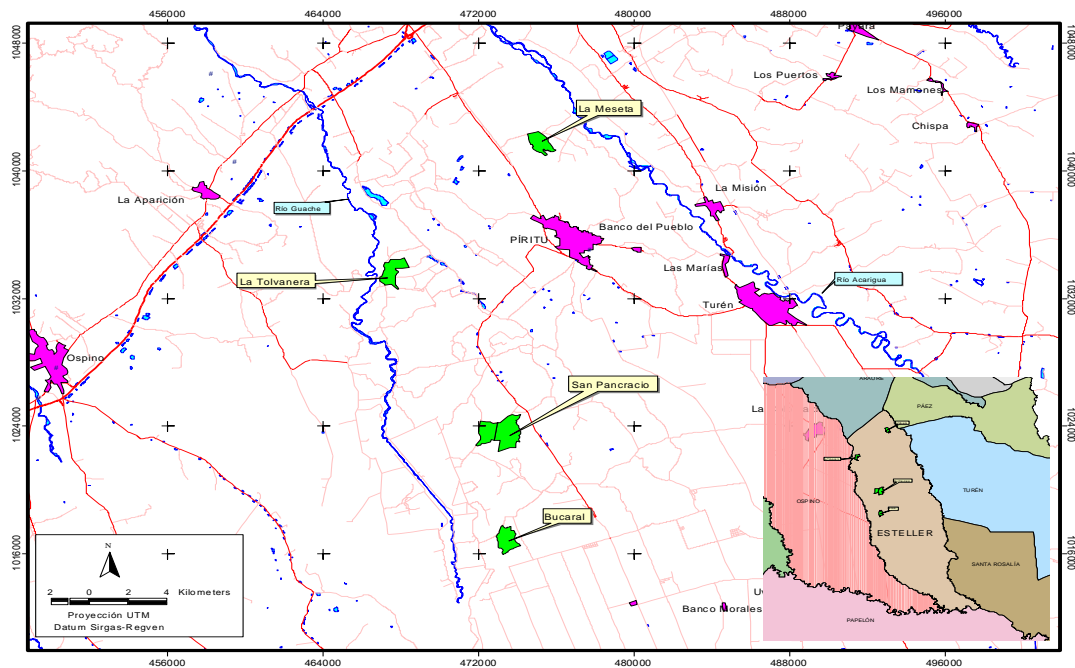


Figura 1. Ubicación relativa del municipio Esteller estado Portuguesa y áreas de estudios.

Se diagnosticaron las condiciones de manejo del agua subterránea en el cultivo, como la extracción, conducción, aplicación del agua a través de riego en lotes, altura de la lámina de agua aplicada, donde:

a).- Se tomó como base la información suministrada en las entrevistas a los productores, sobre el manejo de las láminas de agua aplicadas en las etapas del cultivo.

b).- Se realizaron mediciones de la altura de la lámina de agua aplicada. También se calculó la lámina de agua aplicada con el programa CROPWAT, primero la lámina de retención en el suelo cultivado, que según Álvarez (1987), la humedad aprovechable por las plantas, es igual a capacidad de campo menos el punto de marchitez permanente:  $L_{rm} = (PSCC - PSPMP) \times DA \times PR/100$ , donde:  $L_r$  = Lámina de retención máxima (cm), PSCC = Porcentaje de humedad a capacidad de campo (%), PSPMP = Porcentaje de humedad a punto de marchitez permanente (%), DA = Densidad aparente (adimensional), PR = Profundidad de enraizamiento (cm).

c).- Se consideró el rango de profundidad radicular efectiva máxima en suelos sin restricciones al

crecimiento de las raíces, según la FAO (1990), para el cultivo de arroz varía entre 0,50 y 1 m. Sin embargo, Álvarez (1987) concluyó que el 80 % de las raíces se encuentran en los primeros 0,70 m, por lo tanto se tomó el valor de 0,20 m para el cálculo de la lámina de retención máxima del suelo ( $L_r$ ), así como los valores de  $CC= 35 \%$ ,  $PMP=17 \%$  y  $Da= 1,25$  según Grassi (1976).

d).- A la lámina de retención se le adicionó la altura de la lámina de agua aplicada, además de las pérdidas por evaporación, transpiración, percolación y escorrentía en cada etapa de desarrollo, basado en el uso consuntivo medio de agua del arroz cultivado en zonas tropicales bajas, como la de los llanos occidentales, según Sánchez, citado por Álvarez (1997).

e).- Se calcularon las láminas de pérdidas por evaporación, transpiración, percolación profunda y escorrentía para cada etapa de desarrollo, desde preparación del suelo hasta la etapa final, multiplicando las pérdidas en mm por día, por los días de duración de cada etapa del cultivo. Para el cálculo de las láminas de pérdidas en la etapa final no se tomó en cuenta el uso consuntivo de la etapa de preparación de suelos.  $L_p = \text{Pérdida mm/día (usos consuntivos)} \times \text{días/etapa}$ .

f).- Se obtuvo la lámina bruta aplicada (Lba), al sumar las cantidades de las láminas de pérdidas, las láminas de retención máximas, más las láminas o alturas de las láminas de agua aplicadas en cada etapa del cultivo. **Lb= Altura de lámina +Lrm+ Lp.**

g).- Por último, a partir de la relación de Lba con la eficiencia del método de riego por melgas (70 %), (valor por defecto, se recomienda para sistemas de riego superficiales bien manejados), resultó la lámina neta aplicada.

Igualmente se determinaron los requerimientos hídricos del cultivo arroz, con el uso del programa CROPWAT, se empleó: a).- En el **Módulo Clima/ETo**, para el cálculo de la Evapotranspiración de Referencia por el método **Penman-Monteith**, se introdujo ubicación, datos meteorológicos promedio anual correspondientes al período comprendido entre los años 1998 - 2010, como información de la fuente más cercana a cada área de estudio, (Estación Meteorológica Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA, municipio Turén para los predios Bucaral y San Pancracio y Estación Meteorológica Aeropuerto municipio Araure para los predios La Tolvanera y La Meseta). En el mismo **Módulo Clima** con la información cargada de las estaciones climáticas, se obtuvo la **Precipitación y la Precipitación Efectiva** por el Método: USDA Servicio de Conservación de Suelo, ajustada por CROPWAT. b).- En el **Módulo Suelo**, se cargó nombre del cultivo, fechas de siembra y cosecha, etapas del cultivo de arroz en siembra directa, los datos de duración de cada periodo. c).- Para cargar resultados del parámetro de textura de los suelos de cada predio, en el módulo anterior, se levantó información en campo, mediante un muestreo de suelos aleatorio simple en cada predio, los análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” (UNELLEZ Guanare), técnica de análisis: Bouyoucos. d).- Para calcular el resultado del parámetro AIHS, se empleó el parámetro ADT para el cual se necesitaron valores de CC y PMP (Grassi 1975). e).- Con los datos disponibles fue seleccionado el módulo RAC (requerimientos de agua del cultivo) y se empleó el módulo de programación de riego.

Por último se compararon las cantidades de agua subterránea aplicadas, con los requerimientos hídricos calculados con el programa CROPWAT.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La extracción del agua subterránea, según las condiciones de manejo estudiadas, arrojó que la transmisividad del acuífero de la finca San Pancracio presenta valores mayores a 7.600 m<sup>2</sup>/día, lo que corresponde a un acuífero muy productivo (Villarroya, citado por INGEODESA 2012), debido a su textura y características estructurales o geométricas con pocas diferencias al compararla con las fincas Bucaral y La Meseta, con valores de 6.200 m<sup>2</sup>/día y 7.300 m<sup>2</sup>/día, respectivamente, sin embargo, la finca La tolvanera si presentó amplia diferencia en este valor.  $T = 1 \times 10^2 \text{ m/día} \times 47 \text{ m} = 4.700 \text{ m}^2/\text{día}$ , características que coinciden con los resultados encontrados por Su ah Sor (2006), en la evaluación de la cantidad y la calidad del agua del acuífero de Guanare, donde encontró valores desiguales de transmisividad para diferentes sectores (desde 600 hasta 14000 m<sup>2</sup>/día).

En la Tabla 2 se observa que los coeficientes de almacenamiento del acuífero fueron mayores para las fuentes de San Pancracio y La Tolvanera, con valores cercanos a  $5 \times 10^{-5}$ . En los otros dos acuíferos resultaron valores de  $3,96 \times 10^{-5}$  y  $4,16 \times 10^{-5}$ , lo que corresponde a acuíferos confinados, que según la Global Water Partnership (2013), los valores típicos se encuentran entre 0.00005 y 0.005, mucho menores que la porosidad eficaz de un acuífero libre.

Al evaluar los parámetros de abatimiento y de recarga, se correlaciona que hay más capacidad de recarga que de abatimiento en tres de las cuatro fuentes evaluadas, Bucaral, San Pancracio y destacados valores encontrados de producción en el pozo de La Tolvanera. En La Meseta, la fuente presentó una condición de baja recarga con relación a su riesgo de abatimiento, se puede inferir que el acuífero descienda a futuro en su vida útil.

Ferrara (2007) expone que la fuente primaria de recarga para la mayoría de acuíferos son las precipitaciones, en éstos casos se asume que intervienen como factores importantes de recarga también los ríos adyacentes y los efluentes

infiltrados, provenientes de las inundaciones de los lotes de tierra cultivados en arroz. Afirman que el volumen de recarga de los acuíferos, indica la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo para potenciar las actividades agrícolas en la zona, bajo una planeación eficiente del recurso.

En cuanto a la aplicación del agua de riego en lotes de cultivo de arroz (Tabla 3), se empleó el estudio de la altura de la lámina de agua aplicada en campo, el ciclo se inicia con la preparación del suelo: nivelación, para lo cual se emplea el tractor y las planchas o láminas niveladoras, luego se aplica una lámina de agua promedio de 210 mm de altura, 19 días antes de la siembra. Luego se realiza el fangueo del suelo con tractor y rastra, lo cual es un mal manejo. Álvarez (1997) señala que el fangueo destruye la estructura y la porosidad de los suelos, reduce el intercambio gaseoso entre el suelo y la atmósfera. Dentro de las láminas aplicadas en el cultivo se encuentran las de retención máxima, de pérdidas, lámina bruta y lámina neta para cada una de las etapas del cultivo.

A la lámina de retención, se le adicionó la altura de la lámina de agua aplicada en el cultivo, observada en campo, además de las pérdidas por evaporación, transpiración, percolación y escorrentía en cada etapa de desarrollo, basados en el uso consuntivo de agua en el arroz cultivado en zonas tropicales bajas, como la de los llanos occidentales, según Álvarez (1997).

Según Grassi (1976) las pérdidas por percolación profunda en suelos arcillosos son mínimas, en este caso las fincas Bucaral y San Pancrancio presentan suelos de textura Arcillo Limosa y Franco arcillosa Limosa, La Meseta y La Tolvanera con suelos de textura Arcillosa y Franco Arcillosa, que desde el punto de vista textural, presentan buena retención de humedad y cierto grado de facilidad para la penetración de las raíces. Por igual Monasterio *et al.* (2012), comentan que en un cultivo de arroz con riego se pierde agua por la transpiración de las plantas, por la evaporación en la superficie del agua y por percolación a través del suelo. Las pérdidas por percolación son las más variables y dependen de condiciones del suelo como la textura, la topografía y el nivel freático.

Resultados similares fueron encontrados por Roel (1999) donde el promedio de agua suministrada al arroz para el manejo de la inundación temprana fue de 4691 m<sup>3</sup>/ha y el de la inundación tardía fue de 6220 m<sup>3</sup>/ha. Estas medidas equivalen a 469,1 mm y 622 mm de lámina bruta aplicada por hectárea.

La determinación de los requerimientos hídricos del cultivo (Tabla 4) con el uso del programa CROPWAT, los valores de ETo, ETC y requerimiento de riego, son más elevados para las fincas Bucaral y San Pancrancio, que los de las fincas La Meseta y La Tolvanera, este resultado se semeja en comportamiento, con el de la precipitación que puede ser efectivamente utilizada por las plantas, la cual se obtuvo restando la que se pierde por escorrentía superficial y percolación profunda, asumiendo que las apreciables similitudes entre Bucaral y San Pancrancio así como también entre La Meseta y La Tolvanera, se consideran debido a efectos de precipitación efectiva (diferentes estaciones climáticas) y texturas de los suelos parecidas.

Se obtuvo un requerimiento de riego promedio de 5,60 en cm/día, que se multiplica por 10 para llevarlo a mm y para llevarlo a mm/ciclo se multiplica por los 120 días de duración del ciclo del cultivo, arrojó un requerimiento de 6720 mm/ciclo.

De acuerdo con los resultados de la Lámina neta, obtenidos con el Programa Cropwat (Tabla 5) se recomienda que a inicios del ciclo del cultivo se debe regar con la preparación del suelo 19 días antes de la siembra, con una lámina de agua promedio de 45,40 mm, seguido de la labor de fangueo 4 días antes de siembra, con una lámina máxima de 78,95 mm. Luego entre los 7 y 10 días después de la siembra, mantener una lámina mínima de 100,48 mm y luego mantener una lámina en las etapas de desarrollo mediano y final de 99,07mm.

**Tabla 2. Cálculos hidráulicos. Resultados de los parámetros de productividad.**

Características	Unidad	Bucaral Pozo N°2	San Pancracio Pozo N°2	La Meseta Pozo N°2	La Tolvanera Pozo N°1
<b>Coefficiente de almacenamiento (a)</b>		3,96 x 10 <sup>-5</sup>	5,00 x 10 <sup>-5</sup>	4,16 x 10 <sup>-5</sup>	4,88 x 10 <sup>-5</sup>
<b>Abatimiento (S) (*)</b>	L	8,48	8,2	8,75	10,1
<b>Recarga</b>	L/seg	13	12,56	4,18	167

$$Ca = \frac{1}{Ve+Vb}, \quad S = \frac{Q}{2\pi T} \ln R$$

(\*) Ecuación de Darcy    Ra = Va / t

**Tabla 3. Láminas de agua aplicadas en el arroz por etapas del cultivo.**

	Días/ etapa	Altura de lámina (mm)	Lrm (mm)	Lp (mm)	Lba (mm)	Lna (mm)
<b>Prefangueo</b>	19	21	45	240,00	306,00	214,20
<b>Fangueo</b>	4	21	45	240,00	306,00	214,20
<b>Inicio</b>	12	50	45	120,55	215,55	150,88
<b>Desarrollo</b>	23	85	45	231,05	346,05	244,23
<b>Medio</b>	20	100	45	200,91	345,91	244,14
<b>Final</b>	55	100	45	552,50	697,50	488,25

Lrm: Lámina de retención máxima del suelo. Lp: Lámina de pérdidas (por evaporación, transpiración, percolación profunda y escorrentía).Lba: Lámina bruta aplicada.  
Lna: Lámina neta aplicada.

**Tabla 4. Resultados del Requerimiento de riego con el uso del programa CROPWAT.**

Predios	Eto	Pe	Kci	Kcd	Kcm	Kcfin	ETC	Req riego cm/día
<b>Bucaral</b>	3,97	1057,6	1,1	1,1	1,2	1,05	5,71	6,23
<b>San Pancracio</b>	3,97	1057,6	1,1	1,1	1,2	1,05	5,71	6,37
<b>La Meseta</b>	3,71	1102,7	1,1	1,1	1,2	1,05	4,83	4,60
<b>La Tolvanera</b>	3,71	1102,7	1,1	1,1	1,2	1,05	4,83	5,21
<b>Promedios</b>	<b>3,84</b>	1080,15	1,1	1,1	1,2	<b>1,05</b>	<b>5,26</b>	5,60

**Tabla 5. Resultados de la Lámina neta (mm) según la Programación de riego mediante CROPWAT.**

Día	Etapas	Bucaral	San pancracio	La meseta	La tolvanera	Promedio
-19	Prefangueo	41,4	49,4	41,4	49,4	45,40
-4	Fangueo	71,8	76,25	90	77,75	78,95
7	Inicio	96,6	101,9	103,6	99,8	100,48
32,5	Desarrollo	100,90	98,63	98,4	98,35	99,07
69,25	Medio	100,80	99,83	97,7	100,1	99,61
116,6	Final	101,35	99,6	97,83	100,2	99,75

En la Tabla 6 se observan las láminas obtenidas por CROPWAT, las aplicadas por los productores y los correspondientes excesos (%). En todos los predios y en todas las fases del manejo agronómico del cultivo se aplican láminas excesivas, que oscilan entre 31,34 % (finca La Meseta, fase inicial) y 80,67 % (finca Bucaral y La Meseta, fase prefanguero). En todas las fincas se presentan menores láminas de exceso en la etapa inicial del cultivo (entre 31,34 y 35,98 %) y las mayores láminas excesivas las aplican en la etapa de prefanguero y al final del ciclo del cultivo (alrededor del 79 %). Se comprueba que la duración prolongada o mantenimiento de la inundación (como un método de control de malezas) acarrea grandes volúmenes de agua en exceso aplicado al cultivo.

La lámina de riego bruta representa la lámina de agua (expresada en mm) aplicada al campo. Pero dado que la Eficiencia de riego es usualmente menor al 100 %, solo una fracción de la Lámina de riego bruta, que es la Lámina de riego neta, efectivamente llega a la zona radicular del cultivo. Según la FAO (1990), el agua de riego que llega a la zona radicular, es decir la lámina bruta, no siempre es ventajosamente utilizada por el cultivo. En caso de que la contribución neta de riego lleve el contenido de humedad del suelo a

valores superiores a la Capacidad de Campo, la cantidad de agua por encima de ésta se asume que se perderá por percolación profunda (PP). Este nivel de agua superior a CC se computa como pérdidas de riego.

González y Alonzo (2016) señalaron que el consumo de grandes volúmenes de agua en el cultivo de arroz en Colombia, se asocia directamente a las malas prácticas culturales (MPC) en torno al manejo del agua y a la ineficiencia del riego por gravedad (IRG) y la desnivelación del área cultivable generan erosión, daños en la estructura física y pérdida de suelo agrícola, aumenta el contenido de arenas de poca retención hídrica, inertes desde el punto de vista químico, carentes de propiedades coloidales y de reserva de nutrientes. El exceso de agua inhibe la germinación y el uso de láminas muy altas y tempranas, disminuye el macollamiento y alargan el tallo de las plántulas lo que favorece el volcamiento.

Entonces teniendo en cuenta que las pérdidas de riego no se refieren prácticamente a la diferencia entre la Lámina Bruta y Neta de riego, si no a las calculadas como se realizó en esta investigación, éstas representan la fracción de agua de riego que se aplica en exceso para el cultivo y dependen estrictamente del manejo del agua de riego.

**Tabla 6. Lámina excesiva aplicada por los productores en las áreas de estudio.**

Etapa del cultivo	Finca Bucaral			Finca San Pancracio			Finca La Meseta			Finca La Tolvanera		
	Lámina Cropwat (mm)	Lámina neta Aplicada (mm)	Lámina excesiva (%)	Lámina Cropwat (mm)	Lámina neta Aplicada (mm)	Lámina excesiva (%)	Lámina Cropwat (mm)	Lámina neta Aplicada (mm)	Lámina excesiva (%)	Lámina Cropwat (mm)	Lámina neta Aplicada (mm)	Lámina excesiva (%)
Prefanguero	41,40	214,20	80,67	49,40	214,20	76,94	41,40	214,20	80,67	49,4	214,20	76,94
Fanguero	71,80	214,20	66,48	76,25	214,20	64,40	90,00	214,20	57,98	77,75	214,20	63,70
Inicio	96,60	150,88	35,98	101,90	150,88	32,46	103,60	150,88	31,34	99,80	150,88	33,85
Desarrollo	100,90	242,23	58,35	96,63	242,23	59,28	96,40	242,23	59,38	75,65	242,23	68,77
Medio	100,00	242,14	58,37	99,83	242,14	58,77	97,70	242,14	59,65	98,65	242,14	59,38
Final	101,35	488,25	79,24	99,93	488,25	79,53	97,83	488,25	79,96	78,96	488,25	79,50

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las condiciones encontradas en el manejo de la extracción del agua presenta estrecha relación con la información documentada, confirmando los datos en términos de características como profundidades, bombeo, caudales, niveles estáticos (Ne) y niveles de bombeo (Nb). Se encontró entre éstos mucha similitud, con una clasificación hidrogeológica de buenos acuíferos (según la Permeabilidad) y la finca San Pancracio con una fuente clasificada como un acuífero muy productivo, según su Transmisividad.

Los cálculos hidráulicos permitieron una clasificación de buena productividad, para acuíferos confinados, con altos volúmenes de almacenamiento y saturación, excepto la fuente del predio La Meseta que presentó una condición de baja recarga en relación a su riesgo de abatimiento. Sobre la base de estos hallazgos, resulta razonable concluir que se trata de pozos correctamente construidos y desarrollados.

Con el uso del programa CROPWAT se determinó que el requerimiento hídrico (ó RAC) promedio fue de aproximadamente 672 mm/ciclo, al comparar láminas netas aplicadas por los productores, se aprecia que éstos aplican laminas excesivas, debido a manejos inadecuados, principalmente en la etapa de preparación de suelo y fase final de desarrollo del cultivo.

Se recomienda hacer trabajos de investigación con las láminas de riego indicadas por CROPWAT y evaluar los resultados. Recordemos que CROPWAT es un modelo y puede tener inconsistencias, así como fomentar proyectos que rescaten la actualización de la información climática de la región, ya que se carece de esta información fundamental.

## REFERENCIAS

Álvarez, L.1987. Efecto de la aplicación de nitrógeno en dosis únicas y fraccionadas, sobre el rendimiento del arroz. Trabajo de

Ascenso. Vicerrectorado de Producción Agrícola. UNELLEZ. Guanare. 56 p.

Álvarez, L. 1997. Producción de arroz en los Llanos Occidentales de Venezuela. Editorial UNELLEZ. Barinas. 246 p.

Bolinaga, J. 1990. Ingeniería Hidráulica Cálculos de abatimiento de un pozo, Volumen 1. 435 p.

FAO. 1990. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio 56 FAO, serie Riego y Drenaje. 159p [Documento en Línea]. En: [www.fao.org/nr/water/aquastat/countries\\_regions/ven/indexesp.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/ven/indexesp.stm) [octubre de 2014]

FAO. 1997. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. [Documento en línea]. En [http://www.fesrr.uniag.sk/tl\\_files/fesrr/.../U\\_mau\\_proceedings\\_volume.pdf](http://www.fesrr.uniag.sk/tl_files/fesrr/.../U_mau_proceedings_volume.pdf) [noviembre de 2014].

FAO. 2015. AQUASTAT. Informe regional de América y el Caribe. República Bolivariana de Venezuela. [Documento en línea]. En [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries\\_regions/VEN/indexesp.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/VEN/indexesp.stm)[noviembre de 2014].

Ferrara, G, 200. Calidad del recurso hídrico. CIDIAT/ ULA. Mérida, Venezuela. 192 p.

Fundambiente. 2006. Recursos hídricos de Venezuela, 1ra. Edición. Serie de Publicaciones del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente y la Fundación de Educación Ambiental. Caracas. 167 p.

Grassi, C. 1975. Métodos de riego. CIDIAT. Mérida. Venezuela. 240 p.

Grassi, C. 1976. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines



de formulación y diseño de proyectos. CIDIAT. Mérida. Venezuela. 96 p.

Global Water Partnership. 2013. Aguas subterráneas y agricultura de regadío: haciendo una relación beneficiosa más sostenible. [Documento en línea]. En <https://www.gwp.org/Global/ToolBox/Publications/Perspective%20.pdf> [octubre de 2014].

Ingeodesa 2012. Estudio de Impacto Ambiental y Socio Cultural Fincas Bucaral, San Pancracio, La Meseta, La Tolvanera- Píritu Municipio Esteller. Portuguesa. pp. 24-31.

Monasterio, P., Lugo, L. y Álvarez, L. 2012. Desarrollo y producción de arroz (*Oryza sativa* L.) con diferentes profundidades de láminas de agua en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. [Documento en línea]. En: <http://www.bioline.org.br/pdf?cg12014> [enero de 2015].

Roel, A. 1999. Riego en arroz. Manejo eficiente de la inundación Boletín de Divulgación INIA N° 67. 67 P.[Documento en línea]. En: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807160631.pdf> [enero de 2015].

Su Ah Sor, R. 2005. Evaluación de la calidad y cantidad del agua del acuífero de la ciudad de Guanare, estado Portuguesa. Trabajo de Grado. CIDIAT, Mérida. 80 p.