

Universidad Nacional Experimental
de los Llanos Occidentales
"EZEQUIEL ZAMORA"



LA UNIVERSIDAD QUE SIEMBRA

VICERRECTORADO
DE
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
Estado Portuguesa

COORDINACIÓN
ÁREA DE POSTGRADO

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

Autora: Osiris O. Parra O.

Tutor: José A. Guerrero B.

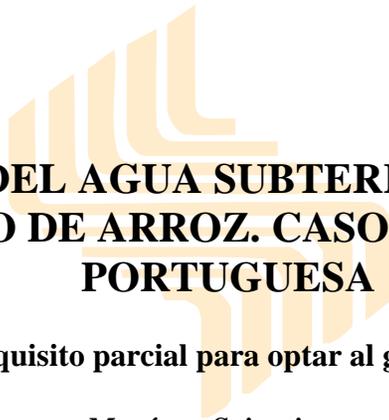
Guanare, Diciembre 2018



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
“EZEQUIEL ZAMORA”**

La universidad que siembra

**Vicerrectorado de Producción Agrícola
Estado Portuguesa
Coordinación de Área de Postgrado
Postgrado en Manejo de los Recursos Agua y Suelos**



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

**Requisito parcial para optar al grado de
*Magíster Scientiarum***

Autora: Osiris O. Parra O
Tutor: José A. Guerrero B.

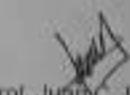
Guanare; Noviembre 2018

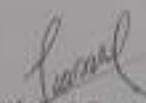
ACTA DE DEFENSA PÚBLICA DE TRABAJO DE GRADO

En la sede del Vicerrectorado de Producción Agrícola de la UNELLEZ-Guanare, a las 11:30 a.m., del día miércoles doce de diciembre de dos mil dieciocho, se reunieron los profesores: José Guerrero, Franco Antonucci y Juan C. Rey, miembros del Jurado Evaluador designado por la Comisión Asesora de Estudios Avanzados Ciencias del Agro y del Mar Vice-Rectorado de Producción Agrícola, según Resolución N° CAEA 084/2018, de fecha 08-05-2018 Acta N° 004/2018 Extraordinaria Punto N° 36, para proceder a emitir el veredicto sobre la defensa pública del Trabajo de Grado titulado: "MANEJO DEL AGUA SUBTERRANEA EN EL CULTIVO DE ARROZ. CASO ESTELLER-PORTUGUESA", desarrollado por la Licenciada Osiris Parra, de nacionalidad venezolana, titular de la cédula de identidad N° V-10.895.016, como requisito parcial para optar al grado académico de **MAGÍSTER SCIENTIARUM en Manejo de los Recursos Agua y Suelo**.

Cumplido el acto de presentación pública, el cual finalizó a las 12:15 a.m., los miembros del Jurado Evaluador resolvieron **APROBAR** el trabajo en su forma y contenido y se le otorga Mención Publicación.


Prof. Franco Antonucci
C.I. 11.837.078
UNELLEZ - Guanare
Miembro Suplente Interno


Prof. Juan C. Rey
C.I. A-7.253.824
INIA-UCV
Miembro Principal Externo


Prof. José Guerrero
C.I. V-8.251.906
UNELLEZ - Guanare
Tutor



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
"EZEQUIEL ZAMORA"



La Universidad que Trabaja

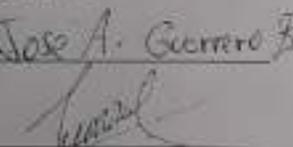
Vicerrectorado de Producción Agrícola
Coordinación de Área de Postgrado
Postgrado en Educación Ambiental

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, José A. Guerrero B., cédula de identidad N° 9.251.966 en mi carácter de tutor del Trabajo Especial de Grado titulado: **MANEJO DEL AGUA SUBTERRANEA EN EL CULTIVO DE ARROZ. CASO ESTELLER-PORTUGUESA**, presentado por la ciudadana: Lcda. Osiris Osuky Parra Ortiz, cédula de identidad N° 10.895.016, para optar al título de: **Magister Scientiarum en Manejo de Agua y Suelo**, por medio de la presente certifico que he leído el Trabajo y considero que reúne las condiciones necesarias para ser defendido y evaluado por el jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Guanare, a los 26 días del mes de Octubre del año 2018.

Nombre y Apellido: José A. Guerrero B.


Firma de Aprobación del tutor

Fecha de entrega: 26/10/2018

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN.....	x
CAPITULO I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Objetivos de la investigación.....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
1.3 Justificación de la investigación.....	6
1.4 Alcances y limitaciones.....	8
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	
2.1 ANTECEDENTES.....	9
2.2 BASES TEÓRICAS.....	13
2.2.1 Aspectos Generales sobre el Cultivo de Arroz y el Riego.....	13
2.2.1.1 Fase de Preparación de los Suelos y Siembra.....	15
2.2.1.2 Fase Vegetativa.....	16
2.2.1.3 Fase Reproductiva.....	16
2.2.1.4 Fase de Maduración.....	16
2.2.2 Manejo del Agua Subterránea en la Producción de Arroz.....	17
2.2.3 Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo.....	17
2.2.4 Requerimientos Hídricos del Cultivo de Arroz, con el uso del Programa CROPWAT.....	19
2.3 BASES CONCEPTUALES.....	20
2.4 BASES LEGALES.....	24
2.5 Sistema de variables.....	28
2.6 Operacionalización de las variables.....	29
CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO	
3.1 Naturaleza de la investigación.....	32
3.2 Tipo y diseño de la investigación.....	32
3.3 Población.....	34
3.4 Muestra.....	34
3.5 Técnica e instrumento para la recolección de datos.....	35
3.6 Validez y confiabilidad.....	36
3.7 ÁREAS DE ESTUDIOS.....	38

3.7.1	Ubicación.....	38
3.7.2	Características Físico Ambientales del Área de Estudio.....	40
3.7.2.1	Relieve.....	40
3.7.2.2	Geomorfología:.....	40
3.7.2.3	Geología.....	40
3.7.2.4	Clima.....	43
3.7.2.5	Hidrografía.....	43
3.7.2.6	Vegetación.....	44
3.8	METODOLOGÍA.....	45
3.8.1	Diagnostico de las condiciones de manejo del agua subterránea en el cultivo de arroz en los predios correspondientes a las áreas de estudios.....	45
3.8.1.1	Extracción.....	45
3.8.1.2	Conducción.....	47
3.8.2	Aplicación del agua a través del riego en los lotes del cultivo.....	47
3.8.2.1	Altura de la lámina de agua aplicada en el cultivo.....	47
3.8.2.2	Lámina de agua aplicada en el cultivo con el programa CROPWAT... ..	47
3.8.3	Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo arroz, en los predios correspondientes a las áreas de estudios, con el uso del programa CROPWAT.	50
3.8.4	Comparación de las cantidades de agua subterránea aplicadas en los predios correspondientes a las áreas de estudios con los requerimientos hídricos calculados para cada uno de los mismos con el programa CROPWAT.....	55

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Condiciones de manejo del agua subterránea en el cultivo de arroz en los predios correspondientes a las áreas de estudios.....	56
4.1.1	Extracción.....	56
4.1.1.1	Cálculos Hidráulicos.....	58
4.1.2	Conducción.....	62
4.1.3	Aplicación del agua a través de riego en lotes de cultivo de arroz.....	64
4.1.3.1	Altura de la lámina de agua aplicada en el cultivo de arroz.....	64
4.1.4	Laminas de agua aplicada en el cultivo de arroz.....	67
4.2	Requerimientos hídricos del cultivo arroz, en los predios correspondientes a las áreas de estudios, con el uso del programa CROPWAT.....	70
4.2.1	Programación de riego para cada área de estudio.....	76
4.3	Interpretación de gráficos de programación de riegos.....	80
4.4	Cantidades de agua subterránea aplicadas en los predios correspondientes a las áreas de estudios vs requerimientos hídricos calculados para cada uno de los mismos con el programa CROPWAT.....	81
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	100

ANEXOS

A. Instrumento de Recolección de Datos.....	108
B. Validez del Instrumento.....	111
C. Prueba de Confiabilidad.....	113
D. Datos climáticos estación Turén.....	117
E. Datos Climáticos estación INIA.....	120
F. Resultados de análisis de suelos.....	123
G. Resumen de resultados Programa CROPWAT.....	148
H. Gráficos de clima.....	115
I. Ubicación de las áreas de estudio.....	156
J. Informe Fotográfico de la Áreas de estudios.....	

LISTA DE TABLAS

pp.

1 Operacionalización de las Variables.....	30
2 Coeficiente de confiabilidad interna: Alfa de Crombach.....	37
3 Ubicación Espacial de las Aéreas de Estudio.....	38
4 Características de los Pozos.....	45
5 Usos consuntivos.....	49
6 Resumen de las propiedades físicas del suelo.....	
7 Información Básica Requerida por el programa CROPWAT.....	
8 Resultados de los Parámetros de productividad.....	
9 Entrevistas a los Productores. Parte I. Información general.....	
10 Entrevistas Aplicadas a los Productores. Parte II.....	
11 Resultados de las láminas de agua aplicadas en el cultivo de arroz.....	
12 Resultados del análisis de Textura a los suelos de las áreas de estudio.....	
14 Resultados del Requerimiento de riego con el uso del programa CROPWAT, para cada área de estudio.....	
15 Resultados de la Programación de riego para cada área de estudio....	
15 Lámina excesiva aplicada por los productores en las áreas de estudio	

LISTA DE FIGURAS O GRÁFICOS

	pp.
Figura 1. Ubicación relativa del municipio Esteller estado Portuguesa y áreas de estudios.	39
Figura 2. Tipos de Textura municipio Esteller estado Portuguesa y áreas de estudios.....	41
Figura 3. Tipos de suelos municipio Esteller estado Portuguesa y áreas de estudios.....	42
Figura 4. Capacidad de uso de suelos municipio Esteller estado Portuguesa y áreas de estudios.....	43
Figura 5. Transmisividad de los pozos de las áreas de estudio.....	57
Figura 6. Coeficiente de almacenamiento de los pozos de las áreas de estudio.....	59
Figura 7. Abatimiento y Recarga de los pozos de las áreas de estudio.	60
Figura 8. Imagen de canales de riego de una de las áreas de estudio	63
Figura 9. Altura de las láminas de agua aplicada en las áreas de estudio durante las etapas fenológicas del cultivo de arroz.....	66
Figura 10. Lámina bruta aplicada en las áreas de estudio durante las etapas fenológicas del cultivo de arroz.....	68
Figura 11. Lámina neta aplicada en las áreas de estudio durante las etapas fenológicas del cultivo de arroz.....	69
Figura 12. Precipitación efectiva para cada área de estudio.....	72
Figura 13. Requerimiento de riego, ETo y ETC, para cada área de estudio.....	73
Figura 14. Requerimiento de riego Predio Bucaral.....	74
Figura 15. Requerimiento de riego Predio San Pancraccio.....	74
Figura 16. Requerimiento de riego Predio La Meseta.....	75
Figura 17. Requerimiento de riego Predio La Tolvanera.....	75
Figura 18. Lámina neta a aplicar por etapa del cultivo arroz para cada área de estudio.....	77
Figura 19. Grafico programación de riego Predio Bucaral.....	78
Figura 20. Grafico programación de riego Predio San Pancraccio.....	78
Figura 21. Grafico programación de riego Predio La Meseta.....	79
Figura 22. Grafico programación de riego Predio La Tolvanera.....	79
Figura 23. Comparación de lámina neta de agua aplicada en cultivo de arroz por los productores y la lámina neta calculada con sistema cropwat 8.0 en la finca Bucaral del municipio Esteller estado Portuguesa.....	83
Figura 24. Comparación de lamina de agua neta aplicada en cultivo de arroz por los productores y la lamina neta calculada con sistema cropwat 8.0 en la finca San Pancraccio del municipio Esteller estado	

Portuguesa.....	83
Figura 25. Comparación de lamina de agua neta aplicada en cultivo de arroz por los productores y la lamina neta calculada con sistema cropwat 8.0 en la finca La Meseta del municipio Esteller estado Portuguesa.....	84
Figura 26. Comparación de lamina de agua neta aplicada en cultivo de arroz por los productores y la lamina neta calculada con sistema cropwat 8.0 en la finca La Tolvanera del municipio Esteller estado Portuguesa.....	84
Figura 27. Laminas excesivas de agua en cada etapa del cultivo aplicadas por los productores al comparar la lamina aplicada con la lamina neta calculada con sistema cropwat 8.0 en fincas de cultivo de Arroz del municipio Esteller estado Portuguesa.....	85
Figura 28. Laminas excesivas totales de agua/ciclo del cultivo de Arroz aplicadas por los productores al comparar la lámina aplicada con la lámina neta calculada con sistema cropwat 8.0 en fincas del municipio Esteller estado Portuguesa.....	85



La Universidad que siembra

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

Autora: Osiris Parra

Tutor: José A. Guerrero B.

Fecha: Noviembre 2018

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general: Evaluar 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 cuatro (4) predios propiedad de productores particulares de las zonas denominadas: Bucaral, San Pancrancio, La Meseta y La Tolvanera, dedicadas al cultivo de arroz. 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 (ó RAC) y el promedio resultante fue de aproximadamente 672 mm/ciclo, comparando láminas netas aplicadas por los productores con las láminas recomendadas por el programa CROPWAT 8.0, resulta que los productores aplican laminas excesivas, esto 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 pérdidas de agua entre 10.220 m³/ha y 10.500 m³/ha en el ciclo desde la preparación de los suelos hasta la cosecha del cultivo del arroz en estos predios.

Palabras claves: Cultivo de Arroz - Manejo del Agua – láminas de agua – Programa Cropwat.

[Escriba texto]

Universidad Nacional Experimental
de los Llanos Occidentales
"EZEQUIEL ZAMORA"



Vicerrectorado de Producción Agrícola
Coordinación de Área de Postgrado
Postgrado Agua y Suelo

La Universidad que siembra

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

Author: Osiris. Parra

Tutor: José A. Guerrero B.

Year: 2018

ABSTRACT

The present research work has as a general objective: To evaluate the management of groundwater in rice cultivation in four farms of the Esteller state of Portuguesa. The population consisted of a representative sample of four (4) properties owned by private producers in the so-called Bucaral, San Pancraccio, La Meseta and La Tolvanera areas, dedicated to the cultivation of rice. Among the conclusions of the study it is exposed 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 property presented a condition of low recharge in relation to your risk of abatement. With the use of the CROPWAT program, a water requirement (or RAC) was determined and the resulting average was approximately 672 mm / cycle, comparing the net sheets applied by the producers with the sheets recommended by the CROPWAT 8.0 program. excessive sheets, this due to inadequate handling especially in the stage of preparation of floors (up to over 200 mm) and mechanizations that also bring severe consequences to the structure of the same. 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 water losses between 10,220 m³ / ha and 10,500 m³ / ha in the cycle from the preparation of the soils until the harvest of the rice cultivation in these lands.

Keywords: Rice Cultivation - Water Management - sheets of water - Cropwat Program.

[Escriba texto]

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, 2008). A medida que mejora el bienestar global, se incrementa la demanda de agua por parte de los sectores o usuarios no agrícolas del recurso agua. 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 el uso.

Según Pineda (2010), datos de organismos Internacionales encargadas en velar por el medio ambiente como la Organización de Agricultura y Alimentos (FAO), en su publicación (1997) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos, demuestran que gran parte del agua consumida en países en vías de desarrollo se dedican a la agricultura especialmente en cultivos intensivos de ciclo corto como el arroz.

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

[Escriba texto]

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, 2008).

En consecuencia, el consumo de grandes volúmenes de agua en el cultivo de arroz se asocia a las malas prácticas culturales. Resaltando, que el problema ambiental ocasionado por el cultivo de arroz está causando un serio agotamiento de los acuíferos y degradación ambiental, a la vez que las prácticas de cultivo ejercen una gran influencia sobre la recarga y calidad del agua subterránea. Destacando la necesidad de implementar tecnologías alternativas que contribuyan al uso eficiente del recurso hídrico.

Los recursos hídricos aprovechables del país se estiman en el orden de 93 millones de m³/año en relación a las aguas superficiales y 22,3 millones de m³/año en relación a las aguas subterráneas, que suponen 12 por ciento de los recursos hidráulicos totales renovables (Fundambiente, 2006)

Siguiendo este orden de ideas, el estado Portuguesa, ubicado en la región de los llanos occidentales venezolanos, se considera como el llamado “Granero de Venezuela” por la gran cantidad de productos que aquí se obtienen. Siendo la agricultura una de las actividades económicas principales del estado, considerando al arroz uno de los cultivos de mayor área sembrada y el de más alta demanda de agua.

Con referencia a lo anterior, el estado Portuguesa específicamente en el caso de los municipios Esteller, Turén y Santa Rosalía, entre otros, ubicados al sur del estado, tienen las condiciones dadas para la producción de cereales gracias a la gran disponibilidad de recursos agua y suelos de elevado potencial y excelente calidad con condiciones especiales tales como la predominancia de relieves con pendientes planas, adecuadas para el desarrollo de cultivos y de procesos agroindustriales consiguientes, ayudando así en el incremento de la producción mediante el empleo de buenas

[Escriba texto]

técnicas de manejos fitosanitarias por parte de los productores, técnicos y organizaciones gremiales sólidas.

En la actualidad existe una enorme preocupación en cuanto al uso eficiente y sustentable del recurso hídrico en el cultivo de arroz, ya que se hace un mal manejo de este recurso; en virtud de esto se realizan grandes esfuerzos para alcanzar los mayores beneficios, a fin de ser más eficientes en la utilización de los mismos, sin olvidarse de la conservación con el fin de mantenerlos en el tiempo. Es por ello que se presenta la siguiente investigación con la finalidad de evaluar el manejo del agua subterránea en el cultivo de arroz en cuatro predios del municipio Esteller estado Portuguesa, Venezuela.

Tomando en consideración, la situación anteriormente descrita, la autora optó por enmarcar la investigación en un trabajo de campo apoyado en una investigación descriptiva, puesto que este tipo de estudio facilita el análisis y describe como suceden los hechos o fenómenos en una espacio ó comunidad en estudio, lo cual permitió alcanzar un nivel prospectivo, es decir, plantear escenarios deseables para futuros posibles. Esta investigación quedo estructurada en cuatro (4) capítulos siguientes:

El Capítulo I: Planteamiento del problema, los objetivos de la investigación: objetivo general y los objetivos específicos, justificación y la línea de la investigación. Seguidamente, el Capítulo II: presenta el Marco Teórico, los antecedentes de la investigación, las bases teóricas, bases legales, definición de términos, el sistema de variables y el cuadro de Operacionalización de las variables. Posteriormente, el Capítulo III: describe la metodología de la investigación, la naturaleza de la investigación, tipo y diseño, población y muestra, técnica e instrumento. El Capítulo IV: Referente al cierre de la investigación con el análisis de los resultados, las Conclusiones y Recomendaciones, seguido de las Referencias Bibliográficas y los Anexos de la investigación.

[Escriba texto]

CAPITULO I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Según Huamanchay (2013), el agua es cada vez más escasa y costosa. El aumento de la población humana y la creación de nuevas industrias, compiten con la disponibilidad del agua para la agricultura. Por otra parte, la deforestación de las cuencas hidrográficas ha ocasionado una disminución de los caudales naturales, todo esto ha impulsado a que se desarrollen cada vez mayores esfuerzos para mejorar el uso del agua de riego en la agricultura. El arroz es un cultivo cuya base productiva conjuga trabajo, tierra y agua. Dada la situación actual de esos recursos en el mundo, ni Asia, ni África parecen dar garantías para producir la totalidad de la demanda mundial de arroz, necesaria para alimentar a más de 7,000 millones de personas, esto considerando que el arroz, provee más de la mitad del alimento diario a una tercera parte de la población mundial.

Es de destacar, que este cereal principal de la canasta alimenticia familiar es el mayor cultivo agrícola irrigado. A diferencia de otros cultivos, expresa (Bhuiyan, 1992) “El arroz es producido bajo condiciones de inundación en extensas regiones del mundo. Por lo tanto, el conocimiento cuantitativo del balance de agua del arrozal es un pre requisito para un eficiente uso del agua” (p, 67) Es por ello, que el autor antes citado resalta que “el manejo del riego en el cultivo de arroz es actualmente altamente ineficiente en el uso del agua”. (p.68).A tales consideraciones el manejo adecuado del agua es crucialmente importante, puesto el arroz deberá ajustarse a la disminución del agua disponible incrementando la eficiencia del uso de la misma.

En el informe regional de la FAO, (2015) sobre América y el Caribe se reporta que en Venezuela la extracción hídrica total nacional para el 2008 alcanzó los 22.6 km³, destacando el sector agrícola con una extracción de 16.7 km³, equivalente al 74 por ciento del total de las extracciones. El país para esas fechas presenta un uso equilibrado de las dos grandes fuentes de agua para riego, 53.7 por ciento del área bajo riego se abastece de ríos, lagunas, sistemas de riego con embalses y 42.7 por ciento de diferentes formas de extracción de aguas subterráneas por pozos profundos privados, comunitarios o manantiales. De los productores con riego solamente alrededor del 3.3 por ciento utiliza más de una fuente para el abastecimiento de agua.

Por otro lado, la producción arrocerá nacional tiene en el riego uno de sus principales insumos y costos según Acevedo, (2004), (aproximadamente 20% del costo total), por lo tanto toda estrategia tendiente a hacer un uso más eficiente del riego tendrá un impacto significativo en el costo del cultivo. En tal sentido, se debe priorizar en la medición efectiva del consumo de agua y en la cantidad de vertimientos (indispensable para controlar su uso), planear, dirigir, entender o emprender acciones de mejora por parte de los usuarios e institucionales.

Álvarez, (1987) acota, que a nivel nacional existe una alta explotación de cultivos bajo riego, principalmente el arroz con alta demanda hídrica, ocurriendo un inadecuado manejo de labores que trae como consecuencia un mal uso del agua, en algunos casos aplicada en forma excesiva durante el riego y en otros manejada en momentos donde ocurre aplicación de agroquímicos cuando el cultivo no la requiere, produciendo excedentes que van a parar en los efluentes fuera del lote de siembra. Por estas razones, las áreas agrícolas a medida que se desarrollan van cambiando gradualmente el patrón de cultivos. Solo perduran aquellos cultivos que permiten un uso más eficiente del agua de riego.

Se extrae de una cita de la Global Water Partnership, (2013), que dice lo siguiente: El arroz, se considera como uno de los cultivos que demanda una mayor cantidad de agua, de 10.000 hasta más de 30.000 m³/ha/cosecha, de acuerdo con la eficiencia en el riego. Ha sido esta la importancia fundamental por la cual se ha ido desplazando el cultivo a regiones donde existe abundante agua disponible para riego y su precio no represente un incremento notable en el costo total del cultivo.

Por lo cual también se debe considerar que los beneficios obtenidos con las nuevas variedades y prácticas no solamente sirvan para compensar el incremento de los costos en el riego, si no que, exista la necesidad de dar una mayor atención a aquellos factores que determinan el uso eficiente del agua, como son el diseño del sistema de riego y los aspectos relacionados estrechamente con éste, tales como el tipo de suelo la topografía y las características geográficas del terreno.

El Municipio Esteller estado Portuguesa, tiene una superficie de 754 Km² que representa el 4,96% del total de estado, cuya extensión es de 15.200 km² y una población de 60.618 de habitantes. Densidad poblacional 53,92 hab/km², según Proyecciones basadas en el Censo 2013, de Población y Vivienda del Instituto Nacional de Estadística, (INE) e Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, (IGVSB).

Su capital es Píritu, y en muchos predios del municipio, la actividad principal es la siembra de Arroz, esta es una forma de producción tecnificada con superficies niveladas, con lotes de terrenos bien diferenciados y sistema de riego por inundación. La fuente de riego está constituida en su mayoría por pozos. El ciclo del cultivo de arroz es de 120 días/año. El gasto mayor en requerimiento de riego lo constituye el período de espigamiento, el cual exige riego permanente por 55 días con una lámina de agua de 10 cm, aproximadamente.

Actualmente se desconoce con certeza la cantidad aproximada de agua subterránea utilizada por siembra y la correlación entre productores de las zonas, es por esta razón que surge el tema del presente trabajo: Manejo del agua subterránea en el cultivo de arroz. Caso Esteller – Portuguesa, para lo cual se prevé realizar una revisión de una serie de elementos que intervienen en el manejo de los recursos agua y suelos, en cuatro (4) predios productores de arroz en este municipio.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, la finalidad de este trabajo es evaluar el manejo del agua subterránea en el cultivo de arroz, obedeciendo a la necesidad de una investigación que genere resultados con datos significativos sobre posibles casos de sobre explotación, manejo inadecuado y lo que ocasiona el uso indiscriminado del recurso agua, que por consiguiente se manifestará algún día en el agotamiento de los acuíferos.

De lo anteriormente expuesto, se establecen unas series de interrogantes, a las cuales se les darán respuestas mediante el planteamiento de los objetivos de la presente investigación:

¿Cuáles son las condiciones de manejo del agua subterránea en el cultivo de arroz en los predios correspondientes a las áreas de estudios?

¿Cuáles son los requerimientos hídricos del cultivo arroz, en los predios correspondientes a las áreas de estudios, con el uso del programa CROPWAT?

¿Se aplica agua subterránea en exceso en los en los predios correspondientes a las áreas de estudio comparado con los requerimientos hídricos calculados para cada uno de los mismos con el programa CROPWAT?

1.2. Objetivos de la investigación.

1.2.1. Objetivo General.

- Evaluar el manejo del agua subterránea en el cultivo de arroz en cuatro predios del municipio Esteller estado Portuguesa.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Diagnosticar las condiciones de manejo del agua subterránea en el cultivo de arroz en los predios correspondientes a las áreas de estudios.
- Determinar los requerimientos hídricos del cultivo arroz, en los predios correspondientes a las áreas de estudios, con el uso del programa CROPWAT.
- Comparar las cantidades de agua subterránea aplicadas en los predios correspondientes a las áreas de estudios con los requerimientos hídricos calculados para cada uno de los mismos con el programa CROPWAT.

1.3. Justificación de la investigación.

El manejo del riego en el cultivo de arroz, en la actualidad es altamente ineficiente según lo expresado por Bernis (2004). Dado el proyectado crecimiento de la producción de arroz para satisfacer a la creciente población mundial, el uso eficiente del agua en este cultivo es crucialmente importante. El arroz debería ajustarse a la disminución del agua disponible, incrementando la eficiencia del uso de la misma.

De acuerdo, a Cañizales (2006), no existe una gestión eficiente de los recursos subterráneos: no tienen un uso controlado ni apropiado para un aprovechamiento sustentable. Además, no existe una base de datos nacional confiable que proporcione el número real de pozos, tipo de uso, características del acuífero, volumen, calidad,

zonas de descarga y recarga, profundidad apropiada para su explotación, variación de la calidad en el tiempo y en relación con la profundidad, así como otros parámetros que proporcionen un seguimiento verdadero a esta fuente tan importante para muchas regiones del país.

Martínez, *et al* (2013), aporta que “las interacciones entre el riego agrícola, el agua superficial y los recursos hídricos subterráneos dependen de la existencia de un diálogo activo entre sectores y una visión integrada para promover una gestión sostenible de aguas y tierras”. Para ello es necesario adoptar medidas concertadas que impulsen el principio de una gestión integrada de estos recursos, que afronte situaciones como el consumo excesivo de agua, los conflictos de uso, el deterioro de los ecosistemas acuáticos, biodiversidad conexas y la creciente amenaza de peligros naturales.

Es por esto, que se considera de importancia la investigación, y en este caso en el municipio Esteller del estado Portuguesa, debido a que en él se siembran grandes áreas bajo sistemas intensivos, explotando los recursos naturales, principalmente: los suelos, los cuerpos de aguas tanto superficiales como subterráneos, que originan contaminación a su vez a otros cursos de aguas por residuos de plaguicidas, y que pueden afectar la biota existente y la salud de los pobladores de los sectores aledaños a las unidades de producción, además, del despilfarro del agua que originaría en un futuro la disminución de la disponibilidad del acuífero, desencadenando otros efectos sobre el uso de las aguas superficiales y suelos.

Desde esta perspectiva, la investigación reviste importancia porque a través de ésta, se determinan detalles específicos de las actividades inherentes al manejo agronómico del cultivo de arroz haciendo énfasis en el manejo del agua subterránea realizada en cuatro (4) predios del sector agrícola del municipio Esteller, estado Portuguesa, Venezuela. Esto realizando actividades de consulta de información bibliográfica y de registros de expedientes con Estudios de Impacto Ambiental y

Sociocultural (EIAS), sobre la actividad de aprovechamiento de agua subterránea para el riego de arroz, en el Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas (MINEA), además de confirmar en campo dichas características mediante la recolección de datos empleando la técnica de las entrevistas en los cuatro (4) predios correspondientes a las áreas de estudio en suscitadas visitas y recorridos para las fechas de inicio y desarrollo de la investigación.

Al mismo tiempo que se considera que la siguiente investigación presenta una implicación social, enmarcada dentro del segundo Plan Socialista Simón Bolívar 2013-2019, basado en el quinto gran objetivo histórico que es conservar la vida en el planeta y preservar la especie humana, apoyado en una relación armónica entre el hombre y la naturaleza, que garantice el uso y aprovechamiento racional y óptimo de los recursos naturales, respetando los procesos y ciclos de la naturaleza, es decir, entendiendo por esto que la existencia del agua y su disponibilidad para el uso humano, tanto en calidad como en cantidad, depende esencialmente del manejo sustentable de los ecosistemas. Lo que a su vez se interpreta que para esto no solo se requiere un proceso de capacitación, sino de debates amplios y participativos para resolver el conflicto aparente que surge entre el destino del agua para el uso humano y su destino necesario para el mantenimiento de los ecosistemas. La propia aparición de este conflicto refleja la falta de conciencia del hecho esencial de que la existencia misma del agua utilizable para la vida, depende del manejo sustentable de los ecosistemas.

Razón anterior por lo que se considera además que la presente investigación guarda relación con las líneas de investigación: Plan General de Investigación 2008-2012, aprobado por el Consejo Directivo Resolución N° CD2008/796 de la UNELLEZ, en el área de Ciencias del Agro y Ambientales: Gestión sustentable de los recursos naturales, debido a que el presente estudio se refiere al manejo del agua subterránea en la producción del cultivo de arroz, y con el se llega a una serie de

conclusiones y recomendaciones sobre el uso racional del recurso, lo cual concuerda con lo citado por el presente autor: Achkar, (2002), el cual expresa que la gestión sustentable del agua puede ser entendida como: El estado de condición (vinculado al uso y estilo) del sistema hidrológico en el momento de producción, renovación y movilización de agua u otros elementos de la naturaleza, minimizando la generación de procesos de degradación del sistema.

1.4. Alcances y limitaciones.

La presente investigación tendrá un alcance dentro del contexto planteado, de igual manera, se estima que las evaluaciones del manejo del agua subterránea en el cultivo de arroz, serán estudiadas a través de las visitas y los testimonios por parte de los productores de los cuatro predios en el municipio Esteller estado Portuguesa, y desde la perspectiva metodológica, alcanza un nivel prospectivo puesto que se proyectarán en el estudio limitaciones, dadas por el tiempo para la realización del estudio y de una u otra manera la limitante sería los pocos datos registrados y disponibles en el ámbito del municipio Esteller, acerca del objeto en estudio específicamente las aguas subterráneas.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES.

Está referido a la presentación de postulados, según autores e investigadores que hacen referencia al problema, de los cuales se citan los siguientes:

Arteaga, (2011), en su trabajo: Programa CROPWAT para planeación y manejo del recurso hídrico, define que datos necesitan los diferentes métodos del programa CROPWAT para realizar una simulación de riego en caña de azúcar con diferentes opciones de frecuencia y aplicación, determina la programación de riego para el plan de cultivos del módulo de riego 1 del Distrito de Riego 035, la Antigua-Actopan, Veracruz y define si las necesidades de agua calculadas para el plan de cultivos, son satisfechas con la disponibilidad de agua con que cuentan, concluyendo que el uso adecuado del programa, así como de las opciones de frecuencia y aplicación del riego, sirven para determinar si las prácticas de riego existentes son las adecuadas para el mejor manejo del agua y que se pueden desarrollar y promover mejores prácticas de riego en la región.

Rodríguez, (2011), en su trabajo titulado Planeación y manejo del recurso hídrico en los cultivos agrícolas, utilizando el programa CROPWAT, se planteo como objetivos: definir los diferentes métodos del programa CROPWAT e indicar que datos necesitan, realizar una simulación en caña de azúcar con diferentes opciones de frecuencia y aplicación del riego, hacer la programación de riego para el plan de cultivos del módulo de riego III-1 del Distrito de Riego 035, la Antigua-Actopan, Veracruz y definir si las necesidades de agua calculadas para el plan de cultivos, son satisfechas con la disponibilidad de agua con que cuenta. Los métodos del CROPWAT determinan: la evapotranspiración de referencia (ET_0), necesidades de agua de los cultivos, precipitación efectiva y necesidades de riego. Se determinó que

la disponibilidad de agua del módulo de riego III-1 satisface conjuntamente con la precipitación las necesidades de agua del plan de cultivos del año agrícola 2005-2006 en la mayoría de los meses, el mes de octubre fue la excepción.

Álvarez P, (2015), en su artículo sobre: El uso de CROPWAT para calcular requerimientos hídricos en fríjol arbustivo, durante la primera fase del convenio: Clima y sector agropecuario Colombiano – Adaptación para la sostenibilidad productiva, entre el CIAT y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, se analizó el requerimiento hídrico para el cultivo de fríjol arbustivo y se relacionó con la reducción del rendimiento potencial, en el se exponen buenas simulaciones del modelo en relación con el porcentaje de disminución de rendimiento de las variedades bajo condiciones de secano y lámina de agua aplicada. Los requerimientos de agua simulados corresponden con la precipitación total en cada ciclo. Las Simulaciones en condición de déficit de agua (sin riego o secano) también se realizaron, con el objetivo de evaluar el porcentaje de disminución del rendimiento. Se obtuvo la misma tendencia que en las simulaciones con la lámina aplicada. Se concluye que CROPWAT es un programa potencial en fríjol arbustivo para calcular los requerimientos hídricos, obtener la programación de riego bajo diferentes condiciones de manejo y estimar el porcentaje de disminución del rendimiento bajo condiciones de riego y secano.

Cleves J, *et al* (2016), en su artículo de revisión analítica denominado: Los balances hídricos agrícolas en modelos de simulación agroclimáticos, analiza la aplicabilidad de los modelos agroclimáticos de simulación de cultivos CROPWAT v 8.0 y AquaCrop bajo la ocurrencia de los eventos ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) y de cambio climático resaltando la importancia de estos modelos ya que permiten a los agricultores implementar medidas de manejo y ubicación de cultivares teniendo en cuenta las condiciones climáticas para participar desde el contexto territorial en el diseño e implementación de estrategias de mitigación y/o adaptación. De manera

complementaria se comparan las diferentes metodologías utilizadas para la determinación de la evapotranspiración de referencia (ET_o) y se describen los atributos, características y aplicabilidad en la ecuación Penman-Monteith. Finalmente se define las variables del balance hídrico agrícola, indicando su aplicabilidad en la conservación o aumento de la productividad en diferentes escenarios. Se concluye que estos modelos son herramientas técnicas fundamentales en la planificación de siembras y de cosechas.

De la misma manera Guerrero, (2017), en su estudio tuvo por objetivo principal evaluar la disponibilidad hídrica y determinar predicción del rendimiento de *Zea mays* L. (Poaceae) “maíz” y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) “espárrago” mediante modelo de simulación CROPWAT en el valle Jequetepeque, Perú. Se aplicó la metodología recomendada por la FAO de Penman-Monteith mediante la aplicación del software CROPWAT para la determinación de los requerimientos hídricos presentó requerimiento de riego por baja retención de agua en el suelo (ET_a) y por pérdida de agua por evapotranspiración (ET_c). Concluyendo que empleando el modelo de simulación CROPWAT y la programación de sistemas de riego eficientemente se pueden alcanzar altas productividades para diferentes cultivos.

Las investigaciones antes citadas guardan estrecha vinculación con el estudio presentado puesto que enmarcan la importancia del manejo adecuado del recurso hídrico, en la producción agrícola, tomando como referencia la simulación del programa CROPWAT, así mismo, resalta la importancia de que los productores implementen nuevas estrategias de mitigación y adopción en el labor agrícola.

Álvarez, (2007), en su investigación titulada: Evaluación de un sistema de preparación del suelo y siembra en el cultivo de arroz, comparó el método de preparación y siembra de arroz utilizando una sembradora de mínimo laboreo, con el método tradicional de preparación mediante batido de barro y siembra de semillas pregerminadas, dando resultados de mayor producción ó rendimiento, ahorros de

producción y un mayor alcance de profundidad radicular en el mínimo laboreo, así como también una menor incidencia y severidad de enfermedades fungosas que atacan el follaje del arroz.

Trezza, (2008), en su estudio sobre la determinación de las necesidades de riego de los cultivos se basa en la estimación precisa de la evapotranspiración de referencia (ET_o) de cada zona en particular, y a su vez, las posibles alternativas para la estimación están sujetas a la limitación de la información meteorológica existente en cada país. En este trabajo se analizaron varias metodologías disponibles para realizar estimaciones de ET_o a nivel mensual en Venezuela a partir de la información de estaciones meteorológicas ubicadas en diferentes regiones del país. Se encontró que los procedimientos más aplicables para estas condiciones climáticas son los incluidos en la publicación de la FAO-56, FAO (1996), específicamente el método Penman-Monteith. La ecuación de Thornthwaite no resultó apropiada, ni tampoco las ecuaciones de la publicación FAO-24 como son la de Radiación y la de Penman-modificada, debido a que sobrestiman considerablemente los valores de ET_o.

Se encuentra también que Monasterio (2012), realizó un trabajo que tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes láminas de inundación en el desarrollo y producción de la planta de arroz, en Calabozo, estado Guárico, con la variedad Fonaiap 1, se utilizó un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones en arreglo de franjas. Se probaron tres alturas de lámina de agua: L0 (Saturación), L10 (10 cm de altura) y L20 cm de altura. Se evaluaron parámetros de crecimiento, producción y rendimiento. Los análisis de correlación, covarianza y varianza simple indicaron que existe relación entre las variables estudiadas. La reducción en la cantidad de agua utilizada fue a favor de L0 con el 52,2 % con respecto a L10 y L20. Como conclusión sugiere, mantener la profundidad de la lámina de agua hasta 10 cm, en el caso de una macro nivelación, porque los resultados indican que no existen diferencias significativas entre saturación y la lámina de L10 cm y esta altura de agua es fácil de

manejar por el agricultor, la cual beneficiara en parte el control integrado de malezas y enfermedades.

Por el contrario Ruiz, (2016), realizó una investigación con el objetivo de evaluar el efecto del manejo del agua de riego en el rendimiento agrícola e industrial del arroz por la tecnología de trasplante. Se evaluaron plantas que permanecieron en condiciones inundadas durante todo su ciclo y plantas que se sometieron a suspensión de la lámina de agua por un periodo de 15 días en tres momentos diferentes de la etapa de ahijamiento. La suspensión de la lámina de agua incrementó el rendimiento agrícola entre un 16 y 32 %, con respecto al control inundado y el rendimiento industrial fue de un 67 %, como promedio. Los porcentajes mayores de granos enteros se lograron en los tratamientos sometidos a suspensión de la lámina, alcanzándose los mejores resultados con la suspensión a los 30 DDT. Pero éste manejo permitió un ahorro de agua aproximadamente de $1931,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, respecto al tratamiento inundado. El agua ahorrada pudiera incrementar el área bajo riego en un 11,19 % para el cultivo del arroz.

2.3 BASES TEÓRICAS.

2.3.1 Aspectos Generales sobre el Cultivo de Arroz y el Riego.

La práctica del riego en arroz y básicamente el adecuado manejo del agua, es de importancia capital para obtener altos rendimientos. En este aspecto la modalidad generalizada en nuestro medio arrocero se identifica con la inundación del campo; actividad que, en buena proporción de nuestras unidades de producción, adolece del necesario criterio racional de aplicación.

En el riego del arroz, el suelo se cubre con una capa de agua a una profundidad que ayuda a controlar el crecimiento de las malezas sin dañar el cultivo; esto es

conocido como inundación. Después se adiciona continuamente el agua que por ende sufrirá pérdidas por evapotranspiración, percolación profunda y en las filtraciones de los diques, lo cual repone constantemente y se le llama mantenimiento de la inundación. El exceso de agua aplicada es luego drenada por gravedad y se usa en melgas similares de menor elevación.

El efecto de inundación en arroz se refleja en el beneficio que ofrece para el logro de mejores expresiones de ciertas etapas de crecimiento del cultivo, o en apoyo al desarrollo de otras labores inherentes a su manejo agronómico, y el mantenimiento de la lámina de agua, por ejemplo, contribuye en gran parte al control de malas hierbas en el cultivo, por cuanto evita la recuperación de aquellas malezas afectadas parcialmente por el herbicida, y al mismo tiempo limita el desarrollo de especies que no proliferan bajo condiciones de inundación. El riego por inundación se adapta a suelos de textura media a pesada con una capacidad de retención de humedad aprovechable no menor de 1.0 mm/cm (10%), para una profundidad de raíces superiores a 10 cm. Debido a la dificultad de mantener la inundación, los suelos deben ser pesados de lenta infiltración o contener una capa impermeable cercana a la superficie, con una tasa de permeabilidad menor de 0.05 cm/hr. Los mejores resultados en arroz inundado se obtienen cuando la pendiente del terreno es menor de 0.5%. Con el riego en el cultivo del arroz siempre se deben controlar: la humedad para germinación y establecimiento del cultivo, el mantenimiento de la inundación y el drenaje de los lotes. (Álvarez 1997)

Por otra parte, la práctica de inundación crea en el suelo un ambiente favorable para el aprovechamiento y absorción de nutrimentos por parte de la planta. De igual manera, es posible contrarrestar o limitar la proliferación de ciertas enfermedades fungosas a través de un adecuado manejo del agua de riego. La implantación de la práctica de irrigación del cultivo debe considerar, en forma prioritaria, la necesidad de realizar una formal adecuación de tierras para estos fines, con el objetivo de lograr una

óptima eficiencia de utilización del agua disponible. No basta con disponer de un alto caudal de agua si el mismo no se complementa con una efectiva canalización de riego y drenaje, y con una eficiente irrigación de tierras. (Álvarez 1997). Las fases del cultivo de arroz son:

2.3.1.1 **Fase de Preparación de los Suelos y Siembra.**

La preparación de los suelos con fanguero o batido consiste en una condición inicial de suelo inundado por lotes, y el empleo de niveladoras mecánicas o sistema de rayo laser, marcando o levantando las curvas de nivel ó los muros, según sea el método de riego a emplear, luego de realizar los dos o tres pases de rastra mediana el suelo es inundado con lámina de agua entre 5 y 15 cm.

En los llanos Occidentales de Venezuela en periodo seco ó verano se reduce a casi siempre la mitad la superficie sembrada en comparación con el periodo de lluvia y la preparación de suelos y siembra se desarrollan entre los meses de septiembre y diciembre. La preparación de los suelos para la siembra de arroz se realiza principalmente de dos formas: a) convencional, en suelos en estado “desmenuzable”, con adecuado contenido de humedad, mediante la utilización de implementos como rastras pesadas y livianas. El suelo se nivela con Land plain, b) mediante fanguero o batido de barro en campos inundados, cuando el excesivo contenido de humedad de suelo no permite la preparación convencional (Álvarez 1997).

En materia de suplencia de agua propiamente para efectos de la germinación de la semilla, los requerimientos hídricos del cultivo son bajos. En este sentido la dotación del riego debe realizarse con la finalidad de lograr solamente el humedecimiento del suelo hasta el punto de saturación. El mantenimiento de una lámina de agua durante la etapa de germinación del arroz afecta dicho proceso, por esta razón se debe drenar rápidamente los lotes ya sembrados. (Martínez 2013).

Los riegos posteriores a la germinación se efectúan atendiendo al mantenimiento de la humedad del suelo y la incorporación de la lámina de agua se recomienda realizarla cuando la altura del cultivo lo permite, regularmente después de los 15 ó 16 días de la siembra. Mientras el cultivo permanece inundado es importante mantener el agua en constante movimiento y reposición para conservar una temperatura adecuada en el desarrollo de la planta.

2.3.1.2 Fase Vegetativa.

Por lo general dura de 55 a 60 días en las variedades de período intermedio. Y comprende desde la germinación de la semilla, emergencia, macollamiento (ahijamiento), hasta la diferenciación del primordio floral. Esta fase es la que diferencia unas variedades de otras, según sea la precocidad o tardanza de la misma en alcanzar su respectivo ciclo de cultivo.

2.3.1.3 Fase Reproductiva.

Esta fase incluye el período desde la formación del primordio floral, embuchamiento (14-7 días antes de la emergencia de la panícula), hasta la emergencia de la panícula (floración). Esta fase dura entre 35 y 40 días. En esta fase se determina el número de granos por panícula.

2.3.1.4 Fase de Maduración.

La fase de madurez abarca desde la emergencia de la panícula (floración), el llenado y desarrollo de los granos (estado lechoso y pastoso) hasta la cosecha (madurez del grano) y dura de 30 a 40 días. Esta fase se considera que determina el peso del grano a la madurez. El ciclo vegetativo y reproductivo de las variedades de arroz que se cultivan actualmente, varía de 120 a 140 días desde la germinación hasta a la cosecha del grano.

2.3.2 Manejo del Agua Subterránea en la Producción de Arroz.

El agua subterránea es una "mercancía muy popular" entre los agricultores puesto que normalmente se encuentra cerca del punto de uso, puede obtenerse rápidamente y a bajo costo por inversión privada individual, está directamente disponible a demanda para satisfacer las necesidades del cultivo y les permite a los pequeños agricultores un alto nivel de control durante todo el año, es adecuado para el riego a presión y la agricultura de precisión de alta productividad. (Bhuiyan, 1992)

El arroz, se considera como uno de los cultivos que demanda mayor cantidad de agua, según algunas revisiones bibliográficas estas oscilan entre los 10.000 hasta más de 30.000 m³/ha/cosecha, depende del tipo y eficiencia del riego. Esta a sido la importancia fundamental por la cual se ha ido desplazando el cultivo a regiones donde existe abundante agua disponible para riego y su precio no represente un incremento notable en el costo total del cultivo. (Bhuiyan, 1992)

Como aporte de la Global Water Partnership, (2013), dice que la agricultura de regadío es el mayor extractor y el consumidor predominante de los recursos hídricos subterráneos. No obstante en muchas zonas áridas y proclives a las sequías, su uso irrestricto está causando un serio agotamiento de los acuíferos y degradación ambiental, a la vez que las prácticas de cultivo ejercen una gran influencia sobre la recarga y calidad del agua subterránea.

2.3.3 Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo.

La determinación de los requerimientos hídricos para el arroz, están en función de factores diversos que incluyen la modalidad de explotación, formas de preparación de suelos, textura de suelos y ciclo del cultivo, razón por lo cual esta estimación es variable. Los suelos donde tradicionalmente se siembra arroz en Venezuela son de

diversa naturaleza y en ellos la obtención de buenos rendimientos es factible en la medida que exista una adecuada disponibilidad de agua.

Las características de los suelos utilizados en los llanos occidentales para la siembra del cultivo, son de texturas franco arcillosas o arcillosas. Se caracterizan por tener alto potencial de escorrentía, con infiltración muy lenta, alto poder de expansión y un nivel freático cercano a la superficie, especialmente durante la estación lluviosa. (Álvarez 1997)

Los requerimientos de agua en arroz deben compensar las pérdidas ocurridas por efecto de la transpiración del cultivo, la evaporación del agua del suelo, y muy particularmente de la infiltración o percolación, aspecto este último sujeto a gran variabilidad por efecto de la textura del suelo y la topografía del terreno, principalmente. En suelos de textura liviana, la siembra del arroz puede confrontar problemas de eficiencia del riego y de la fertilización, vistas las pérdidas por percolación y arrastre que ocurren en estos suelos como consecuencia del manejo inapropiado de estas labores.

A lo largo del ciclo del cultivo, los requerimientos hídricos varían de acuerdo con las etapas de desarrollo de la planta. Pero, en términos generales, las exigencias hídricas son más importantes hacia la fase de reproducción, ya que los efectos negativos que pudiera generar una inoportuna o insuficiente suplencia de agua, sobre todo hacia las etapas de desarrollo de panícula y floración, son irreversibles y al final afectan drásticamente la producción.

Es por ello, que Núñez (2009), señala que el objetivo de la programación eficiente del riego, es determinar la duración del riego y la cantidad de agua para optimizar la producción de los cultivos con una máxima eficiencia de uso del agua y, al mismo tiempo, asegurar un daño mínimo del suelo” (p,45) . De este modo, la programación

del riego incluye la decisión de cuándo a regar y cuánta agua aplicar al cultivo con el objetivo de maximizar las eficiencias de riego mediante la aplicación de la cantidad exacta de agua necesaria para reponer la humedad del suelo al nivel deseado, adicionalmente esto permite un uso eficiente del agua y de la energía.

2.3.4 Requerimientos Hídricos del Cultivo de Arroz, con el uso del Programa CROPWAT.

CROPWAT 8.0 para Windows es un programa de computación que puede ser usado para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y de sus requerimientos de riego en base a datos climáticos y de cultivo ya sean existentes o nuevos. Además, el programa permite la elaboración de calendarios de riego para diferentes condiciones de manejo y el cálculo del esquema de provisión de agua para diferentes patrones de cultivos.

Para el cálculo de los Requerimientos de Agua del Cultivo (RAC), CROPWAT requiere de datos de evapotranspiración (ET_o). CROPWAT permite al usuario ingresar valores de ET_o, o ingresar datos de temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación solar, lo cual permite al programa calcular la ET_o aplicando la ecuación de Penman-Monteith. Además son necesarios los datos de precipitación, para calcular la precipitación efectiva como datos de entrada para el cálculo de los RAC y de la programación de riego. También, son necesarios para los cálculos de los RAC, datos específicos del cultivo y los datos de suelo si el usuario también desea determinar la programación de riego.

2.4 BASES CONCEPTUALES.

Aguas Subterráneas: Todas las que se encuentren bajo la superficie del suelo en la zona saturada y en contacto directo con el suelo o el subsuelo.

Permeabilidad (P): Facilidad con que un material deja pasar agua a su través. Se considera la permeabilidad de la ecuación de Darcy.

Transmisividad (T): Capacidad de un medio para transmitir agua; equivale al producto de la permeabilidad y el espesor saturado del medio.

Área de influencia del pozo (R): Distancia que existe desde el centro del pozo, hasta el límite del cono de depresión o de abatimiento.

Volumen de Abatimiento (Va): Diferencia de nivel de agua en el pozo con respecto al nivel freático ó a un nivel de referencia, debido a cambios estacionales o por efecto de un bombeo.

Volumen a Nivel estático (Ne): Altura del nivel freático o piezométrico cuando no esta influenciada por el bombeo ó alimentación.

Volumen a Nivel de bombeo (Nb): Distancia vertical entre el nivel del terreno y el nivel del agua después de iniciado el bombeo.

Volumen Nivel estático (Ve): Distancia vertical entre el nivel del terreno y el nivel del agua en el pozo antes de iniciar el bombeo.

Coefficiente de almacenamiento (Ca): Volumen de agua liberado por una columna de acuífero de altura igual al espesor del mismo y de sección unitaria, al disminuir la presión de una unidad.

Abatimiento (s): Descenso del nivel del agua que presenta un pozo cuando se bombea. Es la distancia vertical entre el nivel de bombeo y el nivel estático y se designa como $S = \text{nivel de bombeo} - \text{nivel estático}$.

Recargas de un pozo: Volumen de agua que entra en un acuífero a causa de la infiltración de las precipitaciones o de un curso de agua.

Lamina de retención máxima (Lr): Cantidad máxima de agua que un equipo puede aplicar en 24 horas de riego continuo.

Lámina neta aplicada: Cantidad de agua que debe ser aplicada durante el riego con el fin de cubrir el agua que ha utilizado el cultivo durante la evapotranspiración.

Lámina bruta aplicada: Espesor de la capa de agua con que una superficie de tierra, supuestamente a nivel, quedaría cubierta por un volumen de agua.

Porcentaje de Humedad a capacidad de campo (Psc): Humedad del suelo 1 ó 2 días después del riego.

Porcentaje de Humedad a punto de marchitez permanente (HPMP): Humedad del suelo a la que el cultivo se marchita y muere.

Densidad aparente adimensional (Da): Masa de suelo por unidad de volumen (g. cm^{-3} o t. m^{-3}). Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso.

Profundidad de enraizamiento (Pr): Espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrimentos indispensables.

Pérdidas por transporte: Ocurren en las conducciones, se incluyen desde las fugas en tuberías y canales hasta la evaporación en el caso de las conducciones abiertas.

Pérdidas por evaporación: Engloba a todas las que ocurren bajo condiciones de viento y altas temperaturas, tiene lugar en las hojas mojadas del cultivo o en la lámina superficial de agua.

Pérdidas por percolación y escorrentías: El agua en el suelo puede escurrir al superarse su capacidad de infiltración o al encontrarse saturado, e incluso escapar de la profundidad de acción de las raíces percolando a capas profundas.

Evapotranspiración: Consumo de agua del cultivo y debe conocerse para un periodo de tiempo determinado. Intentando cuantificar este consumo se define el término evapotranspiración (ET), como la cantidad de agua que el suelo pierde bien como consecuencia directa de la evaporación o bien debido a la transpiración de las plantas,

Evapotranspiración del cultivo (ETc): Se calcula a través del enfoque del coeficiente del cultivo, donde los efectos de las condiciones del tiempo atmosférico son incorporados en ETo y las características del cultivo son incorporadas en el coeficiente Kc. ($ETc = ETo \times Kc$).

Coefficiente del cultivo (Kc): Relación entre la demanda de agua del cultivo manteniendo a niveles óptimos la (ETA) y la demanda del cultivo de referencia (ETP) es decir: $Kc = ETA / ETP$

Precipitación Efectiva: Fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas. Depende de factores como la intensidad de la precipitación o la aridez del clima, pendiente, contenido en humedad del suelo o velocidad de infiltración.

Profundidad de fangueo: Distancia con respecto al plano horizontal de suelo desde donde se profundice el arado, depende del tipo de instrumento empleado.

Tasa máxima de percolación después del fangueo: Al ocurrir la infiltración, el valor de percolación disminuye. CROPWAT 8.0 ofrece dos formas de reportarla, a través de una fórmula no lineal (por defecto) o a través de una relación lineal.

Humedad del suelo disponible total (ADT): Cantidad de agua en el suelo, que está disponible para las plantas, entre capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). $ADT = CC - PMP$.

Capacidad de campo: Volumen de agua que retiene un suelo después de saturarlo y dejarlo drenar libremente durante 48 horas, refleja el agua almacenada en los poros y canales pequeños, después de que los más grandes se hayan llenado de aire.

Punto de marchitez permanente: Contenido de agua del suelo a partir del cual las plantas no pueden extraer más, se marchitan y mueren. En este punto la presión necesaria para extraer el agua que todavía contiene el suelo es de 15 atmósferas.

Tasa máxima de infiltración de la precipitación: Lámina de agua que se infiltra en 24 horas y tiene el valor que la conductividad hidráulica del suelo saturado.

Agotamiento inicial de la humedad del suelo (AIHS): Humedad o sequedad del suelo al inicio de la época del cultivo. Se expresa como un porcentaje (%) del agua disponible total. El valor por defecto de 0% representa un perfil de suelo húmedo a CC (capacidad de campo) y 100% PMP (Punto de marchitez permanente).

Humedad del suelo inicialmente disponible: Contenido de humedad del suelo al inicio de la temporada de cultivo. Se calcula como el producto del Agua Disponible Total (ADT) por el Agotamiento inicial de humedad del suelo, y se expresa en mm por metro de profundidad de suelo.

Agotamiento crítico para grietas del fangueo: Nivel en que las grietas que se forman durante el secado, penetran en el suelo llegando a la profundidad del fangueo, un valor cercano a 1, indican que las grietas se producen en un suelo bastante húmedo (CC) y un valor cercano a 0% cuando la humedad del suelo está cerca del PMP.

Requerimiento Hídrico: Cantidad de agua sin la cual no es posible satisfacer en un momento dado una demanda dada para abastecimiento o riego.

2.5 BASES LEGALES.

Según Gonzales y Matos (2010), en Venezuela existen muchas normas regulatorias y leyes relacionadas con el manejo y la conservación de los recursos hídricos. La principal de ellas es la Constitución Nacional de la República Bolivariana de Venezuela, (CRBV) en sus Artículos 127 y 128, Venezuela (1999), caracterizados por desarrollar con la amplitud necesaria, los derechos y deberes ambientales de cada generación, y por reconocer el derecho que ellas tienen a un medio ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado.

En este sentido, en su Artículo 304, declara que:

Todas las aguas son bienes de dominio público de la Nación, insustituibles para la vida y el desarrollo. La ley establecerá las disposiciones necesarias a fin de garantizar su protección, aprovechamiento y recuperación, respetando las fases del ciclo hidrológico y los criterios de ordenación del territorio.

En el artículo antes citado especifica claramente, que las aguas son bienes de la Nación, como recurso vital para la vida y desarrollo de toda producción para el bien común, para tal fin debe ser aprovechadas y manejadas bajo los principios que regula el basamento legal de la República Bolivariana de Venezuela.

De igual manera en su artículo 305, indica que:

El Estado promoverá la agricultura sustentable como base estratégica del desarrollo rural integral, a fin de garantizar la seguridad alimentaria de la población; entendida como la disponibilidad suficiente y estable de alimentos en el ámbito nacional y el acceso oportuno y permanente a éstos por parte del público consumidor. Lo antes expresado en este artículo el Estado es el ente responsable de promover la agricultura sustentable, que fomente el desarrollo rural, para garantizar la soberanía alimentaria de la población.

Seguidamente en el Capítulo IX de los derechos ambientales en el artículo 129 Se dice que todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de Estudios de impacto ambiental y socio cultural. Gaceta Oficial de la República de Bolivariana de Venezuela No. 36.860 del 30 de Diciembre de 1999. De esta manera el estado garantizará la permanencia de los recursos naturales sin afectar su calidad, a través de políticas certeras que incluyan la información, consulta y participación ciudadana.

Por otra parte, la Ley Orgánica del Ambiente Venezuela (2006). Tiene por objeto establecer las disposiciones y desarrollar los principios rectores para la gestión del ambiente en el marco del desarrollo sustentable como derecho y deber fundamental del Estado y de la sociedad, para contribuir a la seguridad del Estado, al logro del máximo bienestar de la población y al sostenimiento del planeta en interés de la humanidad. De igual forma establece las normas que desarrollan las garantías y derechos constitucionales a un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. Gaceta Oficial de la República de Bolivariana de Venezuela Extraordinaria No. 5.833 del 22 de Diciembre de 2006. (Deroga la Ley Orgánica del Ambiente publicada en Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 31.004 del 16 de Junio de 1976).

En éste orden de ideas, también en la Ley Orgánica del Ambiente, en su Artículo 50, se establece que “El aprovechamiento de los recursos naturales y de la diversidad biológica debe hacerse de manera que garantice su sustentabilidad”. De la misma manera en los artículos 55, 56 y 57 orientan a asegurar la disponibilidad, calidad y cantidad del ciclo hidrológico; donde se deberán conservar los suelos, áreas boscosas, formaciones rocosas y así garantizar la recarga de los acuíferos. Además en la misma ley en su Artículo 61, indica que “La gestión integral del suelo y del subsuelo está orientada a asegurar su conservación para garantizar su capacidad y calidad”.

Igualmente la Ley de Aguas, Venezuela (2007), establece las disposiciones que rigen la conservación y gestión integral de las aguas, para el desarrollo sustentable del país, garantizando la conservación con énfasis en la protección, aprovechamiento sustentable y recuperación de las aguas, a fin de satisfacer las necesidades humanas, ambientales y la demanda. En su artículo 1. A las cuencas hidrográficas se les define como una unidad territorial delimitada por las líneas divisorias de aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce, y conforman espacios en el cual se desarrollan complejas interacciones entre los componentes bióticos y abióticos, sociales, económicos y culturales, a través de flujo de insumos, información y productos.

De la misma manera, se establecen en el Capítulo III del control y manejo de los cuerpos de agua, artículo 12. Formas de control y manejo se realizará mediante: La clasificación de los cuerpos de agua o sectores de éstos, atendiendo a su calidad y usos actuales y potenciales. El establecimiento de rangos y límites máximos de elementos contaminantes en los efluentes líquidos generados por fuentes puntuales. El establecimiento de condiciones y medidas para controlar el uso de agroquímicos y otras fuentes de contaminación no puntuales. La elaboración y ejecución de programas maestros de control y manejo de los cuerpos de agua, donde se determinen las relaciones causa-efecto entre fuentes contaminantes y problemas de calidad de aguas, las alternativas para el control de los efluentes existentes y futuros, y las condiciones en que se permitirán sus vertidos, incluyendo los límites de descargas máxicas para cada fuente contaminante y las normas técnicas complementarias que se estimen necesarias para el control y manejo de los cuerpos de aguas.

El Título III de la prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes de la ley de agua (2007) en su Artículo 14. La prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes se efectuará a través de: Planes de gestión integral de las aguas, así como en los planes de ordenación del territorio y de ordenación urbanística, insertándose los

elementos y análisis involucrados en la gestión integral de riesgos, como proceso social e institucional de carácter permanente, concebidos de manera consciente, concertados y planificados para reducir los riesgos socio - naturales y cronológicos en la sociedad. Construcción, operación y mantenimiento de las obras e instalaciones necesarias. Participación en la conservación y uso del recurso y cuenca de captación, establecido en el artículo 93 de la Ley de Aguas en las actividades que permitan la conservación del recurso agua subterránea dentro del área de la finca, su zona de influencia y en aquellas propuestas y solicitadas por el Ministerio del Poder Popular Para el Ambiente (MPPPA), tales como: Conservación, recuperación de las zonas protectoras y reservas de medios Silvestres en el área de la finca, participación en programas propuestos por el MPPPA y/o en cualquier actividad que incida en el mejoramiento y conservación del recurso agua en la zona de influencia de la Finca.

A éste tenor La Ley Penal del Ambiente, tiene por objeto tipificar como delitos, aquellos hechos que violen las disposiciones relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente y establece las sanciones penales correspondientes. Asimismo, determina las medidas precautelativas de restitución y de reparación a que haya lugar. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 4.358 Extraordinario del 03 de Enero de 1992.

Ley Forestal de Suelos y de Aguas. Rige la conservación, fomento y aprovechamiento de los recursos naturales que en ella se determinan y los productos que de ella se derivan. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 997 Extraordinario del 08 de Enero de 1966.

Con la promulgación del Decreto 883, Venezuela (1995), se establece en su Artículo 1, las Normas para el control de la calidad de los cuerpos de agua y de los vertidos líquidos. El objetivo de esta normativa, es establecer los criterios de calidad para la clasificación de los cuerpos de agua tal y en su Capítulo II, Artículo 3 y 4, y

controlar la calidad de los vertidos o efluentes líquidos que vayan a ser descargados a cuerpos de agua, establecidos en el Capítulo III, Sección III, Artículo 10 de las descargas a cuerpos de agua, con el objetivo de minimizar el impacto que pueda generar en los cuerpos receptores.

Así como también a través del Decreto No. 1.257 de fecha 13-03-96, se dictan las Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 35.946 del 25 de Abril de 1996. (Se deroga el Decreto No. 2.213 de fecha 24-04-92, publicado en Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 4.418 Extraordinario del 27 de Abril de 1992).

Decreto N° 1.400 del 10-07-96, referente a las normas sobre la regulación y control del aprovechamiento de los recursos hídricos y de las cuencas hidrográficas. En toda su existencia y específicamente aplica al objeto de estudio del presente trabajo de investigación en el Artículo 8°, el cual tiene por objeto establecer que el Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hídricos, fijará las estrategias nacionales y regionales que permitan conocer la cantidad, calidad, ubicación, potencial energético de los recursos hídricos y cualquier otra característica necesaria. Además, establecerá el balance de demanda y disponibilidad, contemplando las necesidades actuales y futuras del país; determinará los usos y prioridades a los que deben ser destinados los volúmenes de agua disponibles, de acuerdo a los objetivos de la ordenación del territorio, fijará bases para la protección contra los efectos perjudiciales de las aguas, tanto en las áreas urbanas como en las rurales, establecerá las medidas para proteger las fuentes y reconocerá el valor de ellas.

2.6 Sistema de Variables.

El sistema de variables permite sustentar los criterios establecidos, según Hernández, Fernández y Baptista (2010), quienes conceptualizan la variable como

“una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible u observarse.” (p.123). Para llevar a cabo, la investigación, es necesario definir la variable con exactitud: Manejo del agua subterránea. Es aquí, donde la definición conceptual refiere a lo que, Hurtado (2011), plantea que: “es enunciar las características de la variable, especificando las relaciones entre las mismas características, de modo que el resultado es una comprensión global y abstracta de lo definido.” (p.134).

2.7 Operacionalización de Variables.

La operacionalización de las variables, según Arias, (2012) señala que: “...este neologismo se emplea en investigación científica para designar al proceso mediante el cual se transforma la variable de conceptos abstractos a términos concretos, observables y medibles, es decir, dimensiones e indicadores.”(p.61)

La cita anterior brinda un método excelente para ordenar las variables, a efectos de que la investigación se desarrolle lo más organizadamente posible, de alguna forma, este método permite integrar y agrupar de manera resumida a todos los elementos involucrados con la investigación. El autor citado afirma que “la operacionalización de una variable, por lo general, se representa en un cuadro.” (p.61). Es por esto, que la investigadora ha elaborado un cuadro de operacionalización de variable, en donde aparecerán todos los elementos involucrados con este trabajo de investigación.

Tabla 1. Operacionalización de las Variables.

Objetivo General: Evaluar el manejo del agua subterránea en el cultivo de arroz en cuatro predios del municipio Esteller estado Portuguesa.			
Objetivos específicos	Variables	Indicadores	Unidades de medida
Diagnosticar las condiciones de manejo del agua subterránea en el cultivo de arroz en los predios correspondientes a las áreas de estudios.	Condiciones de extracción del agua subterránea.	Profundidad (P), Nivel estático (Ne), Nivel de bombeo (Nb), Diámetro del pozo (D), Capacidad de bombeo, Área del tubo (A), Volumen nivel estático (Ve), Volumen nivel de bombeo (Vb), Permeabilidad (Pe), Espesor (H), Transmisividad (T), Conductividad (C), Caudal (Q), Área de influencia del pozo (R), radio o circunferencia del área del tubo (r), Volumen de Abatimiento (Va), Tiempo (t) Coeficiente de almacenamiento, abatimiento y recarga de los pozos. (Se usan dimensiones citadas en la variable anterior, según método empleado y fórmulas)	m, Pulg/cm, (HP), m ² , Lts, m/día, m ² /día, m ³ /día.
	Condiciones de láminas de agua aplicada en el cultivo de arroz.	Altura de la lámina de agua aplicada al cultivo de arroz Lámina de agua aplicada en el cultivo de arroz según el programa CROPWAT $L_{rm} = (PSCC - PSPMP) \times DA \times PR / 100$ Lr = Lámina de retención máxima 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 Lp= Pérdida mm/día (usos consuntivos) * días/etapa Preparación del suelo (Fangueo), Evaporación, Transpiración, Percolación y escorrentía. Lb= Altura de lamina +Lrm+ Lp	Lts, Lts/seg. mm. %. gr/cm ³ cm. mm/día. mm. mm. mm/día.

Determinar los requerimientos hídricos del cultivo arroz, en los predios correspondientes a las áreas de estudios, con el uso del programa CROPWAT.	Requerimientos Hídricos del cultivo.	Datos climáticos, Cálculos de Precipitación Efectiva, Fases ó Etapas (días), Kc seco, Kc húmedo, Profundidad radicular (m), Profundidad de fangueo (m), Agotamiento Crítico, Altura de cultivo (m), Preparación de suelos, Prefangueo, Fangueo, Tipo de textura de suelos, Humedad del suelo disponible total (ADT), Tasa máxima de infiltración de la precipitación, Agotamiento inicial de la humedad del suelo (% ADT), Humedad del suelo inicialmente disponible, Porosidad drenable (SAT-CC), Capacidad de campo y Punto de marchitez Permanente (CC-PMP), Agotamiento crítico para grietas del fangueo, Tasa máxima de percolación después del fangueo, Altura de la lámina de agua. Programación de riego.	mm/periodo
Comparar las cantidades de agua subterránea aplicadas en los predios correspondientes a las áreas de estudios con los requerimientos hídricos calculados para cada uno de los mismos con el programa CROPWAT.	Láminas de agua aplicada en el cultivo de arroz.	Láminas netas calculadas con CROPWAT en el cultivo de arroz. Láminas netas aplicadas en el cultivo de arroz. Láminas excesivas aplicadas en el cultivo de arroz.	mm

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Naturaleza de la investigación.

La naturaleza de la investigación se enmarca en el enfoque cuantitativo, definido por Hurtado (2011), es aquél que:

Se desarrolla en la perspectiva científica cuantitativa. Algunas de sus características son: preferente utilización del método hipotético deductivo, estudio sobre muestras grandes de sujetos seleccionados por métodos de muestreo probabilísticos, aplicación de test y medidas objetivas del comportamiento, la consideración del investigador como elemento externo al objeto que se investiga, aplicación de técnicas estadísticas en el análisis de datos, generalización de los resultados, entre otras. (p. 57).

El autor citado, plantea que este enfoque determina la recolección de datos para probar si existen hipótesis, con base en la medición numérica en los análisis estadísticos estableciendo patrones de comportamientos y comprobar teorías. Es de hacer notar que este modelo de investigación permitió a la investigadora la aplicación de un instrumento para realizar un diagnóstico donde se recogieron datos tangibles observables de primera mano que se tabularon y se codificaron, los cuales ratifican las expectativas, en cuanto al estudio propuesto: Manejo eficiente del agua en cuatro (4) predios del sector agrícola del municipio Esteller, estado Portuguesa, Venezuela.

3.2 Tipo y diseño de la investigación.

En atención a lo propuesto el tipo de investigación se ubica en una investigación de campo, la cual es definida en el Manual de Trabajos de Grado de Especializaciones y Maestría y Tesis Doctorales de la UPEL (2011), como:

El análisis sistemáticos de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, haciendo uso de métodos característicos de cualquier de los paradigmas o enfoques de investigación, los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad (p. 14).

De este modo, la investigación permitió abordar el análisis de la problemática planteada en forma directa, mediante la aplicación de un instrumento creado para la obtención de los datos requeridos, los cuales fueron sustraídos de forma directa de la población en estudio. La investigación estuvo apoyada en una investigación descriptiva, que según Acevedo, (2012) el enfoque descriptivo, lo plantea, así:

El nivel de profundidad de la investigación Descriptiva va mas allá de la exploración, describiendo cualitativa y cuantitativamente las características fundamentales del fenómeno tal como se presentan en la realidad, con criterios sistemáticos para mostrar su estructura y comportamiento, centrándose en medir con mayor precisión los fenómenos encontrados.(p. 64).

Esto explica que, los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de las personas o grupos, para medir o evaluar aspectos del fenómeno a investigar, desde el punto de vista científico, lo más cercana posible a la realidad de la comunidad objeto en estudio , para seguir avanzando en la investigación, además facilito realizar una revisión profunda, crítica y detallada de los aspectos teóricos esenciales para lograr una comprensión teórica de la problemática sometida al estudio.

Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. Por lo tanto esta investigación se ubicará dentro del enfoque descriptivo, lo que permitió hacer una revisión y descripción detallada de los diversos factores que influyen en la problemática detectada.

3.3 Población.

En todo estudio es necesario determinar con que población se trabaja, Ary (2005), la define como “un conjunto finito o infinito de personas, cosas o elementos que presentan características comunes”(p. 122).

Es decir, en este caso aunque se encontró oficialmente la siguiente información del VII Censo Agrícola Nacional (Mayo 2007 / Abril 2008) del Ministerio del poder popular para la Agricultura y Tierras, donde se ubica al Municipio Esteller, estado Portuguesa, con una cifra para entonces de 180 Productores de arroz registrados en la zona, para efectos de esta investigación, se considerará información resultante de una entrevista a los técnicos expertos de la zona en asistencia técnica (Casa agrícola LAS PLUMAS), quienes manejan para la fecha abril-mayo 2016, una cifra aproximada de 45 productores de arroz activos en el municipio Esteller. (Anexo A).

3.4 Muestra.

La muestra según Hernández, Fernández y Baptista (2010), señalan que: “es un subconjunto de la población que representa elementos que pertenecen al subgrupo definido en sus características, al que se llama población” (p.112). Por ser una población que puede ser estudiada en su totalidad.

Es importante destacar que para considerar el 10% de la población se selección una muestra, la cual estuvo representada por cuatros (4) fincas: Bucaral, San Pancraccio, La Meseta y La Tolvanera, todas dedicadas en un 100% al cultivo de arroz, desde hace aproximadamente 20 años, escogidas para el trabajo desarrollado temporalmente en el periodo de zafra de verano (2016-2017), a los cuales (productores) se les aplicó el instrumento de la entrevista.

3.5 Técnica e instrumento para la recolección de datos.

En toda investigación es importante utilizar una técnica, porque esta se hace, con el fin de recoger la información en el estudio, siendo muy necesario al utilizarla, Arias (2012), plantea que las técnicas “son las distintas formas o maneras de obtener la información” (p.11). Por este medio, la investigadora tomo como técnica la entrevista estructurada, el cual le permitió recolectar la información acertada.

Según Arias (ob. cit), señala que, “la entrevista es una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismo, o en relación a un tema en particular. (p.72). De aquí se establecieron los elementos que conformó la elaboración del instrumento en el estudio planteado.

El instrumento es significativo para la recolección de información, siendo el mismo, el que sintetiza la información previa, aquí se tomó como instrumento un cuestionario. Según Balestrini (2008), lo define es:

El medio de comunicación escrita y básica, entre el encuestador y el encuestado, facilita traducir los objetivos y las variables de la investigación, a través de una serie de preguntas muy particulares, preparadas previamente de forma cuidadosa con relación al problema en estudio (p.155).

En vista a lo planteado por el autor, al señalar que todo instrumento de medición procura vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos, mediante clasificación y/o cuantificación, para reunir los requisitos para la confiabilidad y validez; esto refiere al grado en que un instrumento de medición mide realmente la(s) variable(s) que pretende medir.

La escala de Likert mide actitudes o predisposiciones individuales en contextos sociales particulares. Se le conoce como escala sumada debido a que la puntuación de cada unidad de análisis se obtiene mediante la sumatoria de las respuestas obtenidas en cada ítem (p.185).

De allí, el instrumento aplicado tuvo como propósito recoger toda la información pertinente de la comunidad objeto en estudio. (Anexo B)

3.6 Validez y confiabilidad.

La validez en términos general, refiere Sabino (2001), es “estudiar la exactitud con que pueden hacerse medidas significativas y adecuadas con un instrumento, y en el sentido que se mida realmente el rasgo que se pretende medir” (p. 73). Por tal razón, el instrumento fue validado por tres expertos, entre ellos dos (02) Magister en el área de manejo de los recursos agua y suelo y un Evaluador especializado en metodología, quienes presentaron algunas consideraciones en cuanto a la presentación del instrumento, claridad de la redacción de los ítems, pertinencia, relevancia y factibilidad. Al corregir sus orientaciones pertinentes, para la aplicación, siendo relevantes las apreciaciones que valieron para mejorar y constituir el instrumento final.

La confiabilidad de un cuestionario es esencial para brindar confianza en los resultados siendo definida por Sabino (2001), como la “consistencia interior del instrumento, su capacidad para discriminar en forma constante ente un valor y otro” (p.131). A los efectos del estudio para determinar la confiabilidad del instrumento se aplicó a una prueba piloto a cuatro (04) finqueros productores agrícolas, que sin formar parte de la muestra conservan las mismas características, los resultados de las pruebas fueron procesados a través del coeficiente de confiabilidad interna: Alfa de Crombach, que a juicio de Hernández, Fernández y Baptista (2010), indican que “se requiere de una sola administración del instrumento de medida y produce valores que oscilan entre 0 y 1”. (p. 251).

Esto permitió obtener una medida del grado de homogeneidad de los ítems del instrumento. Por consiguiente, se utilizó la respectiva fórmula que identifica al coeficiente, su valor alcanzado dio la respectiva condición de aplicabilidad del instrumento a la población que permitió en la investigación según la siguiente fórmula:

$$\delta_{tt} = \frac{K}{K-1} \left(\frac{1 - \sum S_i^2}{St^2} \right)$$

Donde:

K = Número de ítems

S_i = Varianza de los puntajes de cada ítems

St = Varianza de los puntajes totales

El resultado debe ser próximo a 1

El procedimiento se demuestra Seguidamente:

En función de lo planteado se obtuvo un coeficiente de 0,88, lo que significa a utilizar los rangos propuesto por Tamayo (2004), si el instrumento presenta un rango mayor a 0,81 equivale a una magnitud muy alta esto conlleva a decir que el instrumento presenta una alta confiabilidad interna: (Anexo C).

Tabla 2. Coeficiente de confiabilidad interna: Alfa de Crombach.

Rangos	Magnitud
0,81 a 1,00	Muy Alta
0,61 a 0,80	Alta
0,41 a 0,60	Moderada
0,21 a 0,40	Baja
0,01 a 0,20	Muy Baja

3.7 ÁREAS DE ESTUDIOS

3.7.1 Ubicación.

A continuación se muestran las ubicaciones de las áreas de estudios dentro del municipio Esteller, estado Portuguesa (Grafico 1), donde se presentan los cuatro predios en estudio los cuales se caracterizan por presentar en forma general un relieve plano, donde se desarrolla la actividad agrícola del cultivo del arroz con manejo intensivo, realizando tres ciclos de arroz por año aplicando un patrón similar en manejo de los recursos aguas y suelos.

Geográficamente las superficies de las áreas de estudios y sus fuentes de agua subterránea correspondientes se encuentran ubicadas en las coordenadas UTM (Datum RegVen) Indicadas en la siguiente tabla, y seguidamente se muestra a detalles la ubicación relativa de éstas, (Figura 1), en anexos se presentan cada una por separado. (Anexo I)

Tabla 3. Ubicación Espacial de las Aéreas de Estudio.

FINCAS	BUCARAL		SAN PANCRACIO			LA MESETA		LA TOLVANERA	
Coord. UTM Fincas	402.879		473.448			474.530		467.162	
Nro. Pozos en uso	1	2	1	2	3	1	2	1	2
Coord. UTM pozos	473.121	473.481	472.494	473.438	473.777	474.516	474.806	467.196	467.131
	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

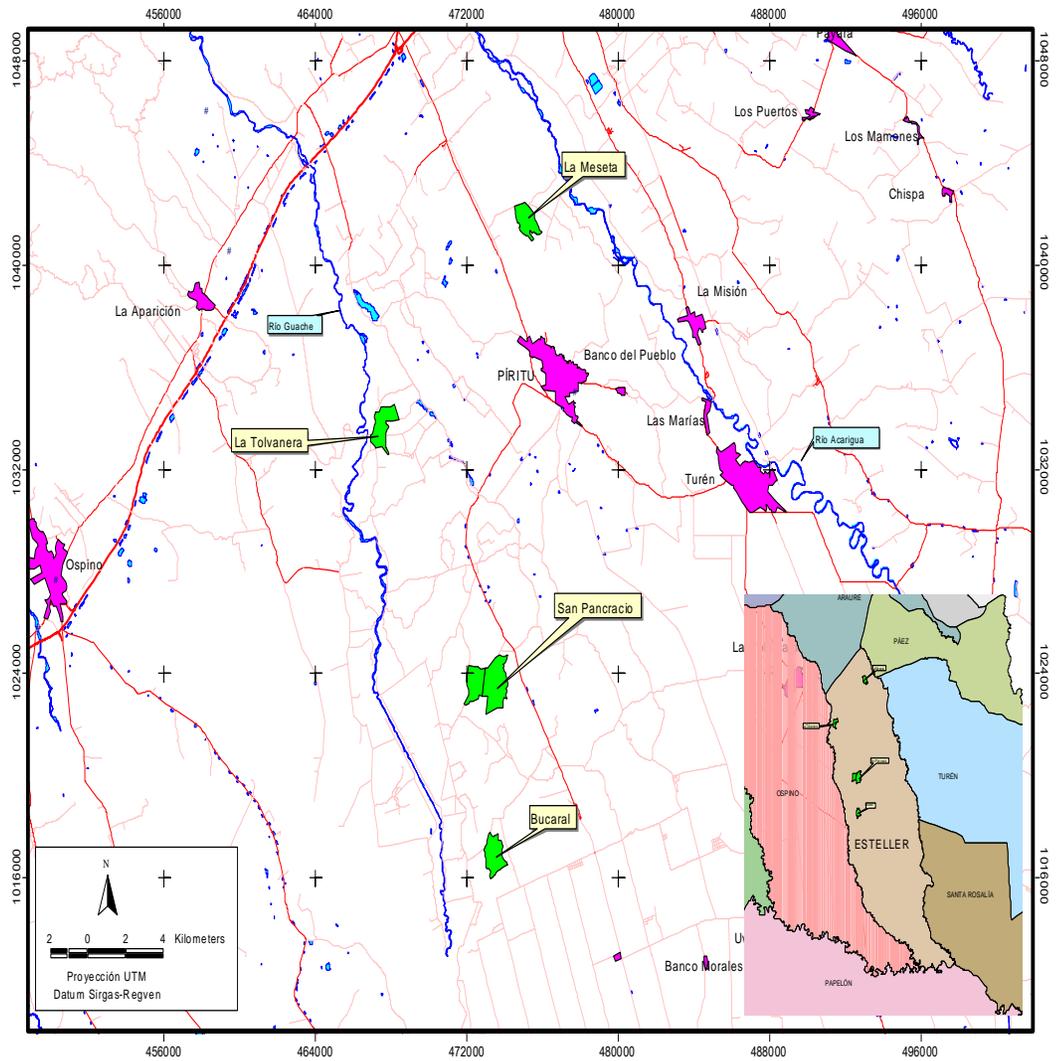


Figura 1. Ubicación relativa del municipio Esteller estado Portuguesa y áreas de estudios.

Fuente: Centro cartográfico UNELLEZ

3.7.2 Características Físico Ambientales del Área de Estudio.

3.7.2.1 Relieve: Existe un relieve generalmente plano, con pendiente menores al 4%; medio de sedimentación representado por formas de planicie de desborde y explayamiento de los ríos Acarigua (Este) y Guache (Oeste), donde se encuentran bancos altos mezclados con grandes napas y algunos bajíos menores. El norte de la capital (Píritu), corresponde a medios deposicionales de planicie de desborde, caracterizado por bancos altos asociados con grandes napas y por bancos altos entremezclados con sectores de vegas muy arenosas parcialmente cubiertas; hacia el Este del municipio, cercano al caño Guamal, hay medios deposicionales de planicie de desborde, con influencia de planicie de explayamiento, formados por pequeños diques, grandes napas y grandes bancos de desbordamiento, con numerosas ramificaciones en pequeños bancos que encierran posiciones de bajío; al Oeste de Píritu, en dirección del río Guache, se observan medios deposicionales de planicie de explayamiento formados por ejes rectilíneos pedregosos, bordeados con amplias napas de desbordamiento y pequeños bancos arenosos, así como también medios deposicionales de planicie de desborde con influencia de planicie de explayamiento, formada por asociación de cauces y albardones de orilla en su parte superior, con presencia de pequeñas cubetas en la parte inferior de la planicie aluvial.

3.7.2.2 Geomorfología: Se identifican las siguientes unidades geomorfológicas:
Planicie: Con elevaciones inferiores a 200 m.s.n.m, y pendientes menores al 1 %, considerada como moderadamente estable, por estar afectada por la erosión laminar.
Valles: Conformado por llanura de inundación y terrazas de diversas alturas.

3.7.2.3 Geología: Según González O. (2009), en su dossier sobre Píritu, es poca la variabilidad de los suelos en cuanto a sus características, su constitución geológica es de aluviones del cuaternario reciente con poca estructuración. Al Norte, los suelos son profundos, de textura media en el primer metro de profundidad (bancos), y arcillosa

con drenaje superficial lento hacia las cubetas de desborde y napas, con inclusiones de suelos pesados, y con fertilidad que va de media a alta, desde el punto de vista taxonómico: Ustropepts, Haplustolls y Epiaaquepts, hacia el Oeste, se encuentran suelos pedregosos (con grava o piedra entre 25 y 50 cm). La información cartográfica de suelos presentada fue consultada en el Centro Cartográfico de la UNELLEZ Guanare.

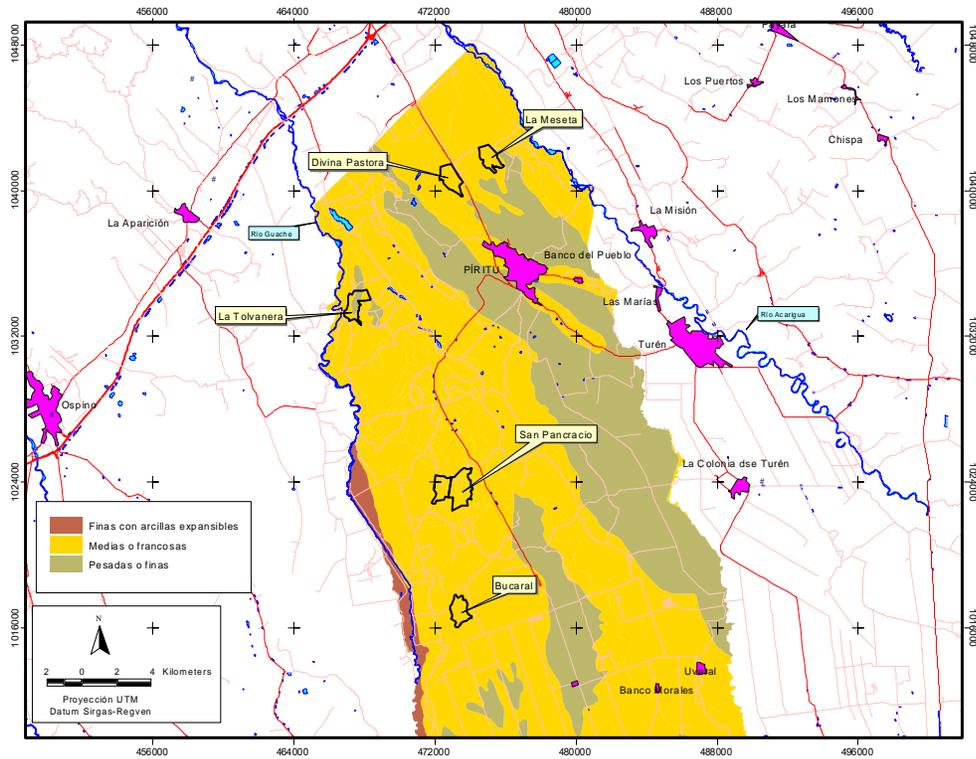


Figura 2. Tipos de Textura municipal Esteller estado Portuguesa y áreas de estudios

Fuente: Centro cartográfico UNELLEZ Guanare

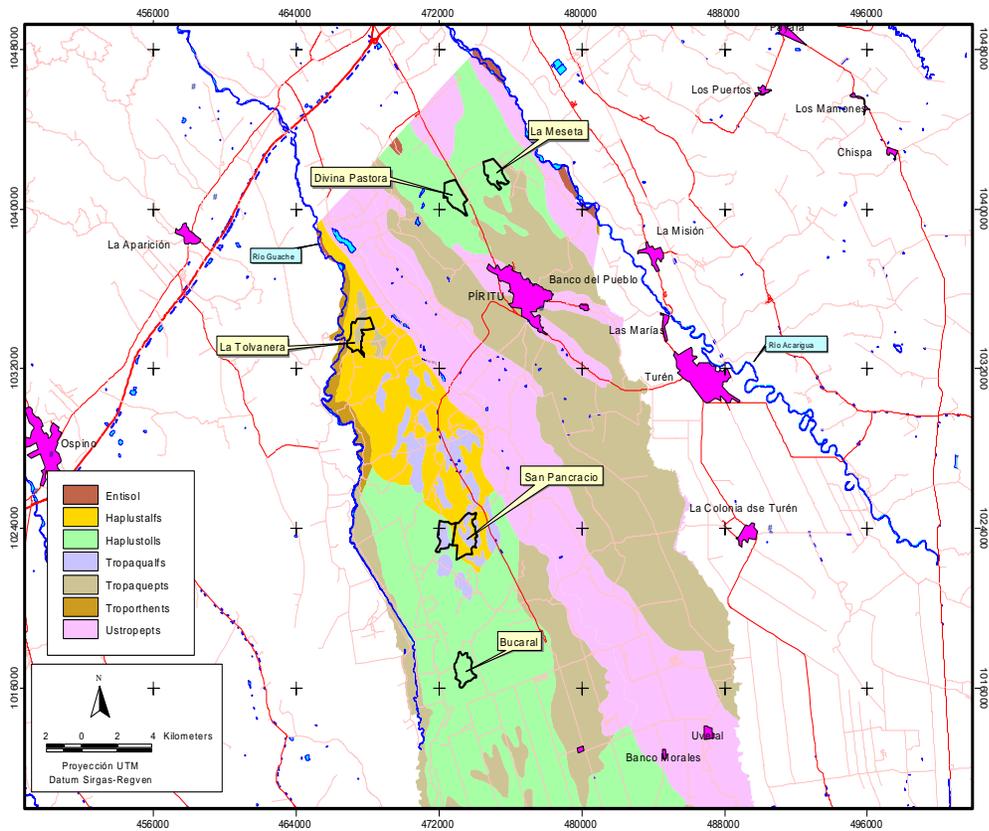


Figura 3. Tipos de suelos municipio Esteller estado Portuguesa y áreas de estudios.

Fuente: Centro cartográfico UNELLEZ Guanare

Según lo indicado en el Artículo 7 del Decreto N° 51 de fecha 0170671993, publicado en gaceta oficial del estado Portuguesa N° Extraordinario del 06/05/1993, relativo al **Plan de Ordenación Territorial del Estado Portuguesa**, el área de estudios tiene asignado un uso ó Capacidad de uso de las tierras: Agrícola (clase II), de media conservación, cuyas actividades permitidas son: agricultura comercial (arroz, sorgo, leguminosas) entre otros, con riego complementario ya sea transitorios o permanentes, agricultura mecanizada bajo régimen de lluvia o requiriendo riego para explotaciones intensivas, y ganadería con ligeras limitaciones por mal drenaje.

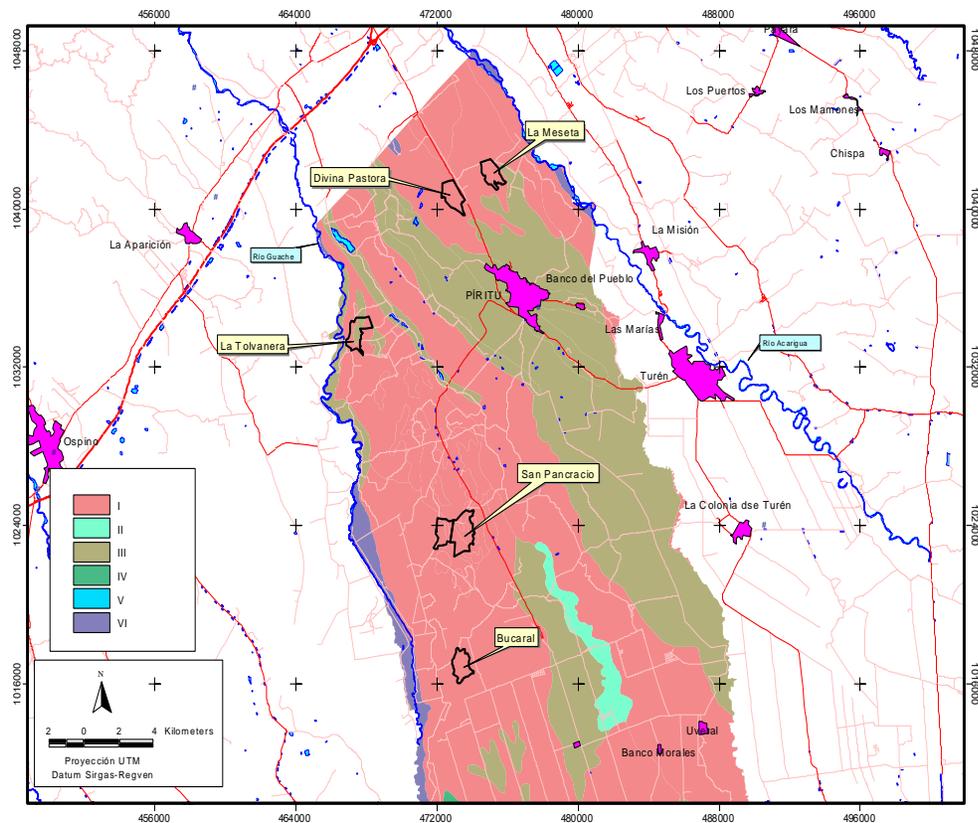


Figura 4. Capacidad de uso de suelos municipio Esteller estado Portuguesa y áreas de estudios.

Fuente: Centro cartográfico UNELLEZ Guanare

3.7.2.4 Clima: Existe una temperatura media de 27,1°C, y precipitación promedio de 1.556,1 m.m., anual; patrón de distribución: régimen unimodal, con período lluvioso de abril a octubre, y descarga el 90,1% del total anual. Junio es el máximo módulo mensual.

3.7.2.5 Hidrografía: Los principales cursos de agua dentro del municipio son: el Caño Guamal, ubicado al Este, que sirve de límite con el municipio Turén y el Río Guache, por el Oeste, que sirven también como límite con el municipio Ospino. Otros

cursos de aguade importancia son: Caño Rabipelado, Tuzuragua, Río Buchí, Caño Taparón, Caño Chispas, Caño Pozoncito, Caño Morrocoy (régimen intermitente), Caño Tunzo, Caño Bucaral, Quitacalzón y Negrones.

3.7.2.6 Vegetación: La vegetación del área de influencia a los predios en estudio es la característica de la Zona de Vida de Bosque Seco Tropical (Holdridge, 1967); con presencia de bosques ribereños semi-decuidos y decuidos, de ejemplares altos y medianos y con un sotobosque denso de matorrales y hierbas que se reducen a manchas de mediano a pequeño tamaño y a líneas de galerías cuando siguen los cursos de agua; existen extensas áreas deforestadas y una fuerte intervención para uso agropecuario para cultivos (maíz, arroz, algodón, ajonjolí) y ganadería, en terrenos parcialmente inundable, en la zona es frecuente localizar extensas zonas con plantaciones forestales especialmente de Pinos, Melina y eucaliptus.

3.8 METODOLOGÍA

3.8.1 Diagnostico de las condiciones de manejo del agua subterránea en el cultivo de arroz en los predios correspondientes a las áreas de estudios.

3.8.1.1 Extracción.

a).- Se recopiló la información básica sobre las condiciones de extracción de las aguas subterráneas correspondientes a las área de estudio, por medio de la revisión de información bibliográfica y de registros de expedientes con Estudios de Impacto Ambiental y Sociocultural (EIAS), en el Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas (MINEA) Guanare, tales como: Profundidad, diámetro de tuberías y capacidad de los equipos de bombeo.

Tabla 4. Características de los Pozos.

Características	Unidad	Bucara Pozo N°2	San Pancracio Pozo N°2	La Meseta Pozo N°2	La Tolvanera Pozo N°1
Profundidad (P)	m	105	83	97	85
Nivel estático (Ne)	m	6	4	2	3
Nivel de bombeo (Nb)	m	9	7	3	7
Diámetro del pozo (D)	Pulg/cm	16" (40)	16" (40)	16" (40)	16" (40)
Capacidad de bombeo	(HP)	75	75	75	75
Área del tubo (A)	m ²	0,1256	0,1256	0,1256	0,1256
Volumen nivel estático (Ve)	Lts	12.434,4	9.922,4	11,932	10,2992
Volumen nivel de bombeo (Vb)	Lts	12.057,6	9.545,6	11.806,4	9.796,8
Permeabilidad (Pe) (*)	m/día	1 x 10 ⁻²	1 x 10 ⁻²	1 x 10 ⁻²	1 x 10 ⁻²
Espesor (H)	m	62	76	73	30
Transmisividad (T)	m ² /día	6.200	7.600	7.300	3.000
Conductividad (C)	m/día	100	100	100	100
Caudal (Q)	m ³ /día	6.912	6.048	10.368	20.736
Área de influencia del pozo (R)	m ²	2.000	2.000	2.000	2.000

Fuente: Ingeodesa. MINEA. (*) Según tablas de permeabilidad. Fermín Villaroya

Donde: $A = \pi * r^2$, $Ve = A * P$, $Vb = A * (P-Nb)$, $T = Pe * H$, $C = T/H$ (IGME 1984).

b).- Empleando como instrumento la entrevista, que conllevó a respuestas consideradas en el contexto de los objetivos específicos y marco teórico de la investigación, se consulto en campo a los productores responsables de la actividad en dichos predios, confirmando así la información detallada en las revisiones y consultas, en cuanto a: características generales de la extracción de las aguas subterráneas, tales como, como: Profundidad, Diámetro de tuberías internas y de salida, capacidad de los equipos de bombeo, describiendo los materiales de construcción e infraestructuras tanto de los pozos como de las instalaciones de riego. (Entrevista parte I)

c).- Teniendo en cuenta la información sobre las características de los pozos se determinan los siguientes cálculos hidráulicos ó parámetros de productividad: Coeficiente de almacenamiento, Abatimiento y Recarga del pozo, con el uso de las siguientes formulas:

Coeficiente de almacenamiento: $Ca = \frac{1}{Vs + Vb},$

Donde: V_e : Volumen estático.

V_b : Volumen de bombeo.

Abatimiento: (*) (Ecuación de Darcy. Ingeniería Hidráulica, Juan J Bolinaga)

Donde:
$$S = \frac{Q}{2\pi \cdot T} \ln \frac{R}{r}$$

Q: Caudal In R: Radio de Influencia del pozo.

T: Transmisividad r: radio o circunferencia del área del tubo.

Recarga del pozo: $Ra = Va / t.$

Donde:

V_a : Volumen de Abatimiento. t:Tiempo

$V_a = Nb / Ne$

Donde: N_b : Nivel de bombeo. N_e : Nivel estático.

3.8.1.2 Conducción.

En base a la información general mediante las consultas bibliográficas, entrevistas y visitas de campo concernientes a las características generales de la extracción de las aguas subterráneas, se obtiene la información de las condiciones de conducción del agua a los lotes de cultivo en las cuatro áreas de estudios.

3.8.2 Aplicación del agua a través de riego en lotes de cultivo de arroz.

3.8.2.1 Altura de la lámina de agua aplicada en cultivo de arroz.

a).- Para lograr esto, primero se tomo como base a la información suministrada en las entrevistas a los productores sobre el manejo de la laminas de agua aplicada en las etapas del cultivo: Preparación de suelos, Germinación, Plántula, Macollamiento, Máximo macollamiento, Elongación del tallo, Formación de la panícula, Floración, Etapa lechosa, Etapa pastosa, Etapa de maduración y Cosecha.

b).- Para corroborar esta información en campo también se realizaron una serie de mediciones de la altura de la lámina de agua aplicada en las diferentes etapas del cultivo al mismo tiempo que se realizaron recorridos y reportes fotográficos.

3.8.2.2 Lámina de agua aplicada en el cultivo de arroz según CROPWAT.

a).- Para calcular la lámina de agua aplicada en el cultivo de arroz con el programa CROPWAT, se calculó primero la lámina de retención en el suelo cultivado de arroz, para lo cual se tomó en cuenta que según Orozco, 2010, la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente es lo que se define como humedad aprovechable por las plantas. Si se considera que a capacidad de campo la humedad aprovechable es de 100%, a punto de marchitez permanente será de 0%,

entonces la lámina máxima que se puede aplicar a un suelo a una profundidad Pr, sin desperdiciar agua será:

$$L_{rm} = (PSCC - PSPMP) \times DA \times PR/100$$

Donde:

Lr = 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)

b).- Para este cálculo de la lámina de retención máxima, también se consideró el rango de profundidad radicular efectiva máxima en suelos sin restricciones al crecimiento de las raíces según FAO 56 Crop Evapotranspiration, el cual señala que para el cultivo de arroz ésta varía entre 0,5 y 1 metros. Sin embargo Álvarez (1987), concluye que el 80% de las raíces se encuentran en los primeros 0,7 m, por lo tanto se tomó el valor de 0,20 m para el cálculo de la lámina de retención máxima del suelo (Lr), así como los valores de CC= 35%, PMP=17% y Da= 1,25 de Grassi 1976.

c).- A la lámina de retención, se le adiciono la altura de la ámina de agua aplicada en el cultivo, observada en campo, además de las perdidas por evaporación, transpiración, percolación y escorrentía en cada etapa de desarrollo, en base a el uso consuntivo medio de agua del arroz (tabla 5), cultivado en zonas tropicales bajas, como la de los llanos occidentales, según Sánchez (1976), citado por Álvarez (1997).

Tabla 5. Usos consuntivos.

Usos	mm	Días/ciclo	mm/día
Preparación del suelo	240	19	12,63
(+ Fangueo)		4	60,00
Evaporación	280	110	2,55
Transpiración	375	110	3,41
Percolación y escorrentía	450	110	4,09
Total			82,68

Fuente: Grassi, C. 1975. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos.

d).- 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.

$$\mathbf{Lp = Pérdida\ mm/día\ (usos\ consuntivos)\ *\ días/etapa}$$

e).- Se obtuvo la lámina bruta aplicada (Lba), sumando las cantidades de las láminas de pérdidas, las láminas de retención máximas, más las láminas o alturas de las láminas de agua aplicadas por el productor, todo esto por cada etapa del cultivo.

$$\mathbf{Lb = Altura\ de\ lamina\ +Lrm+ Lp}$$

e).- 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 (tabla 11, figuras 10 y 11).

3.8.3 **Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo arroz, en los predios correspondientes a las áreas de estudios, con el uso del programa CROPWAT.**

Se siguieron los siguientes pasos para realizar los cálculos de Programación con el uso de CROPWAT 8.0 y determinación de los requerimientos hídricos del cultivo de arroz:

a).- Se selecciono el **Módulo Clima/ETo**, para el cálculo de la Evapotranspiración de Referencia por el método **Penman-Monteith** y se procedió a la introducción de información como país, nombre, altitud, latitud y longitud de las Estaciones Meteorológicas adscrita al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA, Municipio Turén, y del Aeropuerto Municipio Araure, así **como los datos** climáticos sobre temperaturas mínimas y máximas, evaporación, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento y Radiación Solar, que se ingresaron en modalidad decadiaria, resultando un promedio anual correspondientes al período comprendido entre los años 1998 - 2010, utilizándose la información de la fuente más cercana al área de estudio. (Tabla 6)

b).- Seguidamente en el mismo **Módulo Clima** con la información cargada de las estaciones climáticas, se calculó la **Precipitación y la Precipitación Efectiva** por el Método: USDA Servicio de Conservación de Suelo, ajustada por CROPWAT.

$$P_{ef} = P_{mes} * (125 - 0.2 * P_{mes}) / 125 \quad \text{para } P_{mes} \leq 250 \text{ mm}$$

$$P_{ef} = 125 + 0.1 * P_{mes} \quad \text{para } P_{mes} > 250 \text{ mm}$$

d).- A continuación se cargaron en el **Modulo Suelo**, mediante la programación de cálculos, el nombre del Cultivo, las fechas de siembra y cosecha al mismo tiempo que por etapas del cultivo de Arroz en siembra directa los datos de duración de cada periodo, usando la información edafoclimáticos de la zona como criterios:

- Momento de riego: Regar a % fijo de agotamiento crítico
- Aplicación de riego: Repone a altura de agua fija
- Eficiencia en %

Preparación de suelo:

- Configuración de preparación general de suelo:
- Tasa máxima de percolación después del fangueo: Formula FAO Disminución diaria en la Máxima tasa de percolación durante el fangueo: Formula FAO.

Programa prefangueo:

- Requerimiento de remojo al primer día: Reponer el suelo a saturación hasta profundidad de fangueo= 10 (como valor por defecto)
- Momento de riego: Regar a % de agotamiento de CC fijo
- Aplicación de riego: Repone a % de saturación fijo
- Programa fangueo:
- Momento de riego: Regar a altura de agua mm fija
- Aplicación de riego: Reponer a lamina de agua fija

Suelo:

- Se emplearon los resultados de los análisis de Textura en las muestras de suelo tomadas en las áreas de estudio. (ítem c)

Datos Generales del suelo:

- Humedad del suelo disponible total (ADT)
- Tasa máxima de infiltración de la precipitación (TMIP)
- Profundidad radicular máxima
- Agotamiento inicial de la humedad del suelo como % de ADT
- Humedad suelo inicialmente disponible: $HSID=ADT \times AIHS$

Datos adicionales del suelo para arroz:

- Porosidad drenable (SAT-CC)
- Agotamiento crítico para grietas del fangueo
- Tasa máxima de percolación después del fangueo
- Altura de la lámina de agua

c).- Para poder cargar los resultados del parámetro de Textura de los suelos de cada predio, en el Modulo anterior, se levantó información en campo mediante un muestreo de suelos aleatorio simple, una muestra compuesta de varios puntos por cada lote de siembra de cada área de estudio en estudio: Bucaral (18 ha), San Pancracio (22 ha), La meseta (17 ha) y La Tolvanera (15 ha), cada uno considerada respectivamente como una unidad de suelo, las muestras captadas fueron procesadas y analizadas en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora (UNELLEZ Guanare), siendo empleada para esto la técnica de análisis de Bouyouco.

d).- Para calcular el resultado del parámetro AIHS, se empleó el parámetro ADT para el cual se necesitaron valores de CC y PMP, los cuales fueron establecidos teóricamente basándose en la consulta bibliográfica del Resumen de las propiedades físicas del suelo, según Grassi (1976). Tabla 7.

c).- Una vez que los datos anteriores se cargaron y estuvieron disponibles, se selecciono el **Módulo RAC** (requerimientos de agua del cultivo) y éstos se calcularon, incluyendo en el los datos de suelo y los requerimientos para la preparación de suelo. Seguidamente se graficaron los Requerimientos de Agua del Cultivo, para cada una de las áreas de estudio, seleccionando el icono de Gráfico en la barra de Herramientas.

e).- Por último la información correspondiente a cada área de estudio se cargó y se guardó en el programa y estuvieron disponibles en los módulos: **Clima, cultivos y suelos**, se selecciono el **Módulo de programación de riego**, y cada uno de éstos se calcularon, en los cuales se reflejan las cantidades de lámina neta aplicada. Se graficaron las Programaciones de riego seleccionando el ícono Gráfico en la barra de Herramientas para hacer mas visible el comportamiento de estas variables.

Tabla 6. Resumen de las propiedades físicas del suelo.

Textura	V.I (cm/h)	Porosidad (%)	Densidad. Aparente (gr/cm ³)	CC (%)	PMP (%)	H U (cm/m)
Arenoso	5 (2-25)	38 (32-42)	1,65 (1.5-1.8)	9 (6-12)	4 (2-6)	8 (7-10)
Franco arenoso	2.5 (1.3-7.6)	43 (40-47)	1,50 (1.4-1.6)	14 (10-18)	6 (4-8)	12 (9-15)
Franco	1.3 (0.8-2.0)	47 (43-49)	1,40 (1.3-1.5)	22 (18-26)	10 (8-12)	17 (14-19)
Franco arcillosos	0.8 (0.2-1.5)	49 (47-51)	1,35 (1.3-1.4)	27 (23-31)	13 (11-15)	19 (17-22)
Arcilloso arenoso	0.25 (0.03-0.5)	51 (49-53)	1,30 (1.2-1.3)	31 (27-35)	15 (13-17)	23 (18-23)
Arcilloso	0.05 (0.01-0.1)	53 (51-55)	1,25 (1.2-1.3)	35 (31-39)	17 (15-19)	23 (20-25)

Fuente: Grassi, C Métodos de Riego.1976 VI: Velocidad de infiltración.CC: Capacidad de campo. PMP: Punto de marchitez permanente. HU: Humedad Utilizable

Según Schosinsky (2007), el cual cita los valores de las propiedades físicas de los suelos de Grassi 1976, porque además de la información necesaria para su estudio de balances hídricos es útil y necesario conocer varios parámetros como la infiltración al suelo generada por la inundación de los campos, capacidad de campo, punto de marchitez del suelo y profundidad aproximada de las raíces extractoras de agua, los cuales de pronto no se puedan calcular pero se toman teóricamente de esta herramienta, ya que cuando un suelo no saturado se encuentra en su humedad máxima (capacidad de campo), es cuando la planta tiene la máxima capacidad de transpiración, al contrario, la mínima humedad que puede tener un suelo es igual al punto de marchitez, con humedades menores la planta muere.

De esto se deduce que un suelo no saturado a profundidades mayores que la profundidad promedio de las raíces se encuentra a capacidad de campo.

3.8.4 Comparación de las cantidades de agua subterránea aplicadas en los predios correspondientes a las áreas de estudios con los requerimientos hídricos calculados para cada uno de los mismos con el programa CROPWAT.

a).- Se realizó la comparación de las cantidades de agua subterránea aplicadas por los productores en los predios correspondientes a las áreas de estudios, restando las cantidades de agua correspondientes a las alturas de las láminas de agua, por etapas del cultivo, menos los requerimientos hídricos calculados (láminas netas recomendadas por CROPWAT), con el objetivo de determinar la lámina excesiva aplicada en cada uno de los predios.

b).- Una vez obtenida toda esta información se procedió a graficar los resultados de las láminas netas aplicadas, y de las láminas excesivas aplicadas por los productores, para cada fase de desarrollo del cultivo.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Condiciones de manejo del agua subterránea en el cultivo de arroz en los predios correspondientes a las áreas de estudios.

4.1.1 Extracción.

La información resultante de las consultas sobre las condiciones de extracción del agua subterránea en resumen dicta lo siguiente, las fuentes en las cuatro áreas de estudio presentan profundidades promedio de: 92,5 m y es encauzada por tuberías de diámetro promedio de 16 pulgadas (40 cm), a través de los cuales se succiona el agua con el uso de bomba sumergible, con capacidad de 75 Hp, arrojando caudales promedio de 112,5 l/s.

En cuanto a las características de estos pozos (tabla 4), se observa que presentan un nivel estático (Ne) promedio de 3,75 m y un nivel de bombeo (Nb) promedio de 6,5 m.

El valor promedio resultante de la permeabilidad (1×10^{-2} m/día), es propio de la clasificación Geológica: Limos o Arcillas arenosas y clasificación Hidrogeológica: Buen acuífero, según los valores de Custodio y Llamas, (1983).

También se observa que la capacidad de transmitir agua (Transmisividad ó T) del acuífero de la finca San Pancracio se presenta con mayores valores de 7.600 m²/día, lo cual corresponde a un acuífero muy productivo (Fermín Villaroya, citado por INGEODESA) (figura 5), 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 m²/día y 7.300 m²/día, respectivamente, sin embargo la finca La

tolvanera si presenta una gran diferencia en este valor. $T= 1 \times 10^2 \text{ m/día} \times 47 \text{ m} = 4.700 \text{ m}^2/\text{día}$.

Estas características coinciden con los resultados encontrados por **SuahSor** 2006, en un trabajo sobre evaluación de la cantidad y la calidad del agua del acuífero de la ciudad de Guanare, donde encontró valores desiguales de Transmisividad para diferentes sectores con cifras que van desde 600 hasta 14000 $\text{m}^2/\text{día}$ y depende de las características del material depositado en cada sector del acuífero.

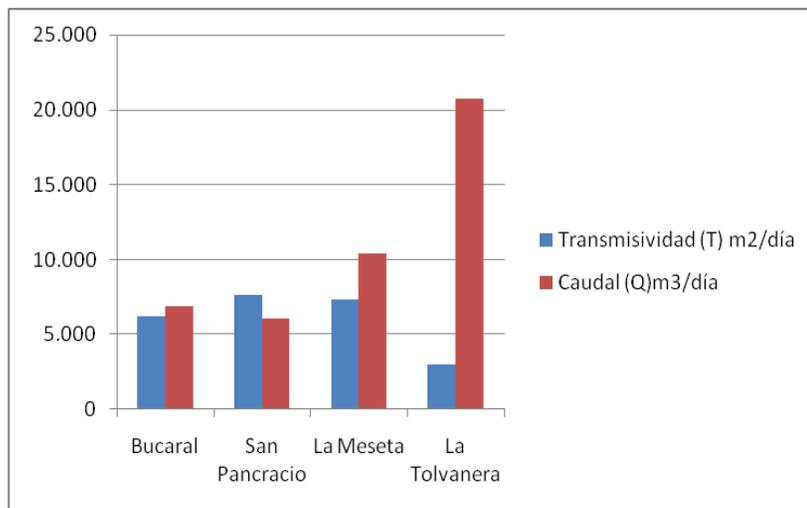


Figura 5. Transmisividad de los pozos de las áreas de estudio.

Los resultados arrojados de los cálculos de productividad como: Coeficiente de almacenamiento, Abatimiento y Recarga para cada una de las fuentes en estudio, se presentan a continuación en el siguiente cuadro:

4.1.1.1 Cálculos Hidráulicos.

Tabla 8. Resultados de los Parámetros de productividad.

Características	Unidad	Bucaral Pozo N°2	San Pancraccio Pozo N°2	La Meseta Pozo N°2	La Tolvanera Pozo N°1
Coefficiente de almacenamiento (a)		$3,96 \times 10^{-5}$	$5,00 \times 10^{-5}$	$4,16 \times 10^{-5}$	$4,88 \times 10^{-5}$
Abatimiento (S) (*)	Lts	8,48	8,2	8,75	10,1
Recarga	Lts/seg	13	12,56	4,18	167

En cuanto al cálculo resultante de Coeficiente de almacenamiento del acuífero, resulto con mayor cabida para las fuentes de los predios San Pancraccio y La Tolvanera con valores cercanos a 5×10^{-5} . Sin embargo en los otros dos acuíferos resultaron valores de $3,96 \times 10^{-5}$ y $4,16 \times 10^{-5}$, los cuales son correspondientes a acuíferos confinados ya que según la Global Water Partnership, (2013), en acuíferos confinados los valores típicos se encuentran entre 0.00005 y 0.005, mucho menores que la porosidad eficaz de un acuífero libre. Esto se debe a que en un acuífero confinado el agua no es liberada por el drenaje de los intersticios sino por la compresión del acuífero, en particular de las capas de arcillas y limos intercaladas, (por eso también denominado coeficiente de almacenamiento elástico), y todo el material acuífero permanece saturado.

Éstas características también coincide con los resultados encontrados por SuahSor 2006, el cual en su trabajo de investigación anteriormente citado, determinó que el espesor del acuífero libre llega hasta más o menos 35 m y el confinado desde allí hasta profundidades que van más allá de los 100 m.

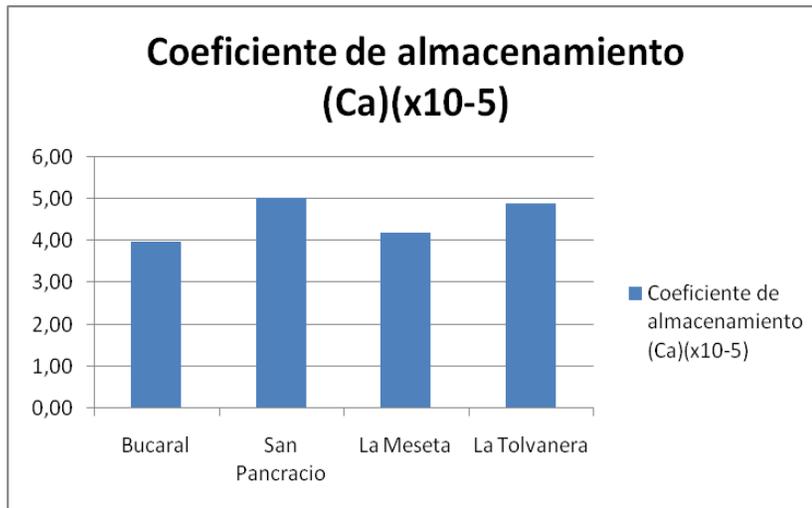


Figura 6. Coeficiente de almacenamiento de los pozos de las áreas de estudio.

En referencia a lo expuesto en el planteamiento del problema, sobre la baja data de consultas nacionales sobre investigaciones en aguas subterráneas, se encontró sin embargo que Guardia (1996), realizó un estudio sobre el potencial de aguas subterráneas en el Valle Alto de Río Yaracuy sobre una superficie de 333 Km². Midió diversas variables, entre ellas caudales específicos, y coeficiente de almacenamiento. Encontró 87 pozos profundos dentro del área de estudio con información incompleta. Las reservas geológicas del acuífero se estimaron en 832 m³ de aguas, concluyó que dentro del Valle alto del Río Yaracuy se encuentran acuíferos extensos con altos rendimientos, con buena calidad de aguas para consumo humano y riego.

Lo que coincide con los resultados de Ruíz (1996), en su trabajo sobre la evaluación de las aguas subterráneas de la zona delimitada por la carretera Nacional Troncal 5 y los ríos Cojedes y Tinaco, quien utilizó información de suelo, pruebas de bombeo y otros, e inventarió 671 pozos, donde también concluyó que el uso predominante es hacia el riego.

El abatimiento del nivel de bombeo para pozos profundos proporciona información útil para el mejoramiento y rehabilitación de la infraestructura de extracción del agua subterránea. Es una herramienta básica para determinar la eficiencia hidráulica y las características del comportamiento hidráulico de un pozo profundo. Los cálculos resultantes de ésta variable de los pozos estudiados fueron: 8,48, 8,2, 8,75 y 10,1 lts, respectivamente, y por ser valores muy parecidos se puede inferir que no hubo diferencias significativas entre éstos.

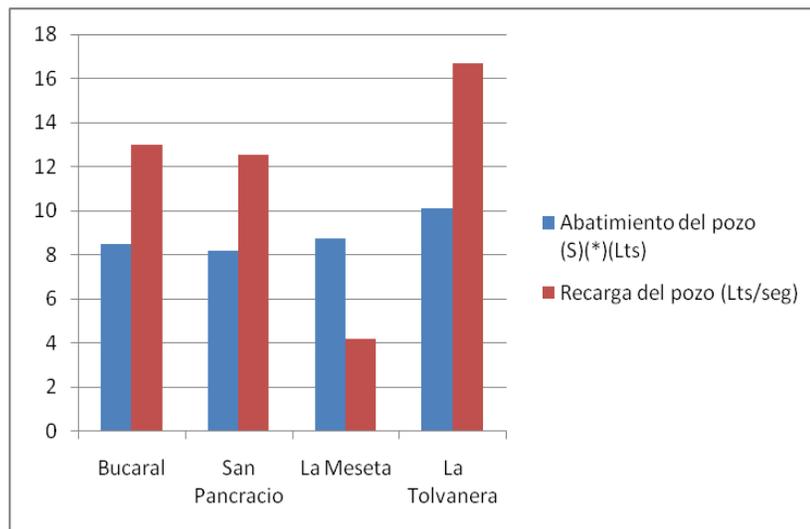


Figura 7. Abatimiento y Recarga de los pozos de las áreas de estudio.

La permeabilidad vertical, que es necesario tener en cuenta si el flujo es vertical (ascendente o descendente) suele ser en los acuíferos detríticos, dos o tres ordenes de magnitud inferior a la horizontal. Esto conviene tenerlo muy presente, lo cual expresa la forma del cono de descensos en régimen permanente y en un acuífero confinado, y representa el cono de descensos generado por el flujo radial del agua hacia un sondeo, a través de un acuífero de espesor constante. Al estar en régimen permanente, el caudal (Q) que se extrae es el mismo que, fluye radialmente hacia el sondeo, y al mismo tiempo atraviesa cualquier cilindro concéntrico con el sondeo, por eso se

emplea la Ecuación de Darcy al flujo del agua subterránea en el estudio también del parámetro de Abatimiento. (Bolinaga, 1990).

Al evaluar los parámetros de abatimiento y de recarga, se correlaciona que haya mas capacidad de recarga que de abatimiento en tres de las cuatro fuentes evaluadas, Bucaral, San Pancracio, (destacados valores encontrados de producción en la fuente del predio La Tolvanera), sin embargo para la fuente del predio La Meseta se presentó una condición de baja recarga en relación a su riesgo de abatimiento, razón por la cual el acuífero puede descender a futuro en su vida útil.

Los valores de los parámetros de recargas de los acuíferos evaluados en esta investigación corresponden a valores efectivos de las propiedades del acuífero las cuales posiblemente se ven afectadas por las condiciones del pozo al momento de efectuar pruebas y por la geología de las distintas profundidades de las cuales capta, los cuales corresponden a estratos del acuífero con diversas propiedades.

En cuanto a estos aspectos por ejemplo encontramos que Facundo et al (2016), estudió la estimación de las recargas del acuífero como herramienta para la gestión en las actividades desarrolladas en la región del Cauca, Colombia. En este sentido, la recarga anual del acuífero fue estimada mediante balance hídrico, pero partiendo de la definición de control delimitado de un volumen por la hidrogeología del acuífero, e identificando los componentes de recarga de entrada como precipitación, agua de riego, caudal superficial y de salida o descarga, la Evapotranspiración real, caudal de extracción por bombeo, y caudal superficial de salida.

Ferrara et al (2007), exponen 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.

El volumen de recarga de los acuíferos calculado indica la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo para potencializar las actividades agrícolas en la zona, bajo una planeación óptima del recurso.

4.1.2 Conducción.

Se determinó en campo que una vez extraída el agua del pozo esta es conducida desde la fuente hasta los lotes de siembra, a través un conjunto de canales, los que se originan en las salidas de los pozos (Canal de concreto primario), y se distribuyen por canales de tierra a los campos y permiten la llegada del agua a los lotes a regar (canal secundario) esto por igual en todas las áreas de estudio. (Tabla 2, ítem 12).

Tabla 9. Entrevistas a los Productores. Parte I. Información general.

Nº	Información General:	Bucaral	San Pancracio	La Meseta	La Tolvanera
1	Propietario:	Miguel León	Eduardo Hernández	Roger Jaimes	Antonio Pineda
2	Municipio:	Esteller	Esteller	Esteller	Esteller
3	Localidad:	Píritu	Píritu	Píritu	Píritu
4	Sector:	Maporal	Maporal	Píritu	Píritu
5	Estado:	Portuguesa	Portuguesa	Portuguesa	Portuguesa
6	Cultivo:	Arroz	Arroz	Arroz	Arroz
7	Época o Periodo de zafra:	2.016 II	2.016 II	2.016 II	2.016 II
8	Áreas siembra verano (Has):	71	92	78	60
9	Nº de Pozos para riego:	2	3	2	2
10	Áreas de siembra en estudio (Has):	18	22	17	15
11	Nº del Pozo área de estudio:	Nº 2	Nº 2	Nº 2	Nº 1
12	Tipo de canales de riego	De tierra	De tierra	De tierra	De tierra

Donistar, (2014), expone que estos canales no deben superar el 5% de pendiente ya que se podrían dar problemas de erosión (movimiento de suelo). Es decir, las

conducciones de agua habitualmente construidas en tierra, tienen secciones y pendientes, que sumado a los caudales manejados, son factibles de erosionarse. El riesgo de erosión de estas conducciones internas, no es solo durante el período de riego de arroz, sino también posterior a este cultivo. Habitualmente, al desarmar la sistematización del riego, quedan insinuadas en el campo estas conducciones, favoreciendo la concentración del escurrimiento superficial cuando se dan las lluvias y se continúan erosionando.



Algunas características inadecuadas en los sistemas de riego, como la disposición de terreno en el caso de métodos de riego por gravedad (nivelación deficiente del suelo, deficiente aplicación), pueden causar pérdidas de agua de riego. Para considerar estos volúmenes de agua que no quedan dentro de la zona radicular, CROPWAT 8.0 permite ingresar una estimación de la eficiencia de riego, con la cual se estima la Lámina bruta de riego.

Figura 8. Imagen de canales de riego de una de las áreas de estudio

La publicación de la FAO (2006), indica que según el tipo de suelo y el nivel del agua subterránea, los campos inundados de arroz mostrarán una infiltración continua de agua hacia las capas más profundas. Este proceso de percolación es favorable para el crecimiento de las plantas ya que el movimiento del agua mantiene el contenido de oxígeno en el suelo a un nivel razonable.

Según datos del Consejo Mundial del Agua, (2010), se estima que alrededor del 60% del agua utilizada para el riego del cultivo de arroz es consumida por la planta, mientras que el 40% restante se filtra a las aguas subterráneas, lo cual representa un volumen importante de agua para recarga. Algunas modificaciones en la morfología de los canales de riego permiten aumentar la recarga natural de las aguas subterráneas.

4.1.3 Aplicación del agua a través de riego en lotes de cultivo de arroz.

4.1.3.1 Altura de la lámina de agua aplicada en el cultivo de arroz.

En la siguiente tabla se muestra parte de la información concerniente:

Tabla 10. Entrevistas Aplicadas a los Productores. Parte II.

Nº	Fase: Preparación de suelos	Bucaral	San Pancracio	La Meseta	La Tolvanera
1	Nivela los suelos:	Si	Si	Si	Si
2	Aplica Fangueo en los suelos:	Si	Si	Si	Si
3	D.A.S (*) en que aplica fangueo:	20	18	19	20
4	Maquinaria empleada:	Tractor Rastra	Tractor Rastra	Tractor Rastra	Tractor Rastra
5	Altura de la Lámina (mm):	200	250	200	200
Fase Siembra:					
6	Fecha de siembra:	26/11/16	01/12/16	26/11/16	01/12/16
7	Tipo de semilla:	Pre-Germinada.	Pre-Germinada	Pre-Germinada	Pre-Germinada
8	Variedad de Semilla:	SD – 480	Payara 11	SD – 480	Payara 11
9	Tipo de siembra:	Al voleo	Al voleo	Al voleo	Al voleo
10	Tipo de canales de riego	De tierra	De tierra	De tierra	De tierra
11	Lámina empleada (mm):	De 30 a 50			
Fase Vegetativa:					
12	Lámina en Germinación (mm):	50	50	50	50
13	Lámina en macollamiento(mm):	70	100	70	100
14	Lámina máx. macollamiento(mm):	100	100	100	100
15	Lámina elongación del tallo (mm):	100	100	100	100
Fase Reproductiva:					
16	Lámina Formac. de panícula(mm):	100	100	100	100
17	Lámina en Floración (mm):	100	100	100	100
Fase Maduración:					
18	Lámina etapa lechosa (mm):	100	100	100	100
19	Lámina etapa pastosa (mm):	100	100	100	100
20	Lámina etapa maduración (mm):	100	100	100	100

(*)Días antes de la siembra.

Según esta información de campo: El ciclo se inicia con la fase de preparación del suelo: primero mediante una nivelación para lo cual se emplea el tractor y las planchas o laminas niveladoras, luego aplican una lámina de agua promedio de 210 mm de altura, 19 días antes de la siembra para realizar fanguero del suelo con tractor y rastra. Sobre lo cual ANAR, (2011) sugiere que una buena nivelación es aquella que establece láminas de agua de 50 a 70 mm, con lo cual se obtienen mejores y mayores beneficios que láminas arriba de 100 mm.

También al respecto Álvarez (1997), señala la preparación del suelo con fanguero en campos inundados con láminas alrededor de 200 mm de profundidad, y acota que con la inundación permanente durante el periodo seco, se establece una lámina de 150 mm de profundidad. Sin embargo, en su misma publicación, expresa que la actividad de fanguero, destruye la estructura y porosidad de los suelos, lo que reduce el intercambio gaseoso entre el aire, el suelo y la atmósfera, y determina que deben ser sembrados solamente con arroz, el cual efectúa este intercambio a través de su aerénquima.

En la fase de siembra: Esta fecha para el momento del trabajo de campo fué correspondiente a la II zafra 2016, y varió entre el 26 de Noviembre al 1 de Diciembre empleando por igual en todas las áreas de estudio semillas pregerminadas de la variedad: SD – 480 y Payara 11, mediante la técnica de esparcimiento al voleo sobre el terreno preparado.

En la fase inicial del cultivo correspondiente a germinación y estado de plántula hasta los 12 días después de siembra, se mantiene saturado el suelo aplicándose el riego como se indica en la figura 9, con altura de lamina aproximada de 30 a 50 mm, observándose similitud de esta labor entre todas las áreas estudiadas.

Para el resto de la fase vegetativa durante la etapa de desarrollo o macollamiento la cual ocurre entre los 12 y 35 días, se observaron diferencias en las alturas de las laminas aplicadas entre las fincas de las áreas estudiadas variando entre 70 y 100 mm

en promedio 85 mm de agua, ocurriendo la altura mayor de la lamina en las fincas San Pancracio y Bucaral. Durante la fase vegetativa media cuando ocurre el máximo macollamiento entre 35 y 40 días y la elongación del tallo entre 40 y 55 días se mantiene una lámina con altura de 100 mm en todas las fincas estudiadas.

Durante la fase reproductiva también llamada etapa final acontece la formación de panícula entre 55 y 70 días y la floración entre 70 y 80 días, donde se establece una lamina con altura de agua de 100 mm, continuándose así como en la fase de maduración entre 90 y 110 días en la cual se mantiene establecida la lamina con altura de 100 mm, observándose similitud en esta labor para todas las áreas bajo estudio. En cuanto a esto Álvarez (1997), aporta que al aumentar el espesor de la lámina de agua disminuye el rendimiento del cultivo y que en suelo saturado los parámetros de producción se incrementan.

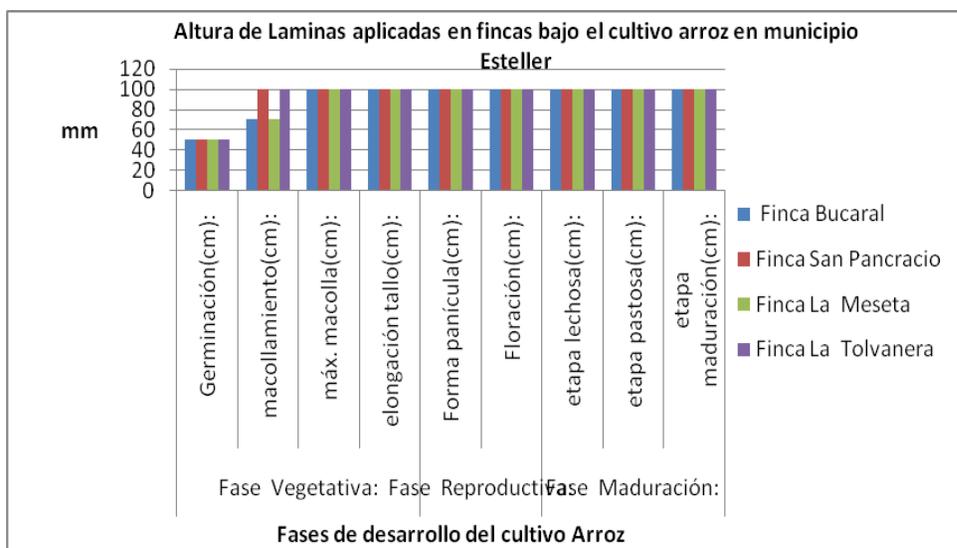


Figura 9. Altura de las láminas de agua aplicada en las áreas de estudio durante las etapas fenológicas del cultivo de arroz.

4.1.3.2 Láminas de agua aplicada en el cultivo de arroz.

Dentro de las láminas aplicadas en el cultivo de arroz en las áreas de estudio se encuentran de las láminas de retención máxima, láminas de pérdidas, lámina bruta y lámina neta para cada una de las etapas del cultivo, los resultados de los cálculos se presentan a continuación:

Tabla 11. Resultados de las láminas de agua aplicadas en el cultivo de arroz.

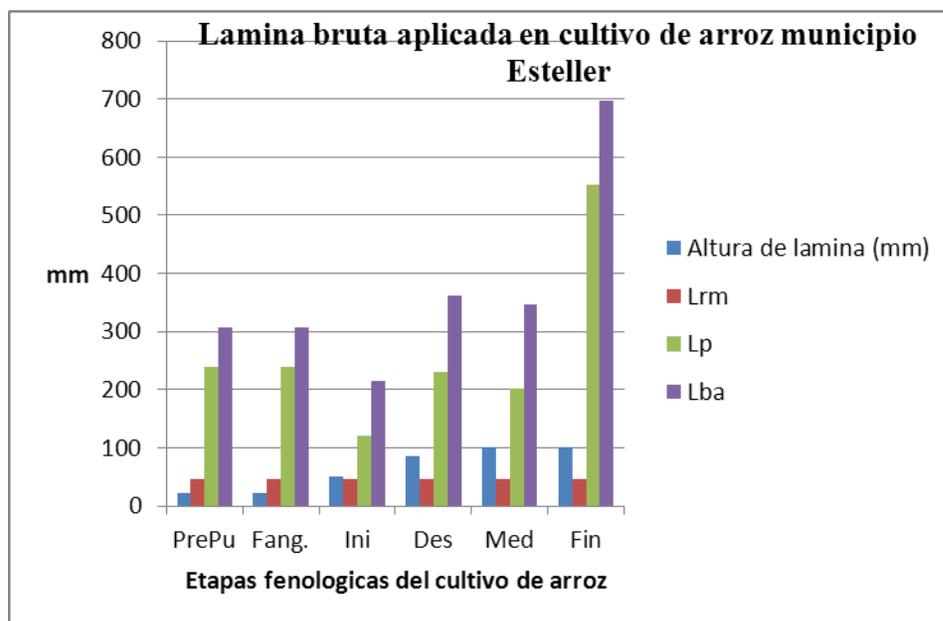
	Días/ etapa	Altura de lamina (mm)	Lrm (mm)	Lp (mm)	Lba (mm)	Lna (mm)
PrePu	19	21	45	240,00	306,00	214,20
Fang.	4	21	45	240,00	306,00	214,20
Ini	12	50	45	120,55	215,55	150,88
Des	23	85	45	231,05	346,05	244,23
Med	20	100	45	200,91	345,91	244,14
Fin	55	100	45	552,50	697,50	488,25

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

Según Grassi 1973, las pérdidas por percolación profunda en suelos arcillosos son mínimas, es decir la textura del suelo tiene un papel muy importante en el manejo del agua de riego y de la fertilización. Si la textura es fina, el tamaño pequeño de los poros del suelo sólo permite un movimiento lento del agua; en cambio, si la textura del suelo es liviana, el excesivo suministro de agua y de fertilizantes aumenta las pérdidas de ambos recursos por causa del lavado y de la percolación.

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.

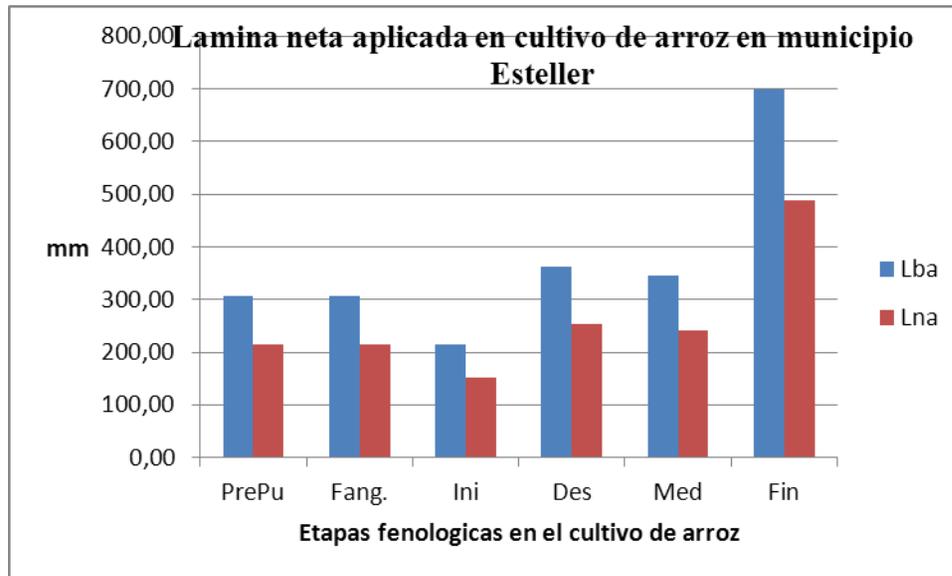


Lrm: Lámina de retención máxima. Lp: Lámina de pérdidas. Lba: Lámina bruta aplicada.

Figura 10. Lámina bruta aplicada en las áreas de estudio durante las etapas fenológicas del cultivo de arroz.

Entendiéndose que la lámina bruta aplicada representa el espesor ó altura de la capa de agua con que una superficie de tierra, que supuestamente a nivel, quedaría cubierta por un volumen de agua, en la gráfica se refleja el resultado de la información recabada reflejando el comportamiento o la tendencia a presentar en la etapa fenológica final, mayores cantidades tanto de láminas netas como brutas aplicadas en el cultivo de arroz en las áreas de estudio, esto se debe a los días de duración de esta etapa la cual corresponde a la mas prolongada. (55 días o más).

De igual manera se observa el mismo comportamiento para el resultado de la lámina neta aplicada en las áreas de estudio durante las etapas fenológicas del cultivo. (Figura 11)



Lba: Lámina bruta aplicada Lna: Lámina neta aplicada.

Figura 11. Lámina neta aplicada en las áreas de estudio durante las etapas fenológicas del cultivo de arroz.

Resultados similares fueron encontrados por Roel, (1999). Donde el promedio de agua suministrada para el manejo de la inundación temprana fue de 4691 m³/ha y el de la inundación tardía fue de 6220 m³/ha. Estas medidas equivalen a 469,1 mm y 622 mm de lámina bruta aplicada por hectárea.

Igualmente Monasterio *et al.* (2012). Resaltaron la importancia de cultivar con una mínima cantidad de lámina posible, así como mantener la profundidad de la lámina de agua hasta 10 cm, en el caso de una macro nivelación, porque los resultados indican que no existen diferencias significativas entre saturación y la lámina de L10 cm y esta altura de agua es fácil de manejar por el agricultor, la cual beneficiara en parte el control integrado de malezas y enfermedades.

4.2 Requerimientos hídricos del cultivo arroz, en los predios correspondientes a las áreas de estudios, con el uso del programa CROPWAT.

Los resultados del análisis de Textura (Anexo D), desarrollados en el laboratorio de la UNELLEZ, desde el punto de vista textural; presentan buena retención de humedad y cierto grado de facilidad para la penetración de las raíces.

Tabla 12. Resultados del análisis de Textura a los suelos de las áreas de estudio.

	Bucaral	San Pancraccio	La Meseta	La Tolvanera
Textura	AL	FAL	A	FA

Según la FAO (2006). La textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla, es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades.

Esto se corresponde con la información de los Mapas anexa sobre los tipos de suelos de las áreas de estudio, donde se dice que todos los suelos estaban en textura medias y hay 2 predios con texturas pesadas y dos con texturas medias a pesadas.

Seguidamente para el desarrollo de este objetivo como resultado de emplear los datos obtenidos de la Estación Meteorológica Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA, Municipio Turén (1998-2010) para los predios Bucaral y San Pancraccio y Estación Meteorológica Aeropuerto Municipio Araure (1998-2010) para los predios La Tolvanera y La Meseta.

Los valores de ETo, ETC y requerimiento de riego son más elevados para las fincas Bucaral y San Pancraccio (Figura 13) con valor promedio para la zona de ETo=3,84 mm/día, y una de ETC=5,26 mm/día y de 631,2 mm/ciclo, arrojando un requerimiento de riego de 672 mm (Tabla 13), durante el ciclo del cultivo de arroz (110 días).

Tabla 13. Resultados del Requerimiento de riego con el uso del programa CROPWAT, para cada área de estudio.

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

La FAO (1990), declara que para esa fecha organizó una consulta de expertos e investigadores en colaboración con la Comisión Internacional de Riego y Drenaje y con la Organización Meteorológica Mundial, para examinar las metodologías de la FAO publicadas sobre los cultivos y las necesidades de agua para asesorar sobre la revisión y actualización de los procedimientos.

El grupo de expertos recomendó la adopción del método combinado de Penman-Monteith como una nueva norma para el cálculo de la evapotranspiración de referencia y sugirió procedimientos para el cálculo de los distintos parámetros. Este material se presenta en la publicación No 56 de la Serie Riego y Drenaje de la FAO.

El resultado del cálculo de la precipitación que puede ser efectivamente utilizada por las plantas, restando la que se pierde por escorrentía superficial y percolación profunda, para los predios Bucaral y San Pancracio fue de $P_{ef} = 1057,6$ mm, y para La Meseta y La Tolvanera de: $P_{ef} = 1102,7$ mm.

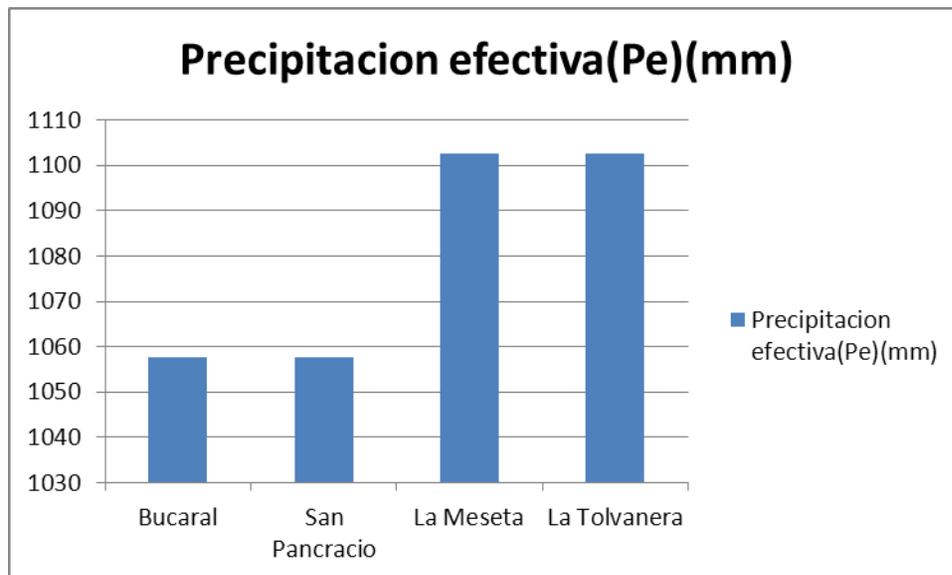


Figura 12. Precipitación efectiva para cada área de estudio.

El cálculo de los requerimientos de riego de arroz es diferente de otros cultivos. Es necesaria cantidad extra de agua de riego no sólo para cubrir las pérdidas por evaporación, sino también para compensar las pérdidas por percolación en los campos inundados. Además, antes de su siembra, es necesaria una cantidad sustancial de agua de riego para la preparación de suelo y el fangueo. Los procedimientos de cálculos y los datos de entrada, por lo tanto, difieren de aquellos aplicados para otros cultivos por lo cual el programa CROPWAT 8.0 lo incluye por separado.

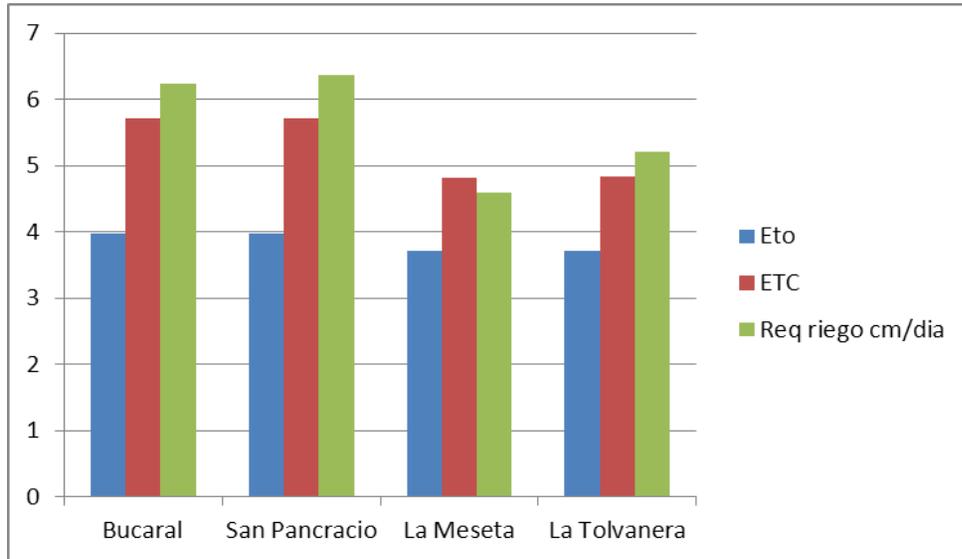


Figura 13. Requerimiento de riego, ETo y ETC, para cada área de estudio.

En el presente estudio el requerimiento del riego durante el ciclo del cultivo presentado a continuación, resulto presentando diferencias entre los predios Bucaral y San pancracio y la Meseta por y la Tolvanera por efectos de precipitación efectiva (estaciones meteorológicas diferentes) y leve por efector de los tipos de textura de los suelos, Partiendo desde el mes de Noviembre, fecha de siembra, cuando ocurre el mayor requerimiento entre 100 y 160 mm y culmina en el mes de marzo. Se observa un mayor requerimiento en la tapa inicial luego del 26 de Noviembre, que es la fecha de siembra del cultivo. Este elevado requerimiento obedece a que en esta década del mes se deben crear las condiciones de saturación del suelo para la germinación y desarrollo de las plántulas de arroz, además el factor de cobertura del cultivo es bajo, ya que las plantas tienen poco desarrollo, con poca área foliar y abarcan poco espacio o cobertura del suelo, lo que permite una alta evaporación de agua

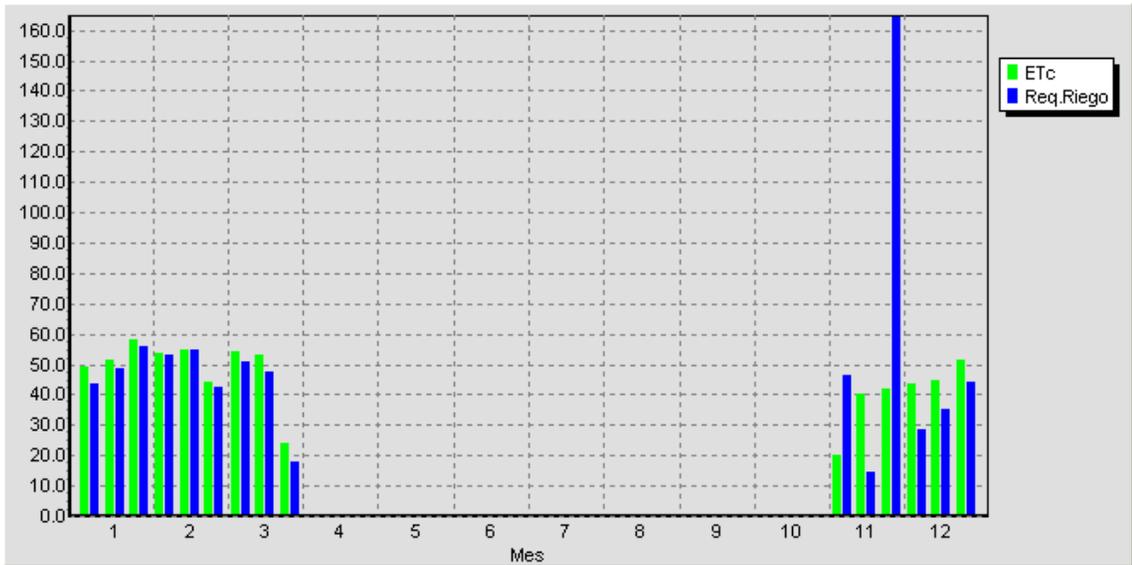


Figura 14. Requerimiento de riego Predio Bucaral.

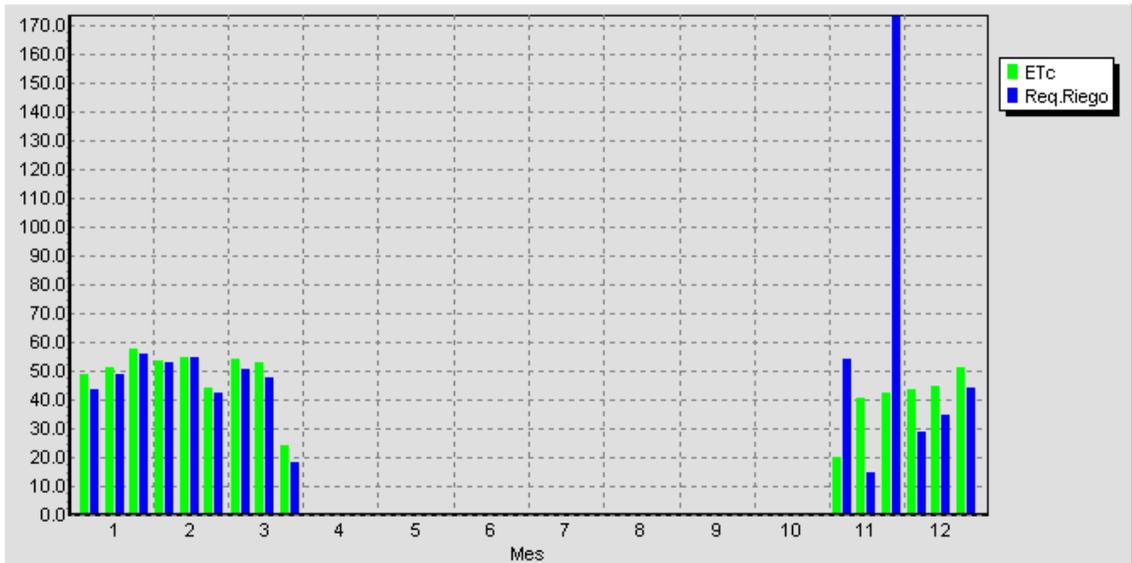


Figura 15. Requerimiento de riego Predio San Pancracio.

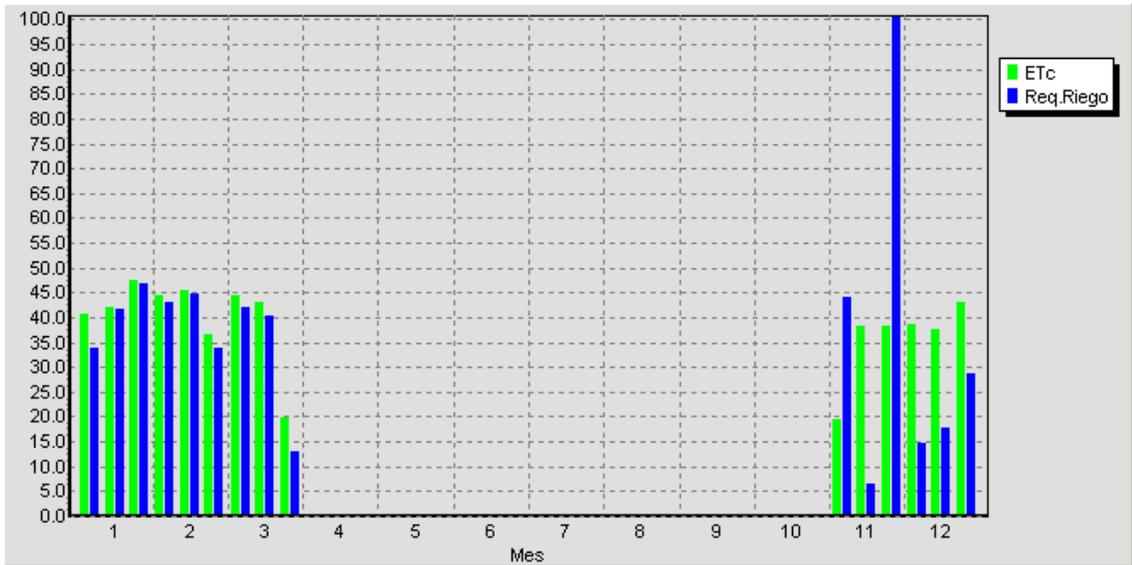


Figura 16. Requerimiento de riego Predio La Meseta.

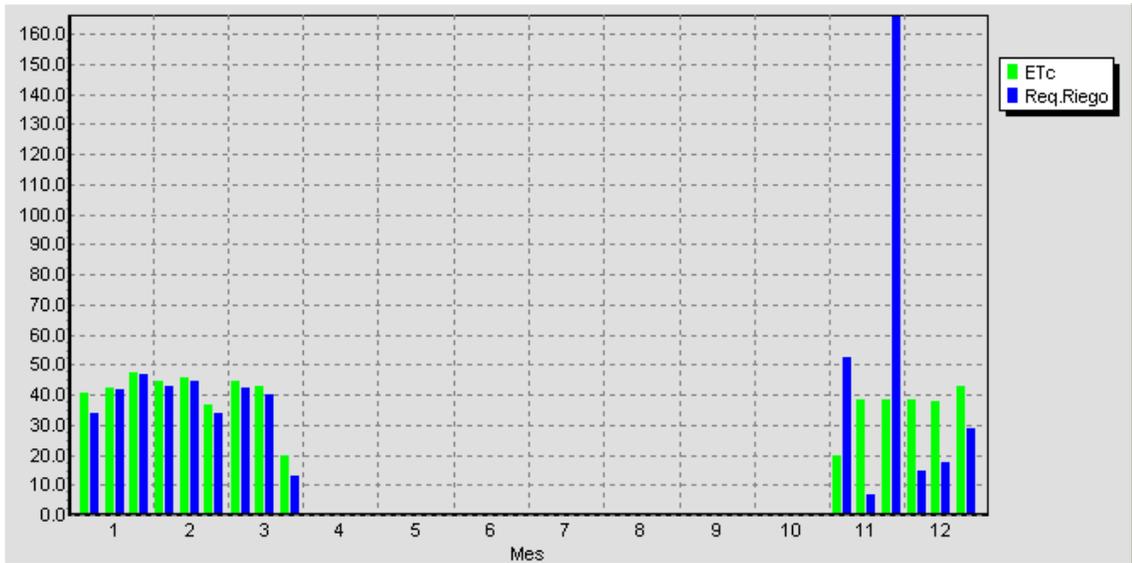


Figura 17. Requerimiento de riego Predio La Tolvanera.

4.2.1 Programación de riego para cada área de estudio.

Estudiadas las fincas seleccionadas en cada sector del municipio Esteller, utilizando el sistema Cropwat 8.0, resultado recomendable, regar el cultivo de arroz, iniciando con la preparación del suelo 19 días antes de siembra aplicando una lamina de agua promedio de 45,40 mm, seguido de la labor de fanguero 4 días antes de siembra, aplicando una lamina, la cual se debe mantener en un promedio de 78,95 mm durante esta labor.

Luego en la etapa inicial o estado de plántula a los 7 a 10 días después de sembrar, mantener una lamina mínima de 100,48 mm y mantener una lamina en la etapa de desarrollo mínimo de 93,40 mm y finalmente a los 70 días en la etapa de desarrollo mantener hasta la etapa final a aproximadamente 116 días una lamina promedio de 99 mm (Tabla 14).

Tabla 14. Resultados de la Lámina neta según la Programación de riego para cada área de estudio según CROPWAT.

Día	Etapa	Bucaral	San pancracio	La meseta	La tolvanera	Promedio
-19	PrePu	41,4	49,4	41,4	49,4	45,40
-4	Fang.	71,8	76,25	90	77,75	78,95
7	Ini	96,6	101,9	103,6	99,8	100,48
32,5	Des	100,90	98,63	98,4	98,35	99,07
69,25	Med	100,80	99,83	97,7	100,1	99,61
116,6	Fin	101,35	99,6	97,83	100,2	99,75

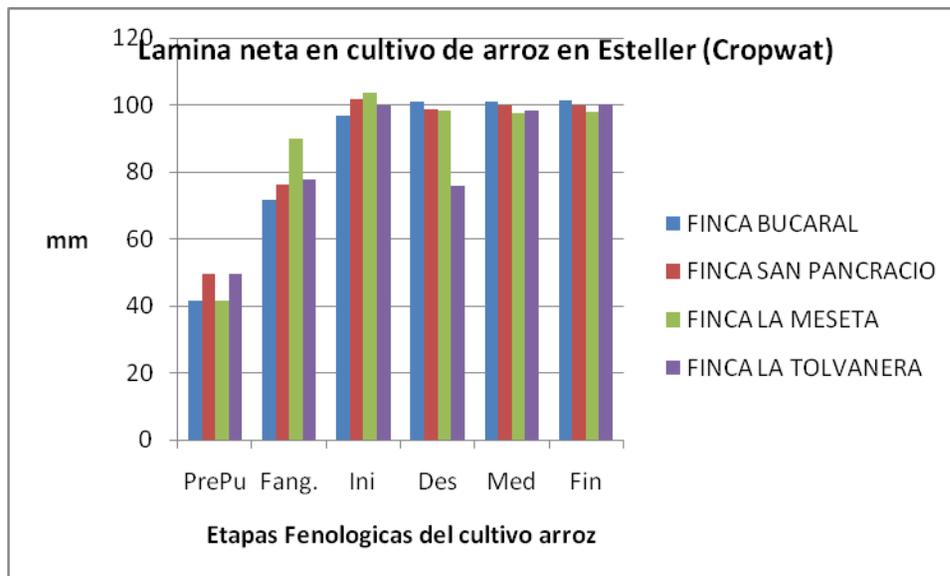


Figura 18. Lámina neta a aplicar por etapa del cultivo arroz para cada área de estudio.

En la figura 18, se puede observar que la cantidad de agua a aplicar, depende de las características edafoclimática del área donde se ubica la finca, por ejemplo, en la etapa fanguero, la mayor cantidad de agua se debería de utilizar en finca La Meseta, con suelos de textura Arcillosa y las características climáticas se rigen por la estación meteorológica del Aeropuerto Municipio Araure.

En la etapa inicial, desarrollo, media y final del ciclo del cultivo en las fincas Bucaral y San Pancracio las cuales presentan suelos de textura Arcillo Limosa y Franco arcillosa Limosa y las características climáticas se rigen por la estación meteorológica del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA, Municipio Turén. Sin embargo, se requiere una lámina menor para la etapa desarrollo en la finca La Tolvanera con suelos de textura Franco Arcillosa y datos meteorológicos obtenidos de la estación meteorológica del Aeropuerto Municipio Araure.

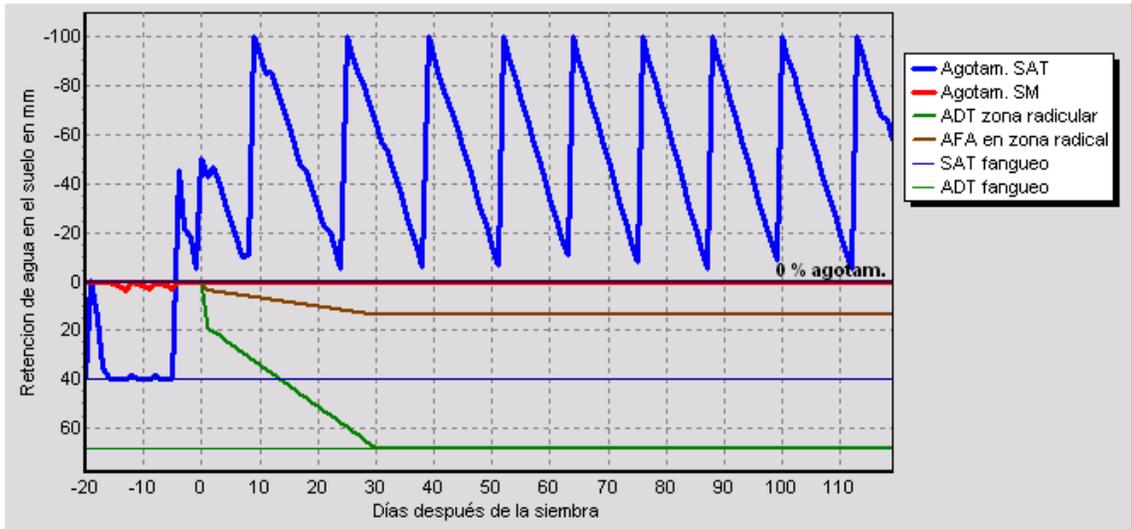


Figura 19. Grafico programación de riego Predio Bucaral.

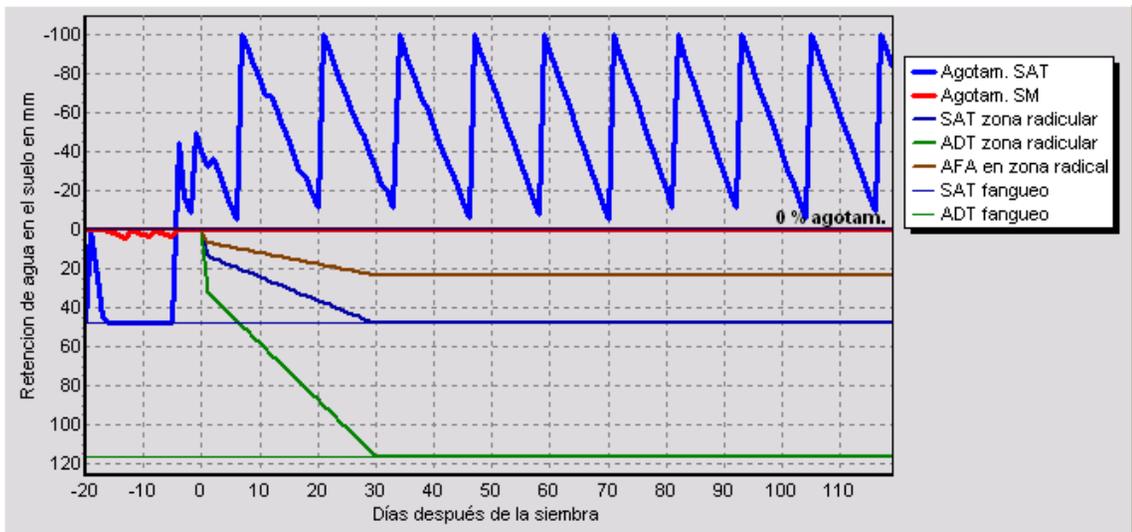


Figura 20. Grafico programación de riego Predio San Pancracio.

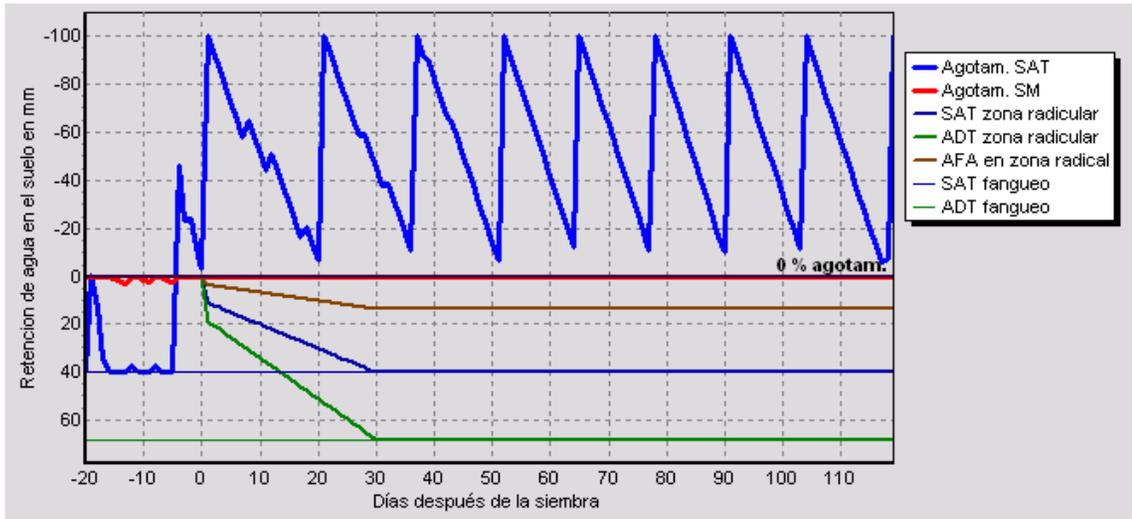


Figura 21. Grafico programación de riego Predio La Meseta.

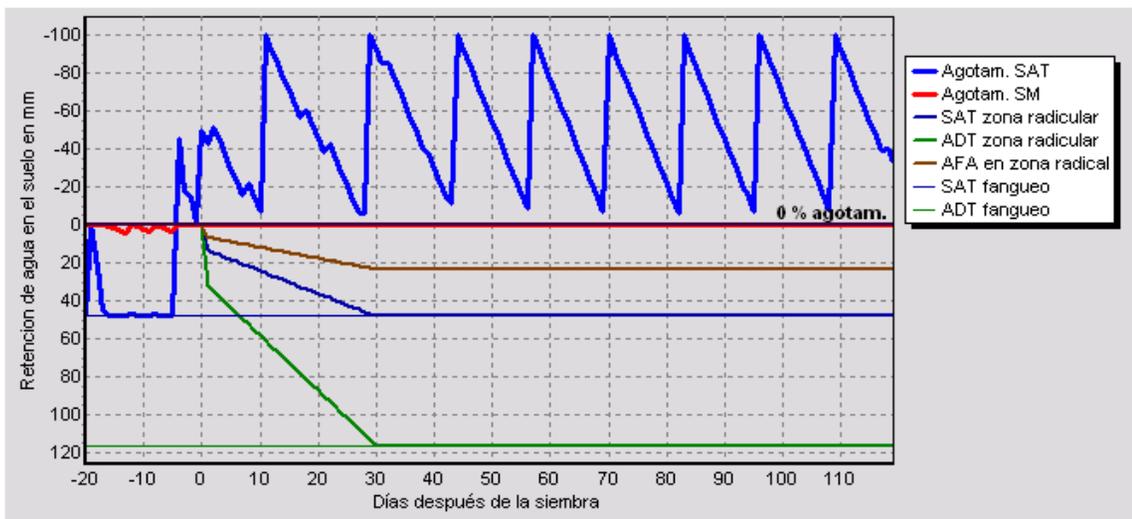


Figura 22. Grafico programación de riego Predio La Tolvanera.

4.3 Interpretación de Gráficos de programación de riego:

En líneas generales las áreas de estudio reflejaron un comportamiento similar, el cual representa el resultado del comportamiento de varios parámetros, en cuanto al Agotamiento de la Saturación del Suelo (Agotam. SAT), que es la cantidad de agua por debajo del contenido de humedad de saturación del mismo, se interpreta que como para las fechas correspondientes al levantamiento de la información se encuentra la salida de la época de lluvias, el suelo todavía contiene humedad, pero no está saturado, ya que las lluvias han disminuido por lo tanto se observa que el agotamiento de la saturación de agua en el suelo a los 20 días antes de la siembra es de 40 mm y se mantiene hasta 5 días antes de la siembra cuando desciende a valores por debajo de 0, debido a que se aplican los primeros riegos, y luego se continúa con las aplicaciones de agua durante casi todo el ciclo de cultivo, debido a que se sembró en época de inicio de período seco, este régimen de riego calculado por cropwat, hace que el suelo siempre se mantenga saturado, condición ideal para este cultivo.

4.4 Cantidades de agua subterránea aplicadas en los predios correspondientes a las áreas de estudios vs requerimientos hídricos calculados para cada uno de los mismos con el programa CROPWAT.

Al comparar la lamina neta que aplicaron los productores (Tabla 15), con las laminas netas que recomienda aplicar la programación del riego con el programa CROPWAT 8.0, en cada etapa de desarrollo del cultivo, resulto que los productores aplican laminas excesivas en todas las áreas de estudio (Figuras 23, 24, 25, 26, 27 y 28).

Tabla 15. 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		
	Lamina neta CROPWAT (mm)	Lamina neta aplicada (mm)	Lamina Excesiva (%)	Lamina CROPWAT (mm)	Lamina neta aplicada (mm)	Lamina Excesiva (%)	Lamina CROPWAT (mm)	Lamina neta aplicada (mm)	Lamina Excesiva (%)	Lamina CROPWAT (mm)	Lamina neta aplicada (mm)	Lamina Excesiva (%)
PrePu	41,4	214,20	80,67	49,4	214,20	76,94	41,4	214,2	80,67	49,4	214,2	76,94
Fang.	71,8	214,20	66,48	76,25	214,20	64,40	90	214,2	57,98	77,75	214,2	63,70
Ini	95,6	150,88	35,98	101,9	150,88	32,46	103,6	150,882	31,34	99,8	150,88	33,85
Des	100,90	242,23	58,35	98,63	242,23	59,28	98,40	242,232	59,38	75,66	242,23	68,77
Med	100,00	242,14	58,37	99,83	242,14	58,77	97,7	242,136	59,65	98,35	242,14	59,38
Fin	101,35	488,25	79,24	99,93	488,25	79,53	97,83	488,25	79,96	100,1	488,25	79,50

Fuente: FAO 56. Crop Evapotranspiration.

Los resultados de las láminas de riego netas (calculadas por CROPWAT), representaron las láminas de agua que se utilizaron en beneficio de la planta, en este caso se seleccionó en los datos de la programación, reponer agua a Capacidad de Campo, por lo tanto la Lámina de riego neta fué igual al agotamiento de agua del suelo. Por consecuencia ésta es la cantidad de agua que el suelo bien drenado retuvo contra las fuerzas gravitacionales, es decir, la cantidad de agua restante cuando el drenaje ha disminuido notoriamente. Así también se analiza que los resultados de 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 de riego neta, 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 (CC), la cantidad de agua por encima de CC 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; (1)) y la desnivelación del área cultivable generan erosión, daños en la estructura física y pérdidas de suelo agrícola, aumentando 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, disminuyen el macollamiento y alargan el tallo de las plántulas favoreciendo su 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. A continuación se representan los resultados gráficamente. (Resultado analizado en el objetivo 1 ítem: Láminas de agua aplicada en el cultivo de arroz).

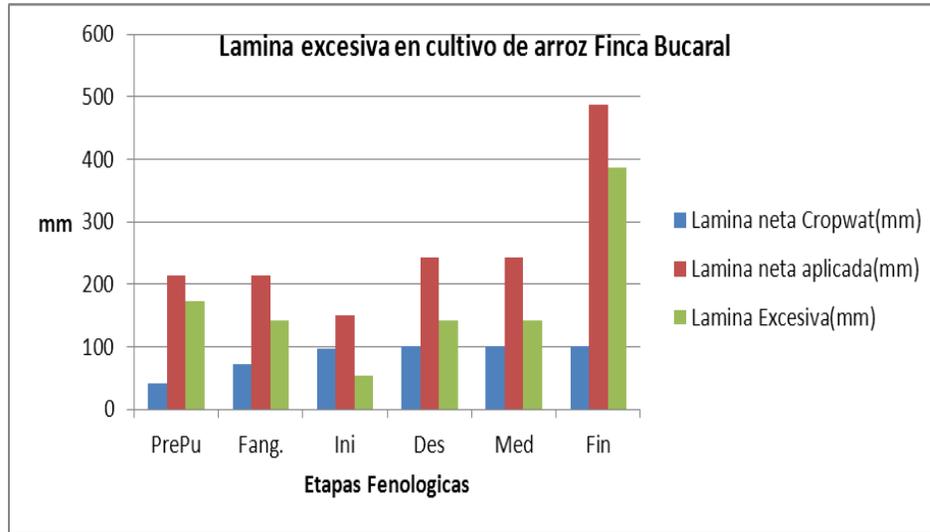


Figura 23. Comparación de lámina neta de agua aplicada en cultivo de arroz por los productores y la lámina neta calculada con sistema cropwat 8.0 en el Predio Bucaral del municipio Esteller estado Portuguesa.

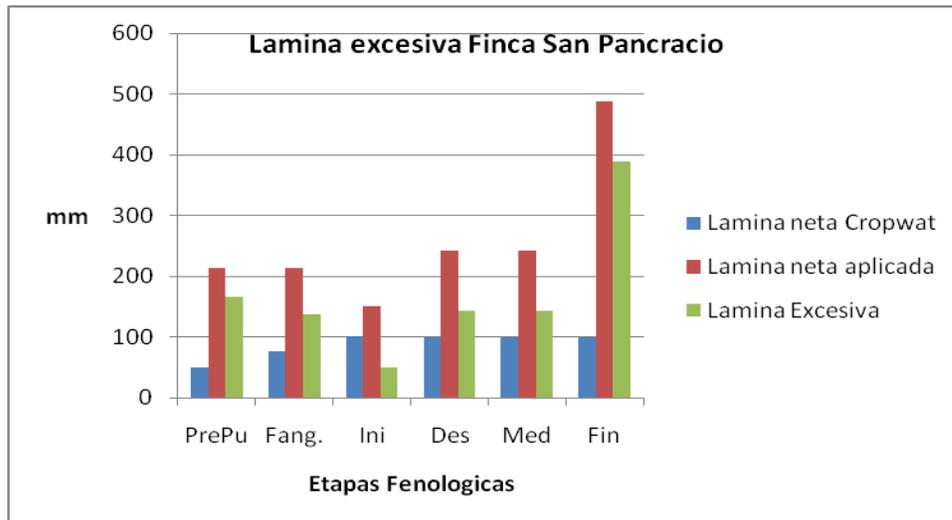


Figura 24. Comparación de lamina de agua neta aplicada en cultivo de arroz por los productores y la lamina neta calculada con sistema cropwat 8.0 en el Predio San Pancraccio del municipio Esteller estado Portuguesa.

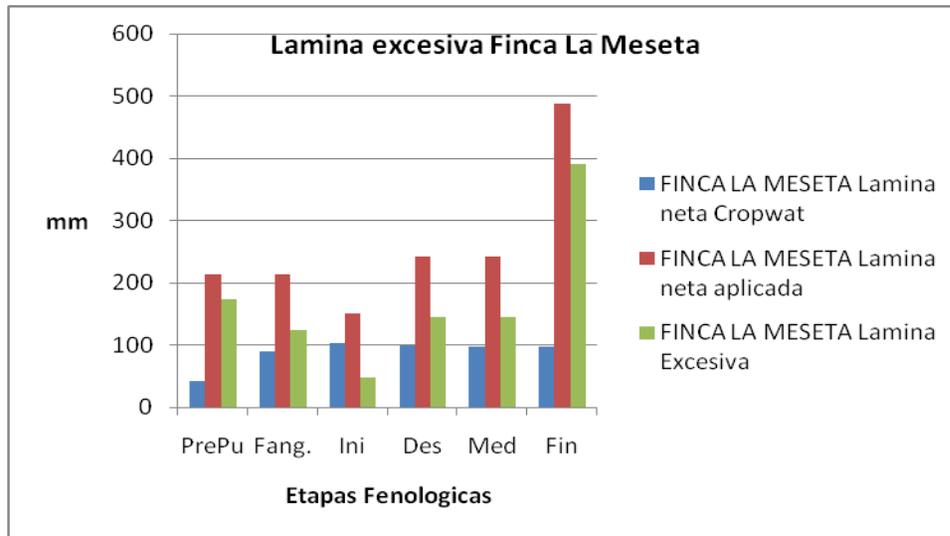


Figura 25. Comparación de lamina de agua neta aplicada en cultivo de arroz por los productores y la lamina neta calculada con sistema cropwat 8.0 en el Predio La Meseta del municipio Esteller estado Portuguesa.

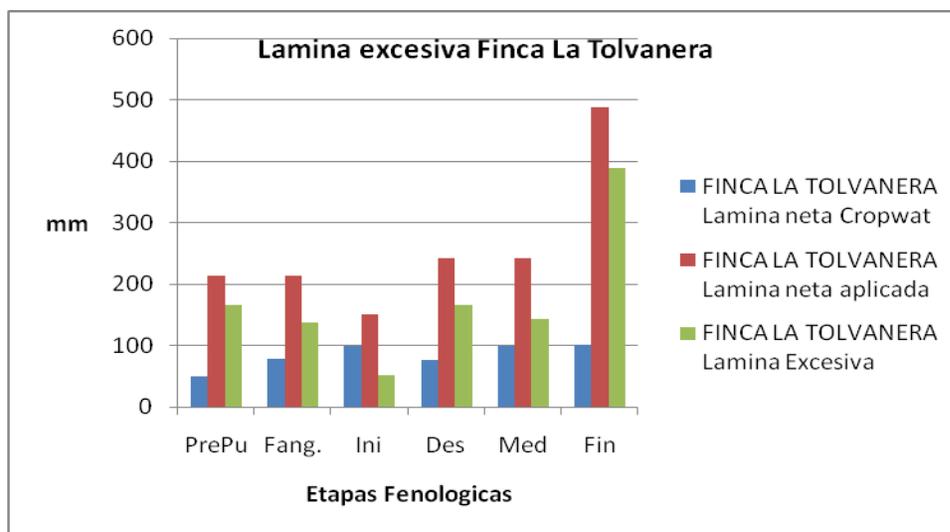


Figura 26. Comparación de lamina de agua neta aplicada en cultivo de arroz por los productores y la lamina neta calculada con sistema cropwat 8.0 en el Predio La Tolvanera del municipio Esteller estado Portuguesa.

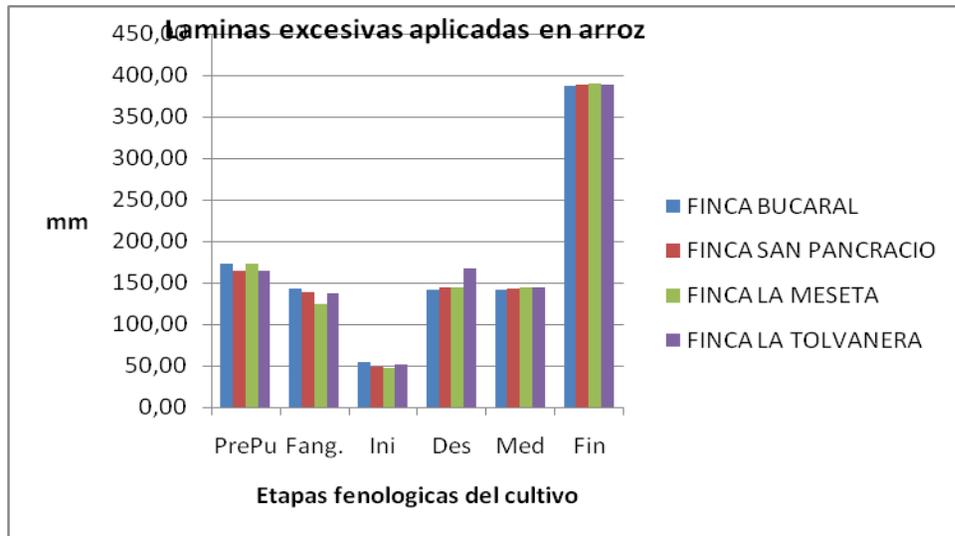


Figura 27. Laminas excesivas de agua en cada etapa del cultivo aplicadas por los productores al comparar la lamina aplicada con la lamina neta calculada con sistema cropwat 8.0 en fincas de cultivo de Arroz del municipio Esteller estado Portuguesa.

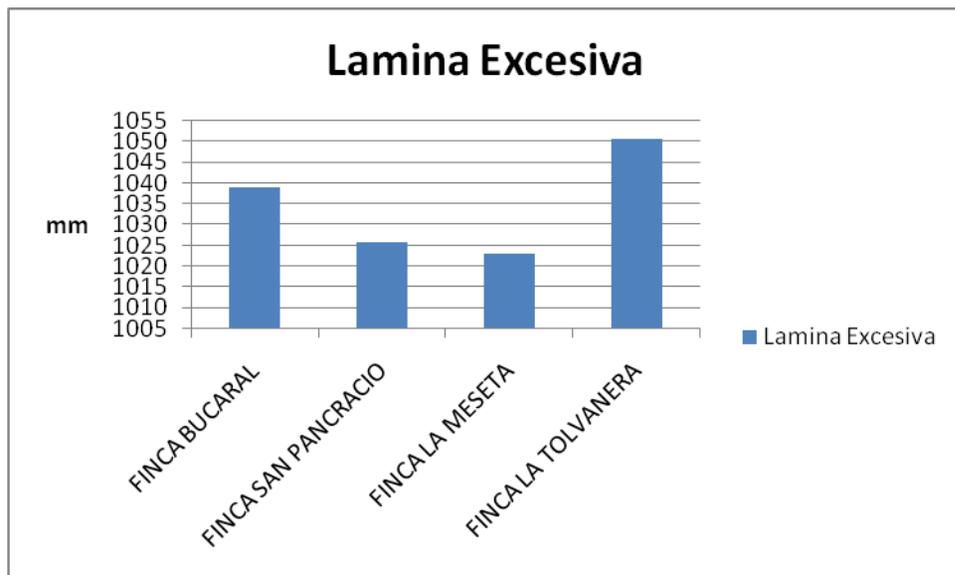


Figura 28. Laminas excesivas totales de agua/ciclo del cultivo de Arroz aplicadas por los productores al comparar la lámina aplicada con la lámina neta calculada con sistema cropwat 8.0 en fincas del municipio Esteller estado Portuguesa.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente estudio permitió dar respuestas a los objetivos planteados de la investigación ya que en primer lugar se diagnosticaron las condiciones de manejo del agua subterránea desde la base de la labor de extracción del agua en los pozos hasta la aplicación en el cultivo de arroz en los predios correspondientes a las áreas de estudios, por medio de lo cual:

Se pudo constatar mediante la evidencia en campo que las condiciones encontradas en la extracción del agua de las fuentes guarda estrecha relación con la información documentada y consultada confirmando los datos en términos de características como profundidades, bombeo, caudales, niveles estáticos (Ne) y niveles de bombeo (Nb), encontrando entre éstos mucha similitud, con una clasificación hidrogeológica de buenos acuíferos (según la Permeabilidad), y la finca San Pancrancio con una fuente clasificada como un acuífero muy productivo, (según su Transmisividad) .

En cuanto a éstas características resultaron cálculos hidráulicos concernientes a los parámetros de productividad como: Coeficiente de almacenamiento, los cuales resultan como rangos de clasificación para acuíferos confinados, donde existen altos volúmenes de almacenamiento y saturación, al evaluar los parámetros de abatimiento y de recarga, se correlaciona que haya mas capacidad de recarga que de abatimiento en tres de las cuatro fuentes evaluadas, Bucaral, San Pancrancio, y La Tolvanera (en esta ultima destacados valor de producción), por último para la fuente del predio La Meseta se presentó una condición de baja recarga en relación a su riesgo de abatimiento, razón por la cual el acuífero puede descender a futuro en su vida útil. Sin embargo sobre la base de estos hallazgos, resulta razonable concluir que se trata de pozos correctamente construidos y desarrollados.

Los resultados de los cálculos de las láminas brutas aplicadas por los productores alcanzaron un nivel máximo de 697,50 mm para las etapas finales del proceso fenológico, lo que permite concluir para este aspecto que realmente la duración prolongada o mantenimiento de la inundación acarrea grandes volúmenes de agua en exceso aplicado al cultivo. En el segundo objetivo, con el uso del programa CROPWAT, se determinó un requerimiento hídrico (ó RAC) promedio resultante de aproximadamente 6.720 mm/ciclo, que en detalles reflejan láminas de agua desde la etapa de preparación de terreno con 45,4 mm hasta en las etapas de desarrollo y fin de 99 mm.

Por último, el tercer objetivo, se desarrollo comparando láminas netas aplicadas por los productores con las láminas recomendadas por la programación del riego con el programa CROPWAT 8.0, en cada etapa de desarrollo del cultivo, resultando que los productores aplican laminas excesivas, esto 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. También en consecución los excesos de agua continúan en las etapas inicial, media y final, en las cuales se aplican láminas entre 100 y 200mm, manteniendo constante la de 100 mm por el mayor margen de tiempo (55 días), con la finalidad de utilizarla como un método de control de malezas.

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 pérdidas de agua entre 10.220 m³/ha y 10.500 m³/ha en el ciclo desde la preparación de los suelos hasta la cosecha del cultivo del arroz en estos predios.

Para iniciar las recomendaciones de la presente investigación se expone la propuesta de fomentar proyectos que rescaten y fomenten la actualización de la

información climática de la región, ya que hoy día se carece de dicho recurso tan importante por falta de registros de campo.

En cuanto a la temática planteada para el logro de los objetivos de la presente investigación se recomienda dar continuidad al tema de con objetivos mas puntuales y estudios a detalles que permitan acercarse aun mas al trabajo de campo para así determinar con mayor precisión la evaluación en cuanto a cantidad y calidad de las aguas del manejo agronómico empleado en el cultivo de arroz en el municipio Esteller estado Portuguesa.

Se considera recomendable también evaluar dentro de este mismo contexto orientar sobre estudios posteriores a este trabajo presentando estrategias de manejo que sean dirigidas a los productores de la zona, fomentando un Plan de extensión para capacitación agrícola con el fin de concientizar al uso racional del recurso agua y la conservación de los suelos, considerando aplicar estudios pilotos que permitan evaluar experimentalmente ensayos donde se apliquen practicas mas amigables con el ambiente como por ejemplo la mínima labranza, el racionamiento de agua, reuso de los efluentes de riego, y el uso de agroquímicos de forma racional, así como ofrecer la atención técnica de expertos en el área que manejen el programa CROPWAT por considerarse un software de uso relativamente sencillo, lo que facilita la transferencia de tecnología a gremios y agricultores.

En vista de que los productores responsables de las actividades agrícolas estudiadas en el presente trabajo ya poseen ante el Ministerio con competencia ambiental (Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo y Aguas), las concernientes Autorizaciones de Ocupación del Territorio y de Afectación de los Recursos Naturales también se debe fomentar la obligación ante la misma a nivel central, de tramitar la Concesión de Aprovechamiento del Recurso Hídrico Subterráneo, con la finalidad no sólo de cumplir con un trámite administrativo

contractual, esbozado en el Artículo 61 de la Ley de Aguas; sino además, lograr adecuar su uso a la disponibilidad del recurso, según los parámetros establecidos por la Autoridad Nacional de las Aguas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acevedo, M. (2004). Venezuela 21: Nueva variedad de arroz de riego. *Agronomía Trop.* [online]., vol.54, n.2 pp. 233-242. Disponible en: https://www.google.co.ve/url?sciELO.org.ve%2FsciELO.php%3Fscript%3Dsci_ar%2Ftext%26pid%3DS0002-[citado 2017-07-22],
- Acevedo, J. (2012). *La investigación Educativa*. Caracas Venezuela.
- Achkar, M. 2002. La gestión del agua hacia escenarios sustentables. Programa Uruguay Sustentable Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio. Departamento de Geografía. Facultad de Ciencias. Disponible en: https://www.researchgate.net/.../266165879_Hacia_la_Gestion_Sustentable_de_l_Agua [Citado 14 feb. 2018]
- Alvares, 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.
- Alvares, L.1997. Producción de arroz en los Llanos Occidentales de Venezuela. Editorial UNELLEZ. Barinas. 246 p.
- Alvares, L. 2007. Evaluación de un sistema de preparación del suelo y siembra en el cultivo de arroz. [Documento en línea]. En <http://revistas.unellez.edu.ve/revista/index.php/ruct/article/download/140/134>
- Alvares, P. 2015. Uso de CROPWAT para Calcular Requerimientos Hídricos en Fríjol Arbustivo. [Documento en línea]. En <http://dapa.ciat.cgiar.org/uso-de-cropwat-para-calcular-requerimientos-hidricos-en-frijol-arbustivo>
- Aquiles H, 2015 Órgano divulgativo del Instituto de Políticas Agrícolas de Fedeaagro 1º Quincena de Septiembre 2015 Año 7, nº 136. [Documento en línea]. En <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiD19KM7ODdAhVrkuAKHeHbBC4QFjAFegQIAxAB&url=http%3A%2F%2Fstudylib.es%2Fdoc%2F7288984%2Fpara-bajar-el-archivo-pdf.&usg=AOvVaw36VZpag9Tv9-H5epEXAqA>
- Arias. F. 2012. Tipos y diseños de la investigación. [Libro en línea]. Disponible en: <http://www.es.slidershare.net/conejo920/diseñodeinvestigación-no-experimental>. [Consultado diciembre 2014].

- Ary, L. 2005. Introducción a la Investigación en Educación, 7th ed., Thomson Wadsworth, Australia.
- Arteaga, R. 2011. Programa Cropwat para planeación y manejo del recurso hídrico. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 2, núm. 2, marzo-abril, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México. [Documento en línea]. En <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263119711001.pdf>. pp. 179
- Asociación Nicaragüense de Arroceros (ANAR). 2011. Jornada técnica Arroceros. Boletín Informativo Junio y Julio 2011 No. 04-2011. Managua, Nicaragua. 8 p. [Documento en línea]. En <http://www.anar.com.ni/>Fecha: 25/01/2012.
- Balestrini, M. (2008). Como se Elabora un Proyecto de Investigación. V. Edición- Caracas- Venezuela. Editorial BL.
- Bernis, J. (2004). Variedades y mejora del arroz (*Oryza sativa* L.). Características morfo botánicas del arroz. Universidad Nacional de Educación Distancia (UNED). Primera edición. 18 p.
- Bolinaga, J. (1999) Ingeniería Hidráulica Cálculos de abatimiento de un pozo, Volumen 1, Pág. 435
- Bhuiyan, S. 1992. Manejo del agua en la producción. Caso de estudio en Agricultura de Arroz. [Documento en línea] En <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807160631.pdf2> Pp. 293-299
- Bolinaga, J. (1999). Proyectos de Ingeniería Hidráulica. Fundación Polar, Caracas Venezuela. Volumen 1, Pág. 435)
- Cañizales, A (2006). Gestión integrada de los recursos hídricos en Venezuela. Informe del Proyecto de Gestión Integrada de Hídricos Vitales. Caracas, [Documento en línea] en; https://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CANIZARES%20et%20al%202006%20GIRH-SPANISH.pdf
- Centro Cartográfico UNELLEZ- Guanare. 2016. Información cartográfica.
- Consejo Mundial del Agua, 2010. Una nueva política del agua: Plan estratégico 2010 - 2012. Ed. Gaillard. Marsella, Francia.

- Chirinos, J. 1971. Características de fertilidad de algunos suelos venezolanos vistos a través de los resúmenes de análisis rutinarios. *Agronomía Tropical* 21(5):397-409. *C.I.A. Sección de Suelos, Maracay. Venezuela. [Documento en línea] en; http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at2105/arti/chirinos_v.htm
- Cleves, J (2016), Los balances hídricos agrícolas en modelos de simulación agroclimáticos. Una revisión analítica. [Documento en línea] en; http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21732016000100013
- Comerma, J. y J. R. Paredes. (1977). Principales limitaciones y potencial agrícola de las tierras en Venezuela (FONAIAP-CENIAP-MARN). En: Compendio de IX Jornadas Agronómicas SVIA. Maracay. pp. 200.
- Custodio, E. y R. Llamas. 1976. Hidrología subterránea. Omega. Barcelona, España.
- Donistar, C. 2014. Riego de arroz por mangas. Salto-R.O.U. Santiago Bandeira, Bernardo Böcking
- 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 [Consulta. 2014, Octubre 18]
- 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/.../Umau_proceedings_volume.pdf [Consulta. 2014, Noviembre 15]
- FAO. 2006. Propiedades Físicas del Suelo Guía para la descripción de suelo, 4a edición. [Documento en Línea]. En <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- FAO. 2015. AQUASTAT. Informe regional de América y el Caribe. Republica Bolivariana de Venezuela. [Documento en Línea]. En http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/VEN/indexesp.stm

- Facundo C 2016. Aproximación de la recarga de agua subterránea en el norte del Departamento del Cauca, Colombia. Rev Cie Téc Agr vol.25 no.2 San José de las Lajas abr.-jun. [Documento en Línea]. En http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542016000200008
- Ferrara G, Najul M, Sánchez R. (2007). Calidad del recurso hídrico. CIDIAT/ ULA. Mérida, Ven. 192p.
- 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, 167 pp.
- Gonzales O (2009), Dossier Píritu Municipio Esteller. [Documento en línea]. En <https://www.scribd.com/user/104387815/Oscar-Gonzalez>
- González B, 2016. Tecnologías para ahorrar agua en el cultivo de arroz. [Documento en línea]. En <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v14n26/v14n26a07.pdf>
- Gonzales, E (2010) Diagnóstico del agua en las américas. [Documento en línea] En https://www.ianas.org/water/book/diagnostico_del_agua_en_las_americanas.pdf Pp. 441.
- Grassi, C. 1976. Métodos de riego. Mérida. Venezuela., CIDIAT. 240 p.
- Grassi, C. 1975. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida. Venezuela. CIDIAT. 96 p.
- Guardia, C. 1996. Estudio sobre el Potencial de Aguas Subterráneas en el Valle Alto del Río Yaracuy, Estado Yaracuy. Trabajo de Grado. UNELLEZ. 225p.
- Guerrero, J. 2010. Evaluación del riego por surcos alternos y continuos para el uso eficiente del agua en el cultivo caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Tesis de Maestría. UNELLEZ, Guanare. 153 pp.
- Guerrero A, (2017) Disponibilidad hídrica y predicción del rendimiento de *Zea mays* L. (Poaceae) “maíz” y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) “espárrago” en el valle Jequetepeque, Perú. [Documento en línea]. En <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v24n1/a20v24n1.pdf>

- 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%20Papers/perspective%20Paper_GWp%20and%-irrigated-agriculture_spanish.pdf [Consulta: Octubre 18, 2014].Pp.7.
- Hernández, Fernández y Baptista, (2010). Metodología de la investigación. México: Mc. Graw – Hill.
- Huamanchay W (2013). El Cultivo de Arroz, plagas y enfermedades. Documento en línea]. En <http://manualesdetodo2013.blogspot.com/2013/12/el-cultivo-del-arroz.htm>
- Hurtado de B. J (2011). El Proyecto de Investigación. 4ta. Ed. Colombia. Ediciones Colombia.
- Ingeodesa, 2012. Estudio de Impacto Ambiental y Socio Cultural Finca Bucaral. Píritu Municipio Esteller. Capitulo I Características de los pozos. Portuguesa, Venezuela. Pp. 23.
- Ingeodesa, 2012. Estudio de Impacto Ambiental y Socio Cultural Finca San Pancracio. Píritu Municipio Esteller. Capitulo I Características de los pozos. Portuguesa, Venezuela. Pp. 19.
- Ingeodesa, 2012. Estudio de Impacto Ambiental y Socio Cultural Finca La Meseta. Píritu Municipio Esteller. Capitulo I Características de los pozos. Portuguesa, Venezuela. Pp. 25.
- Ingeodesa, 2012. Estudio de Impacto Ambiental y Socio Cultural La Tolvanera. Píritu Municipio Esteller. Capitulo I Características de los pozos. Portuguesa, Venezuela. Pp. 21.
- Instituto Nacional de Investigaciones científicas (INIA). 2004. El cultivo de Arroz en Venezuela. [Documento en línea]. En http://sian.inia.gob.ve/pdfpnp/Cultivo_arroz.pdf
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Censo. 2011. [Documento en línea].En http://www.ine.gov.ve/index.php?view=category&id=121%3Acenso-011&option=com_content&Itemid=2. [Consulta. 2015, marzo 15].
- Llamas, M. (2001). “Aguas subterráneas: retos y oportunidades.” Fundación Marcelino Botín. Ediciones Mundi-prensa.

- Martínez, Z.; R. Castillo; I. Novo; D. Díaz-Martí; A. Lizaraz y J. Gallardo. (2013).- Situación de los Recursos Hídricos en Venezuela: Hacia una gestión integrada / 2ª Edición, AveAgua & GWP Sudamérica, Caracas 2013. [Documento en línea]. En http://www.gwp.org/Global/GWP-SAM_Files/Publicaciones/Varios/Situacion_Recursos_Hidricos_Vzla.pdf. [Consulta: Mayo 09, 2014]. Pp11.
- Monasterio, (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>
- Núñez A., (2009). La historia del riego en Venezuela – una versión crítica. [Documento en línea]. En <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/29817/1/articulo7.pdf>
- Orozco, A. (2010) Uso eficiente del agua de riego mediante sondas de capacitancia. Aqua-LAC - Vol. 2 - N° 1 - Mar. 2010. pp. 56- 66. [Documento en línea]. En <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/images/06-Orozco.pdf>
- Pineda. D. (2010) Aplicación de la tecnología para manejo eficiente de agua para riego de Arroz. 2010; 58 (485): 22-32. [Documento en línea]. En http://www.fedearroz.com.co/noticias-docs/manejo_agua.pdf
- Presidencia de la República Bolivariana de Venezuela. Plan de la Patria 2013 – 2019, aprobado como Ley de la República por la Asamblea Nacional. [Documento en línea]. En <http://albaciudad.org/LeyPlanPatria.Pp.24>.
- Roel A, (1999). Riego en arroz. Manejo eficiente de la inundación Boletín de Divulgación INIA N° 67. [Documento en línea]. En <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807160631.pdf> Pp. 67
- Rodríguez, (2011), Planeación y manejo del recurso hídrico en los cultivos agrícolas, utilizando el programa CROPWAT. [Documento en línea]. En http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000200001
- Ruiz, J. (1996). Evaluación de las Aguas Subterráneas de la zona delimitada por la Carretera Nacional Troncal 5 y los Ríos Cojedes y Tinaco en el Estado Cojedes. Tesis de Grado. UNELLEZ. 189 p.

- Ruiz, M. (2016). Manejo del agua de riego en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) por trasplante, su efecto en el rendimiento agrícola e industrial. [Documento en línea]. En <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193246976020>
- Sabino, C. (2001). El proceso de investigación. Caracas: Panapo.
- Sánchez (1976). Soil management in rice cultivation systems. In properties and management of soil in the tropics. A Wiley Interscience publication. Pp 445.
- Yoshida S, (1997). Climatic environment and its influence, In fundamentals of rice crop science. IRRI. Manila. Pp. 69
- Schosinsky G.(2007) Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, Apdo. 214-2060, Costa Rica. . [Documento en línea]. En <http://www.redalyc.org/html/454/45437342002/>
- SuAhSor, R. (2005). Evaluación de la calidad y Cantidad del Agua del Acuífero de la Ciudad de Guanare, Estado Portuguesa. Trabajo de Grado. CIDIAT, Mérida. 80p.
- Tamayo, M. y Tamayo J. (2004). El Proceso de la Investigación Científica. Editorial Limusa. México.
- Trezza R. (2008). Estimación de evapotranspiración de referencia a nivel mensual en Venezuela. ¿Cuál método utilizar? [Documento en línea]. En https://www.researchgate.net/publication/28232617_Estimacion_de_evapotranspiracion_de_referencia_a_nivel_mensual_en_VenezuelaCualmetodoutilizar
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), 2011. Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. Venezuela.
- Venezuela 1999. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela N ° 5.903 (Extraordinaria). Caracas.
- Venezuela. 2013. Ley del Plan de la Patria, Segundo Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2013-2019. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 6.118 Extraordinario. Caracas, diciembre 04.

- Venezuela 2007. Ley Orgánica del Ambiente Gaceta Oficial de la Republica Bolivariana de Venezuela. [Documento en línea]. En AÑO Caracas, CXXXIV-MES III. 22 de diciembre de 2006 No. 5.833 Extraordinario.
- Venezuela 2007. Ley de Agua, Gaceta Oficial N° 38.595. [Documento en línea]. En <http://www.ciea.org.ve/fotos/documentos/LEY%20DE%20AGUAS34050.pdf>. [2014, Noviembre 18].
- Venezuela 2007. Ley Penal del Ambiente. Gaceta Oficial N° 4358 de fecha 3 de enero de 1992. Documento en línea]. En <http://www.defiendete.org/html/de-interes/LEYES%20DE%20VENEZUELA/LEYES%20DE%20VENEZUELA%20III/LEY%20PENAL%20DEL%20AMBIENTE.htm>
- Venezuela 2007. Ley Forestal de Aguas y Suelos, Gaceta Oficial N° 1.004. Extraordinario de fecha 26 de enero de 1966 [Documento en línea]. En <https://www.google.co.ve/faolex.fao.orghtml/ven3045.htm/ven3045.htm/LEY%20DEBOSQUES.pdf>. [2015, Abril 15].
- Venezuela (1995). Decreto N° 883. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. [Documento en línea]. En <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/jmayorga/efluentes%20liquidos%20venezuela.pdf>. [2014, Noviembre 18].
- Venezuela (1995). Decreto N°1.257 Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 35.946 del 25 de Abril de 1996. [Documento en línea]. En <https://ambienteycomunidad.blogspot.com/2010/07/decreto-1257-normas-sobre-evaluacion.html>
- Venezuela (1996). Decreto N° 1400. Normas sobre la regulación y el control de los recursos hídricos. [Documento en línea]. En <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/jmayorga/efluentes.venezuela.pdf>. [2014, Noviembre 18].
- Venezuela. Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras. VII Censo Agrícola. (Mayo 2007 /Abril 2008) Procesado con Redatam+SP CEPAL/CELADE. [Documento en línea]. En <https://www.cepal.org/es/notas/venezuela-vii-censo-agricola-nacional-disponible-procesamiento-linea-redatam-mat>
- Villarroya, F, (2002). “Características hidráulicas de las aguas subterráneas Guadalajara Fosa del Tajo”. Boletín Geológico y Minero. T. XCII-VI. Pp. 23-35.

ANEXO A
INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Entrevistas. Parte I.

Tabla 2. Datos generales de la actividad.

Nº	Información General:	Bucaral	San Pancraccio	La Meseta	La Tolvanera
1	Propietario:				
2	Municipio:				
3	Localidad:				
4	Sector:				
5	Estado:				
6	Cultivo:				
7	Época o Periodo de zafra:				
8	Áreas siembra verano (Has):				
9	Nº de Pozos para riego:				
10	Áreas de siembra en estudio (Has):				
11	Nº del Pozo área de estudio:				
12	Tipo de canales de riego				

Entrevistas. Parte II.

Tabla 4.

Nº	Fase: Preparación de suelos	Bucaral	San Pancracio	La Meseta	La Tolvanera
1	Nivela los suelos:				
2	Aplica Fangueo en los suelos:				
3	D.A.S (*) en que aplica fangueo:				
4	Maquinaria empleada:				
5	Altura de la Lámina (mm):				
	Fase Siembra:				
6	Fecha de siembra:				
7	Tipo de semilla:				
8	Variedad de Semilla:				
9	Tipo de siembra:				
10	Tipo de canales de riego				
11	Lámina empleada (mm):				
	Fase Vegetativa:				
12	Lámina en Germinación (mm):				
13	Lámina en macollamiento (mm):				
14	Lámina máx. macollamiento (mm):				
15	Lámina elongación del tallo (mm):				
	Fase Reproductiva:				
16	Lámina Formac. de panícula (mm):				
17	Lámina en Floración (mm):				
	Fase Maduración:				
18	Lámina en etapa lechosa (mm):				
19	Lámina en etapa pastosa (mm):				
20	Lámina en etapa maduración (mm):				

(*)Días antes de la siembra.

ANEXO B
ACTA DE VALIDACION

Universidad Nacional Experimental
de los Llanos Occidentales
"EZEQUIEL ZAMORA"

Vicerrectorado de producción agrícola
Estado Portuguesa
Coordinación de Área de Postgrado
Postgrado Agua y Suelo

La Universidad que siempre

ACTA DE VALIDACIÓN

Yo, Felix Armando Figueroa titular de la Cédula de Identidad N° V- 5.360.397, por medio de la presente certifico que he leído y revisado el instrumento de la presente investigación, diseñado por la autora: Osiris Osuky Parra Ortiz, portadora de la Cédula de Identidad N° V.- 10.895.016, el cual se utilizará para la recolección de datos informativos en su trabajo de investigación titulado: "MANEJO DEL AGUA SUBTERRANEA EN EL CULTIVO DE ARROZ. CASO ESTELLER-PORTUGUESA". El cual considero _____ para el propósito manifestado de la investigación.

Observaciones:

En Guare a los 08 días del mes enero del año 2017

De Conformidad



ANEXO C
CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

DATOS DEL ESPECIALISTA

Apellidos y Nombres: _____

C.I.V.: _____

Título de Pre-Grado: _____

Título de Post-Grado: _____

Fecha: _____ Firma: _____

Marque con una (x) debajo de las características que cumplan cada ítem

Ítems	Coherencia			Pertinencia			Calidad de Redacción			Ubicación		
	A	R	I	A	R	I	A	R	I	A	R	I
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

Ítems	Coherencia			Pertinencia			Calidad de Redacción			Ubicación		
	A	R	I	A	R	I	A	R	I	A	R	I
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

Ítems	Coherencia			Pertinencia			Calidad de Redacción			Ubicación		
	A	R	I	A	R	I	A	R	I	A	R	I
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												

Se le agradece escribir cualquier comentario en torno a las totalidades o alguna parte específica del instrumento, forma o contenido que requiere ser mejorada, por favor hacerlo en las observaciones.

Observaciones: _____

Aprobado _____
Aprobado con correcciones _____
No aprobado _____

ANEXO D
DATOS CLIMÁTICOS
ESTACIÓN TURÉN.

Estación Turén. Fuente: INIA, 2010

Tabla 1.-Datos Mensuales De Temperaturas Medias

Estación: Turén		Latitud: 9° 15' N										
Estado: Paraguará		Tipo: Agroclimatología										
Serial: 12001		Longitud: 69° 0' W										
		Altitud: 215 msnm.										
DATOS MENSUALES DE TEMPERATURA MEDIA EN °C												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1998	26,2	29,5	30,1	26,2	28,0	26,8	27,0	-99	-99	-99	-99	-99
1999	27,7	27,8	28,3	27,7	27,4	27,3	28,9	28,8	27,0	27,1	27,0	27,9
2000	27,3	27,6	28,0	28,5	27,9	26,6	25,4	26,6	27,0	27,3	28,5	27,8
2001	27,1	27,8	29,3	29,4	28,4	26,7	26,7	27,4	27,7	28,4	28,3	27,4
2002	27,3	27,7	28,9	28,3	28,0	26,0	26,2	26,4	27,5	27,0	27,9	27,5
2003	27,0	28,1	29,4	28,2	27,2	26,3	26,0	26,5	26,7	26,9	27,0	27,1
2004	27,2	27,1	29,1	28,7	26,0	26,6	26,7	28,9	27,9	28,2	28,4	28,3
2005	27,9	27,4	29,9	28,5	28,3	27,4	27,1	27,2	27,7	28,0	27,7	27,3
2006	27,6	26,8	29,1	29,5	27,3	26,9	26,5	26,4	27,6	28,1	27,9	27,7
2007	27,5	27,6	28,6	28,8	28,2	27,1	27,2	26,8	27,4	28,0	28,6	28,6
2008	28,3	29,2	29,4	29,7	28,2	27,8	28,9	26,6	26,9	26,6	27,9	27,8
2009	28,1	28,0	28,1	29,9	28,8	27,8	27,0	27,6	28,9	28,2	28,6	28,6
2010	28,5	30,3	30,7	27,9	28,3	26,9	27,2	27,6	27,6	28,5	28,3	28,5
Media	27,3	27,9	29,1	28,8	27,8	26,8	26,4	26,7	27,4	27,7	28,4	27,8

Tabla 2.-Datos Mensuales De Temperaturas Máximas

Estación: Turén		Latitud: 9° 15' N										
Estado: Paraguará		Tipo: Agroclimatología										
Serial: 12001		Longitud: 69° 0' W										
		Altitud: 215 msnm.										
DATOS MENSUALES DE TEMPERATURA MAXIMA EN °C												
Instrucciones de medición:												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1998	34,2	35,6	36,3	32,9	32,1	30,7	31,7	-99	-99	-99	-99	-99
1999	33,1	33,2	33,7	32,4	32,1	31,1	30,2	30,4	31,6	31,7	31,9	32,9
2000	32,8	31,5	33,7	35,1	32,3	30,5	30,8	31,6	31,4	32,1	33,3	32,6
2001	33,1	33,8	35,9	35,2	33,2	30,9	31,5	31,4	31,3	33,0	33,6	32,8
2002	32,9	34,2	34,8	34,1	32,7	29,8	31,0	30,9	33,0	33,0	32,9	32,9
2003	33,5	34,8	36,1	34,2	32,2	30,7	30,5	32,2	32,7	33,0	32,9	32,0
2004	33,4	33,6	33,8	34,1	30,5	30,8	30,9	30,4	32,9	33,2	33,6	33,7
2005	33,0	34,2	36,7	33,2	32,7	31,6	31,2	32,0	32,5	33,3	32,2	33,0
2006	33,2	33,9	34,9	34,9	31,6	30,9	31,0	31,2	32,5	32,6	32,8	32,7
2007	33,2	34,6	35,0	34,2	32,8	31,5	31,7	31,3	32,5	33,0	34,0	34,0
2008	33,7	35,2	35,2	35,0	32,4	32,3	30,8	31,4	32,3	30,8	33,1	33,6
2009	33,6	33,4	33,6	34,8	34,0	32,2	32,1	32,9	34,3	34,3	34,4	36,5
2010	34,5	36,6	36,7	32,3	32,9	30,8	31,1	32,4	32,7	33,9	32,5	33,1
Media	33,4	34,3	35,6	34,8	33,4	31,6	31,4	31,3	32,1	32,8	33,6	33,6

Tabla 3.- Datos Mensuales De Temperaturas Mínimas

Estación: Turén		Latitud: 9° 15' N										
Estado: Paraguará		Tipo: Agroclimatología										
Serial: 12001		Longitud: 69° 0' W										
		Altitud: 215 msnm.										
DATOS MENSUALES DE TEMPERATURA MINIMA EN °C												
Instrucciones de medición:												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1998	22,1	23,3	23,9	23,4	23,8	22,9	22,3	-99	-99	-99	-99	-99
1999	22,4	22,4	22,9	22,0	22,8	23,5	21,6	21,9	22,1	22,5	23,0	22,9
2000	21,7	22,7	22,8	23,9	23,5	22,6	19,9	21,5	22,6	22,5	23,7	23,0
2001	21,2	21,2	22,8	23,7	23,6	22,5	22,0	23,3	24,0	23,9	23,0	22,7
2002	21,6	21,2	23,0	22,6	23,4	22,2	21,4	21,9	22,0	22,8	23,0	22,0
2003	20,5	21,3	22,7	22,3	22,1	21,9	21,5	20,8	20,7	20,6	21,1	22,2
2004	21,0	20,7	22,7	23,2	22,6	22,7	22,5	21,4	22,8	23,3	23,2	23,3
2005	22,6	21,7	23,1	23,7	23,8	23,1	22,9	22,5	22,9	22,8	23,1	21,6
2006	21,9	20,9	23,3	24,1	22,9	22,9	21,9	21,5	22,7	22,7	22,2	22,8
2007	21,8	20,9	22,2	23,3	23,6	22,6	22,6	22,1	22,2	22,9	23,1	23,1
2008	22,9	23,1	23,6	24,4	24,0	23,3	21,2	21,7	21,5	22,3	22,6	22,6
2009	22,5	22,5	22,7	23,2	23,0	23,2	22,0	22,3	23,5	22,2	22,8	22,8
2010	22,5	24,9	24,7	23,6	23,6	23,1	23,3	23,2	22,4	23,1	24,1	23,8
Media	21,9	21,6	22,1	23,4	23,1	22,8	21,8	21,8	22,4	22,6	22,6	22,7

Tabla 4.- Datos Mensuales De Precipitación

Estación: Turin		Latitud: 8° 15' N										
Estado: Portuguesa		Tipo: Agrometeorológica										
Serial: I 2001		Longitud: 69° 6' W										
		Altitud: 219 msnm.										
DATOS MENSUALES DE RADIACION EN cal/cm²/dia												
Instrumentos de medición:												
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1998	414	404	405	394	360	347	439	447	-99	-99	-99	-99
1999	342	368	414	391	362	330	288	261	268	248	270	278
2000	319	318	317	306	269	322	319	308	280	277	341	305
2001	381	407	381	351	339	351	359	314	365	313	340	312
2002	355	462	369	378	333	293	375	352	382	404	386	372
2003	330	368	475	411	367	353	373	398	365	375	352	388
2004	465	457	453	364	327	355	379	352	416	429	411	417
2005	445	458	457	349	375	394	380	354	342	487	388	389
2006	400	440	421	351	352	313	350	392	372	476	368	396
2007	451	473	422	418	379	390	390	351	340	350	399	417
2008	430	460	388	417	344	381	389	416	394	416	395	430
2009	426	482	479	439	405	399	417	367	392	368	385	379
2010	431	442	417	347	337	340	380	365	348	383	337	364
MESES												
Media	367	367	376	348	317	314	318	323	341	373	347	323

Tabla 5.- Datos Mensuales De Evaporación

Estación: Turin		Latitud: 8° 15' N										
Estado: Portuguesa		Tipo: Agrometeorológica										
Serial: I 2001		Longitud: 69° 6' W										
		Altitud: 219 msnm.										
DATOS MENSUALES DE EVAPORACION EN mm												
Instrumentos de medición:												
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1998	179.3	178.1	227.7	141.9	93.8	93.8	107.1	122.4	-99	-99	-99	-99
1999	180.6	157.3	203.3	112.4	140.0	121.3	94.7	86.4	111.3	131.2	129.0	174.8
2000	202.3	218.8	207.0	220.4	132.4	125.3	115.8	249.0	110.6	150.8	172.9	136.4
2001	177.2	190.9	223.2	216.5	154.6	117.8	119.7	115.3	112.4	140.3	141.7	119.4
2002	152.4	165.9	200.4	193.3	146.0	87.0	116.0	108.9	127.4	125.2	125.9	130.9
2003	165.0	179.9	244.6	166.2	128.4	92.7	92.8	120.1	105.4	124.9	105.2	127.5
2004	192.3	197.9	204.5	161.8	106.3	102.3	165.9	199.5	114.6	128.7	151.3	183.3
2005	184.6	178.4	237.1	145.9	146.9	125.2	111.7	116.2	135.3	139.3	121.7	161.3
2006	175.0	175.1	188.4	265.5	113.5	99.6	103.9	110.0	108.5	122.7	124.9	167.9
2007	157.0	197.0	194.7	152.6	129.7	134.4	134.4	98.0	113.1	123.0	134.6	246.3
2008	204.6	216.6	245.7	196.2	127.3	113.9	118.1	268.5	113.2	117.2	149.6	182.7
2009	162.1	188.1	220.6	205.8	165.9	134.2	144.7	126.0	119.5	113.6	134.7	172.5
2010	203.7	198.9	200.4	120.8	134.5	124.5	113.9	123.0	114.9	150.3	125.7	139.3
MESES												
Media	178	187	213	194	147	114	117	121	113	126	124	161

Tabla 6.- Datos Mensuales De Insolación en Horas Día

Estación: Turin		Latitud: 8° 15' N										
Estado: Portuguesa		Tipo: Agrometeorológica										
Serial: I 2001		Longitud: 69° 6' W										
		Altitud: 219 msnm.										
DATOS MENSUALES DE INSOLACION EN HORAS DIAS												
Instrumentos de medición:												
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1998	5.6	6.3	3.9	3.7	3.3	2.6	5.0	3.8	4.9	5.6	7.1	7.0
1999	7.9	6.0	6.7	3.2	5.6	6.1	5.1	4.4	5.1	6.0	6.2	6.8
2000	8.9	7.8	6.1	4.2	3.1	4.3	5.1	4.9	3.9	4.3	6.7	5.4
2001	8.2	8.3	6.2	3.9	4.2	4.3	6.4	4.7	4.8	8.3	6.1	8.4
2002	7.9	8.1	6.1	3.7	4.1	2.2	4.8	3.5	3.7	5.3	6.0	7.2
2003	8.5	8.2	3.5	2.8	4.0	2.6	3.6	6.1	5.1	5.4	4.4	5.3
2004	7.6	7.4	5.9	2.2	2.1	2.9	4.3	3.9	5.9	5.9	5.6	7.6
2005	7.0	6.7	7.8	3.0	3.7	4.3	4.2	4.4	4.5	5.4	6.4	7.1
2006	7.0	6.7	7.8	2.9	4.5	3.0	4.1	3.0	6.2	5.8	6.3	6.9
2007	7.1	6.2	5.9	4.5	4.6	5.4	6.0	4.6	4.9	5.0	6.6	8.4
2008	8.5	9.0	7.8	5.8	4.0	4.7	4.1	4.8	5.4	5.9	6.4	9.0
2009	7.4	8.4	5.8	5.0	3.4	4.2	5.0	5.5	5.3	5.6	6.4	7.0
2010	8.3	8.4	6.2	3.0	3.9	3.2	5.1	6.3	5.0	5.7	5.3	6.9
MESES												
Media	7.3	7.1	6.1	3.5	4.0	3.9	4.8	4.9	5.1	5.7	6.1	6.8

Tabla 7.- Datos Mensuales De Radiación En cal/cm²/día.

Estación: Tarija		Latitud: 17° 18' S										
Estado: Paraguarí		Longitud: 66° 4' W										
Serial: 12001		Altitud: 215 msnm.										
DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN mm												
Instrumentos de medición:												
ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC
1998	0.0	0.0	0.0	119.5	287.1	276.3	259.4	140.4	-999	-999	-999	-999
1999	0.0	12.3	45.7	128.2	189.6	179.2	293.2	286.6	196.7	207.4	34.8	1.5
2000	0.0	0.0	37.0	0.0	160.2	148.6	153.2	261.1	359.3	144.2	58.0	26.6
2001	0.0	0.0	0.0	111.7	146.7	293.2	195.9	275.9	223.0	172.3	58.7	212.3
2002	5.4	0.0	44.1	32.7	330.3	423.7	145.6	235.4	201.9	197.4	81.2	20.5
2003	0.0	0.0	0.0	176.4	310.6	233.9	289.7	358.0	190.7	271.9	50.1	7.0
2004	0.0	0.0	0.0	69.9	355.0	303.4	264.4	381.7	129.1	114.6	49.0	7.5
2005	88.5	1.8	0.0	95.1	140.4	301.1	131.9	240.5	202.4	152.1	246.5	0.2
2006	0.3	2.0	0.1	0.9	246.7	246.2	172.3	280.7	135.7	172.3	124.9	79.4
2007	13.8	11.8	42.6	103.0	188.2	190.2	182.8	137.8	121.8	205.5	93.9	10.0
2008	13.7	0.0	0.5	107.0	148.7	193.7	354.0	297.7	83.8	202.5	104.1	0.0
2009	8.7	3.7	51.3	7.4	72.0	230.6	349.1	252.4	184.8	139.8	38.5	8.8
2010	2.2	0.0	25.0	107.8	139.2	313.8	216.3	100.1	254.2	65.8	122.4	41.4
Media	10.7	2.4	21.4	68.7	208.2	268.8	271.8	240.2	189.1	196.7	91.8	44.1

ANEXO E
DATOS CLIMÁTICOS
ESTACIÓN ARAURE.

Estación Araure.

Fuente: Aeropuerto, 2010

Tabla 1.- Datos mensuales de temperaturas máximas

Estación: Araure		Latitud: 9° 36' N										
Estado: Portuguesa		Tipo: Agrometeorológica										
Sector: I 6201		Longitud: 69° 13' W										
		Altitud: 200 metros										
DATOS MENSUALES DE TEMPERATURA MÁXIMA EN °C												
Instrumento de medición:												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1998	34,3	34,9	35,5	32,3	31,8	30,5	31,2	31,6	32,2	31,9	32,4	32,1
1999	32,3	33,0	33,9	31,3	31,9	31,2	30,5	30,5	31,7	31,4	32,6	31,8
2000	32,0	32,9	33,3	34,7	32,1	31,4	31,4	31,6	31,3	31,6	32,4	31,2
2001	32,9	33,9	35,5	34,4	33,0	30,4	31,5	31,2	32,0	32,2	32,7	31,7
2002	32,2	33,6	34,2	33,1	31,7	29,6	31,2	31,1	31,9	31,9	32,1	31,7
2003	33,2	34,4	35,7	34,0	31,6	30,7	31,5	31,4	31,7	32,1	32,1	31,6
2004	32,6	34,3	35,3	34,0	30,4	30,3	30,3	30,5	32,2	32,5	32,4	32,2
2005	33,0	33,4	36,4	33,5	32,1	31,5	31,2	31,9	32,4	32,8	31,8	32,1
2006	33,0	32,6	34,5	34,2	33,1	31,0	30,9	31,5	32,6	32,4	32,5	32,0
2007	32,5	33,8	34,4	32,9	32,0	31,2	31,7	30,8	31,8	31,8	31,9	32,2
2008	32,6	33,8	34,7	35,0	31,2	31,4	30,5	31,4	32,3	31,8	32,1	32,4
2009	32,9	32,9	33,1	33,8	32,5	31,9	31,3	31,6	32,4	32,7	33,2	33,0
2010	34,24	35,86	36,3	31,87	32,48	30,18	30,67	31,5	31,8	32,77	31,44	31,81

Tabla 2.- Datos mensuales de temperaturas mínimas

Estación: Araure		Latitud: 9° 36' N										
Estado: Portuguesa		Tipo: Agrometeorológica										
Sector: I 6201		Longitud: 69° 13' W										
		Altitud: 200 metros										
DATOS MENSUALES DE TEMPERATURA MÍNIMA EN °C												
Instrumento de medición:												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1998	22,2	23,7	24,4	23,7	23,4	22,5	22,1	22,1	22,4	22,4	22,4	22,4
1999	22,4	22,6	23,1	22,7	22,2	22,1	21,0	21,6	21,3	21,5	22,1	22,7
2000	22,0	22,4	22,4	23,5	22,8	21,9	21,4	21,6	21,4	21,8	22,5	21,7
2001	21,4	22,2	22,5	23,6	23,2	22,1	21,7	21,9	22,3	21,8	22,1	22,7
2002	21,9	22,8	22,6	23,9	23,0	21,7	21,9	21,2	22,0	21,9	22,2	21,4
2003	21,6	22,3	23,0	23,3	23,2	21,9	21,6	22,0	22,0	22,2	22,8	22,1
2004	22,4	22,9	23,9	24,2	22,5	21,8	21,3	21,2	21,9	22,1	22,5	22,6
2005	22,9	22,3	24,0	23,8	22,9	22,5	21,7	22,4	22,0	22,3	22,4	21,7
2006	22,9	22,2	24,4	24,1	22,7	22,0	21,9	22,0	22,0	22,5	22,1	22,5
2007	22,6	22,5	23,1	23,6	22,9	22,1	22,2	22,0	21,7	22,0	22,0	22,0
2008	21,8	22,7	23,0	23,5	22,5	22,0	21,2	21,7	21,5	22,3	22,5	21,6
2009	22,8	22,7	23,2	23,6	23,3	22,6	22,1	21,6	22,3	22,9	23,3	22,7
2010	21,7	23,0	24,7	23,8	23,4	22,5	22,4	22,2	22,2	22,3	22,5	22,2

Tabla 3.- Datos mensuales de precipitación estación Araure.

Estación: Araure		Latitud: 9° 36' N										
Estado: Portuguesa		Tipo: Agrometeorológica										
Sector: I 6201		Longitud: 69° 13' W										
		Altitud: 200 metros										
DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN mm												
Instrumento de medición:												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1998	5,4	1,8	0,8	313,7	279,5	249,3	212,9	288,1	126,4	347,9	69,2	96,3
1999	0,0	0,0	13,7	193,7	160,4	143,0	238,8	111,8	152,3	254,7	119,5	7,2
2000	0,0	0,8	16,9	2,4	173,0	214,0	205,0	206,0	181,2	139,6	21,4	24,2
2001	2,4	0,0	4,1	116,8	91,6	196,4	191,8	294,3	132,1	160,6	79,0	332,0
2002	4,4	0,0	71,0	110,7	299,2	441,6	198,1	172,0	233,7	106,4	95,7	6,2
2003	0,0	0,0	0,0	236,5	301,4	275,9	283,5	248,8	212,3	218,6	119,6	39,6
2004	0,0	0,0	0,0	98,7	367,2	313,6	212,4	249,7	222,1	155,8	59,8	4,3
2005	33,3	24,9	0,0	226,3	159,9	313,3	185,6	304,3	59,8	186,4	229,1	0,0
2006	35,8	0,0	6,8	29,0	241,8	253,9	212,8	187,9	50,1	210,0	283,1	106,5
2007	0,0	18,1	85,5	95,4	248,1	161,4	197,8	216,9	192,7	225,1	56,6	31,3
2008	0,0	3,0	0,0	125,4	302,3	264,9	335,7	185,5	132,1	240,2	108,8	7,1
2009	68,4	9,5	55,5	41,3	147,3	106,7	298,3	219,9	109,6	101,5	87,1	8,1
2010	0,7	0,0	10,4	214,2	186,1	207,9	141,0	243,1	248,3	72,4	115,4	124,3

Tabla 4.- Datos mensuales de evaporación estación Araure

Estación: Araure		Latitud: 9° 36' N										
Estado: Portuguesa		Tipo: Agrometeorología										
Serial: 14201		Longitud: 68° 13' W										
		Altitud: 200 msnm.										
DATOS MENSUALES DE EVAPORACION EN mm												
Inchimento de medidor:												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1998	142,3	165,4	197,1	131,6	89,2	89,0	123,8	123,9	115,2	112,0	137,1	140,4
1999	185,5	155,6	148,3	116,0	127,7	117,6	106,5	87,5	112,1	110,2	121,4	159,8
2000	196,6	202,3	224,2	210,9	117,3	125,5	115,0	114,2	109,5	106,1	124,5	123,6
2001	173,1	241,1	234,1	199,7	127,2	116,9	124,5	122,7	121,4	117,7	132,7	148,7
2002	192,0	204,5	214,7	188,2	120,8	98,4	123,5	108,8	109,2	118,9	111,5	119,3
2003	170,7	195,6	241,0	147,7	125,3	86,4	106,0	130,5	117,3	110,6	117,1	122,2
2004	221,9	232,6	244,4	171,9	91,8	91,5	104,0	96,8	136,4	135,8	133,3	181,0
2005	195,5	193,3	253,6	146,1	107,4	107,3	105,5	117,8	119,5	128,2	120,9	178,7
2006	192,8	186,4	218,8	170,5	91,7	103,8	87,3	109,9	118,4	113,2	157,4	137,0
2007	177,4	213,9	199,5	148,5	119,1	100,2	121,1	108,6	103,1	101,4	112,8	168,9
2008	209,4	231,1	270,0	207,7	119,3	119,3	109,6	112,5	119,6	116,7	118,7	209,0
2009	183,9	197,3	229,7	197,1	138,3	108,3	104,1	125,2	124,9	141,9	133,4	148,3
2010	196,6	196,9	210,7	114,2	114,2	91,7	108,9	127,4	120,4	151,3	123,5	139,8

Tabla 5.- Datos mensuales de insolación en hora días estación Araure.

Estación: Araure		Latitud: 9° 36' N										
Estado: Portuguesa		Tipo: Agrometeorología										
Serial: 14201		Longitud: 68° 13' W										
		Altitud: 200 msnm.										
DATOS MENSUALES DE INSOLACION EN HORAS DIAS												
Inchimento de medidor:												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1998	7,7	6,7	5,7	4,2	3,8	4,0	6,3	6,5	5,0	5,9	6,1	6,3
1999	7,5	5,7	6,4	4,0	5,7	7,0	5,7	3,7	6,0	6,0	7,3	6,5
2000	7,5	6,7	6,6	6,2	3,4	5,5	5,5	6,2	5,5	5,8	7,4	5,2
2001	7,5	8,6	7,5	5,7	5,0	4,9	5,9	5,9	5,6	5,5	6,9	6,0
2002	8,0	8,3	7,2	7,3	4,8	3,7	5,9	5,8	6,1	6,0	6,0	6,3
2003	7,9	7,5	7,0	4,4	4,4	3,3	4,9	6,8	5,7	5,8	6,1	6,0
2004	7,9	7,3	6,0	3,1	2,5	4,0	5,3	5,2	6,2	6,0	6,5	7,8
2005	7,5	7,4	8,7	4,3	4,6	5,0	4,9	6,3	6,3	6,1	6,4	8,0
2006	7,6	8,2	5,6	4,2	4,8	4,1	4,5	5,8	6,9	6,4	6,6	6,9
2007	7,4	8,3	6,1	5,2	4,5	4,8	5,1	5,2	6,3	4,8	6,8	7,4
2008	8,1	8,2	7,7	6,0	4,1	5,6	4,9	6,1	6,2	5,4	5,9	8,1
2009	6,7	7,9	6,1	5,3	4,9	3,9	5,3	5,5	5,8	6,2	6,2	6,6
2010	7,9	8,1	5,9	3,7	4,7	4,1	5,7	6,5	5,1	6,4	5,0	6,4

Tabla 6.- Datos mensuales de humedad relativa estación Araure.

Estación: Araure		Latitud: 9° 36' N										
Estado: Portuguesa		Tipo: Agrometeorología										
Serial: 14201		Longitud: 68° 13' W										
		Altitud: 200 msnm.										
DATOS MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA 8:00 AM EN %												
Cálculo en:												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1998	80	79	72	84	89	92	89	91	89	88	84	82
1999	86	84	81	91	91	91	93	92	91	92	89	86
2000	80	81	76	78	88	90	86	88	89	86	81	86
2001	82	74	76	75	88	93	92	92	87	88	84	88
2002	76	72	74	78	87	93	88	89	89	87	87	84
2003	77	73	72	80	87	93	90	92	92	90	85	84
2004	70	70	69	81	92	89	90	93	92	88	88	81
2005	83	79	76	87	92	90	92	91	90	87	89	83
2006	84	81	84	84	95	95	93	91	92	92	92	90
2007	85	77	78	86	88	88	92	92	89	90	85	80
2008	76	75	74	78	88	90	92	90	87	89	87	76
2009	77	77	75	77	84	90	94	90	91	84	89	80
2010	80	76	76	85	87	91	89	92	90	84	86	85

ANEXO F
RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS



Universidad Nacional Experimental
de los Llanos Occidentales
"Marqués de Cádiz"
UNELLEZ
Institución de Educación Superior
LA UNIVERSIDAD QUE SE ABRE

Laboratorio de Análisis y Procesamiento de Suelo

RUTINA

Id: 1712 Propietario: Varios
Finca: Finca José Parroquia y La Meseta Estado: PORTUGUESA
Municipio: ESTELLEN Localidad: Pina

N° Lab:	16088	16069	16070
Ident Muestra:	M-1 Bucaná	M-2 San Pancracio	M-3 La Meseta
Cultivo:	ARROZ	ARROZ	ARROZ
Prof (cm):	0-30	0-30	0-30
pH (Ref 1-2):			
Cond Elect (dSm):			
Mat Org (%):			
Fósforo (ppm):			
Potasio (ppm):			
Calcio (ppm):			
Magnesio (ppm):			
Al Inter (mg/100g):			
Textura:	A.L.	F.A.L.	A
Arena (%):	8,4	18,4	24,4
Arcilla (%):	31,6	37,6	43,6
Limo (%):	40,0	44,0	32,0

Métodos: pH Potenciométrico; Conductividad Eléctrica: Conductométrica; Materia Orgánica: Walkley-Black; Fósforo: Oline o Bray; Potasio: Acetato de Amonio-Ínductivo de Baran; Calcio y Magnesio: Acetato de Amonio pH7; Absorción Atómica; Aluminio Intercambiable: KCE-1N; Textura: Anéxico.

12/12/2017 12:00:42 p.m.



Luis Al Cobar
Coordinador de Laboratorio

Carrera Nacional Guareña Decuria, sector Mesa de Corvaca UNELLEZ pabellón V; teléfonos 8237-2568086-8 Ext. 1034



Universidad Nacional Experimental
de los Llanos Occidentales
"Ezequiel Zamora"
UNELLEZ
Institución de Profesores Agrícolas
La Universidad del Estado

Laboratorio de Análisis y Procesamiento de Suelo

RUTINA

Id: 1713 **Propietario:** Varón
Finca: La Divina Pastora - La Tolvanera **Estado:** PORTUGUESA
Municipio: ESTELLEN **Localidad:** Peto

N° Lab:	36071	36072	
Ident Muestra:	M-4 La Divina Pastora	M-5 La Tolvanera	
Cultivo:	ARROZ	ARROZ	
Profund:	0-30	0-30	
pH (Ref 1:2):			
Cond. Eléct (dSm):			
Mat Org (%):			
Fósforo (ppm):			
Potasio (ppm):			
Calcio (ppm):			
Magnesio (ppm):			
Al litro (meq/100g)			
Textura:	A.L.	F.A.	
Arena (%):	10,4	20,4	
Arcilla (%):	41,6	33,6	
Limo (%):	42,0	46,0	

Métodos: pH Potenciométrico; Conductividad Eléctrica; Colorimetría; Materia Orgánica: Walkley-Black; Fósforo: Olsen + Bray; Potasio: Análisis de Absorción Fotométrica de Bario; Calcio y Magnesio: Análisis de Absorción por Emisión; Aluminio: Análisis de Absorción Atómica; Aluminio intercambiable: KCl; N: Térmico; Textura: Briceno.



[Signature]
Luis Al Cahir
Coordinador de Laboratorio

12/12/2017 12:00:43 p.m.

Carrera Nacional Guatara Decatur, sector Mesa de Caracas UNELLEZ pabellón T, teléfonos 0257-2568006 - 8 Ext. 1054

ANEXO G
RESUMEN DE RESULTADOS PROGRAMA CROPWAT

FINCA BUCARAL

ETO PENMAN-MONTEITH MENSUAL DATOS

(Archivo: C:\Archivos de programa\CROPWAT\climate\TUREN INIA 2010.PEM)

País: Venezuela Estación: Turen
Altitud: 215 m. Latitud: 9.15 °N Longitud: 69.04 °W

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m ² /día	ETo mm/día
Enero	21.9	33.4	64	112	7.8	19.1	4.41
Febrero	22.0	34.2	63	112	7.7	20.1	4.72
Marzo	23.1	35.2	63	130	6.1	18.7	4.86
Abril	23.4	34.0	73	130	3.6	15.0	3.99
Mayo	23.3	32.4	81	104	4.0	15.3	3.63
Junio	22.8	31.0	85	86	3.9	14.9	3.32
Julio	21.9	31.1	87	86	4.9	16.5	3.52
Agosto	22.0	31.5	82	95	4.9	16.8	3.69
Septiembre	22.5	32.5	87	95	5.1	17.1	3.72
Octubre	22.6	32.8	79	104	5.5	17.0	3.87
Noviembre	21.9	33.1	74	104	6.1	16.8	3.86
Diciembre	22.7	33.0	68	112	6.9	17.3	4.05
Promedio	22.5	32.9	76	106	5.5	17.0	3.97

PRECIPITACION MENSUAL DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\rain\Turen 2010.CRM)

Estación: Turen INIA 2010

Método Prec. Ef: USDA Servicio de Conservacion de Suelo:

$$\begin{aligned} P_{ef} &= P_{mes} * (125 - 0.2 * P_{mes}) / 125 \quad \text{para } P_{mes} \leq 250 \text{ mm} \\ P_{ef} &= 125 + 0.1 * P_{mes} \quad \text{para } P_{mes} > 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	10.2	10.0
Febrero	2.4	2.4
Marzo	21.4	20.7
Abril	86.7	74.7
Mayo	208.8	139.0
Junio	248.8	149.8
Julio	227.5	144.7
Agosto	250.3	150.0
Septiembre	190.3	132.4
Octubre	170.5	124.0
Noviembre	91.0	77.8
Diciembre	34.1	32.2
Total	1542.0	1057.6

ARROZ DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\crops\FAO\RICE.CRO)

Nombre del Cult.: Rice Siembra: 26/11 Cosecha: 25/03

Etapa	prep.suelo		etapa de crecimiento				total
	total	fanguero	inicial	desarro	med	fin	
Longitud (días)	20	5	20	30	40	30	120
Kc seco	0.30		0.50	-->	1.05	0.70	
Kc húmedo		1.05	1.10	-->	1.20	1.05	
Prof.radicular (m)			0.10	-->	0.60	0.60	
Prof. fanguero (m)		0.40					
Agotam.crítico			0.20	-->	0.20	0.20	
F. respuesta rend.			1.00	1.09	1.09	1.09	1.09
Altura de cult. (m)				1.00			

SUELO DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\soils\FAO\HEAVY.SOI)

Nombre del suelo: Acillo-L

Datos generales de suelo:

Humedad de suelo disponible total (CC-PM	170.0	mm/metro
Tasa máxima de infiltración de la precip	30	mm/día
Profundidad radicular máxima	900	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (co	0	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	170.0	mm/metro

Datos adicionales de suelo para arroz:

Porosidad drenable (SAT - CC)	10	%
Agotamiento crítico para grietas del fan	0.50	mm/día
Disponibilidad de agua a la siembra	0	% agotamiento
Altura máxima de lámina de agua	100	mm

PATRON DE CULTIVO DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\sessions\Bucaral 1.PAT)

Nombre de patrón de cultivo: Arroz

No.	Archivo de cultivo	Siembra Nombre del cult.	Cosecha fecha	Área fecha	%
1	Programa\CROPWAT\dat	Rice	26/11	25/03	100

REQUERIM. DE AGUA DEL CULTIVO

Estación ETo: Turen Cultivo: Rice
Est. de lluvia: Turen inia 2010 Fecha de siembra: 26/11

Mes	Decada	Etap	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Nov	1	PrepSuel	1.05	4.05	20.3	15.5	46.2
Nov	2	PrepSuel	1.05	4.05	40.5	25.9	14.6
Nov	3	Inic	1.07	4.21	42.1	20.9	164.8
Dic	1	Inic	1.10	4.38	43.8	15.1	28.7
Dic	2	Des	1.10	4.46	44.6	9.7	35.0
Dic	3	Des	1.12	4.68	51.5	7.6	43.9
Ene	1	Des	1.15	4.92	49.2	5.4	43.8
Ene	2	Med	1.16	5.13	51.3	2.7	48.6
Ene	3	Med	1.17	5.26	57.8	2.1	55.8
Feb	1	Med	1.17	5.38	53.8	0.8	53.0
Feb	2	Med	1.17	5.50	55.0	0.0	55.0
Feb	3	Fin	1.16	5.51	44.1	1.7	42.4
Mar	1	Fin	1.12	5.44	54.4	3.8	50.6
Mar	2	Fin	1.07	5.29	52.9	5.2	47.6
Mar	3	Fin	1.03	4.78	23.9	5.4	18.0
				685.3	121.7	748.0	

PROGRAM. DE RIEGO DE ARROZ

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\sessions\BUCARAL DEFINITIVA (FAO).SCH)

ETo estación: Turen Cultivo: Rice Siembra: 26/11
Est. de lluvia: Turen INIA 20 Suelo: Acillo-L Cosecha: 25/03

Red. Rend.: 0.0 %

Rice scheduling options

Pre fanguero:

Prof. encharcado en día 10.5 m

Momento Regar a 20 % de agotamiento de Capacidad de Campo

Applicación Reponer humedad de suelo a 100 % de saturación

Fanguero

Momento Regar a 0 mm de lámina de agua

Applicación Reponer Altura de Agua a 50 mm

Etapas de crecim.

Momento Regar a 5 mm de lámina de agua

Applicación Reponer Altura de Agua a 100 mm

Efic. de campo 70 %

MOMENTOS Y APLICACIONES AJUSTADAS POR EL USUARIO

Formato de Tabla: Program. de riego

Fecha	Día	Etap	Precipi	Ks	ETa	Fang.	Percol.	Agot.	SMEnt.	netPérdida	Agot.SA
			mm	fracc.	%	estado	mm	mm	mm	mm	mm
6 Nov	-19	PrePu	0.0	1.00	100	Prep.	0.0	1	41.4	0.0	40.0
21 Nov	-4	Fang.	0.0	1.00	100	Prep.	0.0	5	90.0	0.0	40.0
25 Nov	0	Fang.	0.0	1.00	100	OK	4.9	0	53.6	0.0	3.6
4 Dic	9	Ini	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	96.6	0.0	-3.4
20 Dic	25	Des	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	102.5	0.0	2.5
3 Ene	39	Des	2.8	1.00	100	OK	3.1	0	99.3	0.0	-0.7
16 Ene	52	Med	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	101.5	0.0	1.5
28 Ene	64	Med	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	97.8	0.0	-2.2
9 Feb	76	Med	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	100.7	0.0	0.7
21 Feb	88	Med	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	103.2	0.0	3.2
5 Mar	100	Fin	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	99.6	0.0	-0.4
18 Mar	113	Fin	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	103.1	0.0	3.1
25 Mar		Fin	0.0	1.00	0	OK	0.0	0			

Totales:

Lámina de riego bruta total	1556.0 mm	Precipitación total	133.8 mm
Lámina de riego neta total	1089.2 mm	Precipitación Efectiva	132.5 mm
Pérdidas de riego totales	0.0 mm	Pérdida total de prec.	1.3 mm
Pérdidas totales por perc.	486.2 mm		

Uso real de agua del cultivo	598.7 mm	Déficit de agua a la cosecha	0.0 mm
Uso pot. de agua del cultivo	598.7 mm	Requer. reales de riego	466.2 mm

Eficiencia de programación de	100.0 %	Eficiencia de precipit.	99.0 %
Deficiencia de programación de	0.0 %		

Reducción de rendimiento:

Etapa de crecimiento	A	B	C	D	Estación
Reducciones en ETC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Factor de respuesta del rend.	1.00	1.09	1.32	0.50	1.10
Red. del rend.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Reducc. acum. del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	%

Cropwat 8.0 Bèta

07/10/18 8:03:12

FINCA SAN PANCRACIO

ETO PENMAN-MONTEITH MENSUAL DATOS

(Archivo: C:\Archivos de programa\CROPWAT\climate\TUREN inia 2010.PEM)

País: Venezuela Estación: Turen
Altitud: 215 m. Latitud: 9.15 °N Longitud: 69.04 °W

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m ² /día	ETo mm/día
Enero	21.9	33.4	64	112	7.8	19.1	4.41
Febrero	22.0	34.2	63	112	7.7	20.1	4.72
Marzo	23.1	35.2	63	130	6.1	18.7	4.86
Abril	23.4	34.0	73	130	3.6	15.0	3.99
Mayo	23.3	32.4	81	104	4.0	15.3	3.63
Junio	22.8	31.0	85	86	3.9	14.9	3.32
Julio	21.9	31.1	87	86	4.9	16.5	3.52
Agosto	22.0	31.5	82	95	4.9	16.8	3.69
Septiembre	22.5	32.5	87	95	5.1	17.1	3.72
Octubre	22.6	32.8	79	104	5.5	17.0	3.87
Noviembre	21.9	33.1	74	104	6.1	16.8	3.86
Diciembre	22.7	33.0	68	112	6.9	17.3	4.05
Promedio	22.5	32.9	76	106	5.5	17.0	3.97

PRECIPITACIÓN MENSUAL DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\rain\Turen 2010.CRM)

Estación: Turen inia 2010

Método Prec. Ef: USDA Servicio de Conservacion de Suelo:

$$\begin{aligned} P_{ef} &= P_{mes} * (125 - 0.2 * P_{mes}) / 125 \quad \text{para } P_{mes} \leq 250 \text{ mm} \\ P_{ef} &= 125 + 0.1 * P_{mes} \quad \text{para } P_{mes} > 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	10.2	10.0
Febrero	2.4	2.4
Marzo	21.4	20.7
Abril	86.7	74.7
Mayo	208.8	139.0
Junio	248.8	149.8
Julio	227.5	144.7
Agosto	250.3	150.0
Septiembre	190.3	132.4
Octubre	170.5	124.0
Noviembre	91.0	77.8
Diciembre	34.1	32.2
Total	1542.0	1057.6

ARROZ DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\crops\FAO\RICE.CRO)

Nombre del Cult.: Rice Siembra: 26/11 Cosecha: 25/03

Etapa	prep.suelo		etapa de crecimiento				total
	total	fanguero	inicial	desarro	med	fin	
Longitud (días)	20	5	20	30	40	30	120
Kc seco	0.30		0.50	-->	1.05	0.70	
Kc húmedo		1.05	1.10	-->	1.20	1.05	
Prof.radicular (m)			0.10	-->	0.60	0.60	
Prof. fanguero (m)		0.40					
Agotam.critical			0.20	-->	0.20	0.20	
F. respuesta rend.			1.00	1.09	1.09	1.09	1.09
Altura de cult. (m)				1.00			

SUELO DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\soils\FAO\MEDIUM.SOI)

Nombre del suelo: Franco-AL

Datos generales de suelo:

Humedad de suelo disponible total (CC-PM	290.0	mm/metro
Tasa maxima de infiltración de la precip	40	mm/día
Profundidad radicular máxima	900	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (co	0	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	290.0	mm/metro

Datos adicionales de suelo para arroz:

Porosidad drenable (SAT - CC)	12	%
Agotamiento crítico para grietas del fan	0.40	mm/día
Disponibilidad de agua a la siembra	100	% desaturación
Altura máxima de lámina de agua	100	mm

PATRÓN DE CULTIVO DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\sessions\SAN PANCRACIO VISITA 1.PAT)

Nombre de patrón de cultivo: ARROZ

No.	Archivo de cultivo	Siembra Nombre del cult.	Cosecha fecha	Área fecha	%
1	...grama\CROPWAT\dat	Rice	26/11	25/03	100

REQUERIM. DE AGUA DEL CULTIVO

Estación ETo: Turen Cultivo: Rice
Est. de lluvia: Turen inia 2010 Fecha de siembra: 26/11

Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Nov	1	PrepSuel	1.05	4.05	20.3	15.5	54.2
Nov	2	PrepSuel	1.05	4.05	40.5	25.9	14.6
Nov	3	Inic	1.07	4.21	42.1	20.9	173.7
Dic	1	Inic	1.10	4.38	43.8	15.1	28.7
Dic	2	Des	1.10	4.46	44.6	9.7	35.0
Dic	3	Des	1.12	4.68	51.5	7.6	43.9
Ene	1	Des	1.15	4.92	49.2	5.4	43.8
Ene	2	Med	1.16	5.13	51.3	2.7	48.6
Ene	3	Med	1.17	5.26	57.8	2.1	55.8
Feb	1	Med	1.17	5.38	53.8	0.8	53.0
Feb	2	Med	1.17	5.50	55.0	0.0	55.0
Feb	3	Fin	1.16	5.51	44.1	1.7	42.4
Mar	1	Fin	1.12	5.44	54.4	3.8	50.6
Mar	2	Fin	1.07	5.29	52.9	5.2	47.6
Mar	3	Fin	1.03	4.78	23.9	5.4	18.0
				685.3	121.7	764.9	

PROGRAM. DE RIEGO DE ARROZ

ETo estación: Turen Cultivo: Rice Siembra: 26/11
Est. de lluvia: Turen INIA 20 Suelo: Franco-AL Cosecha: 25/03

Red. Rend.: 0.0 %

Rice scheduling options

Pre fanguero:

Prof. encharcado en día 10.5 m

Momento Regar a 20 % de agotamiento de Capacidad de Campo

Applicación Reponer humedad de suelo a 100 % de saturación

Fanguero

Momento Regar a 0 mm de lámina de agua

Applicación Reponer Altura de Agua a 50 mm

Etapas de crecim.

Momento Regar a 5 mm de lámina de agua

Applicación Reponer Altura de Agua a 100 mm

Efic. de campo 70 %

Formato de Tabla: Program. de riego

Fecha	Día	Etapa	Precipi mm	Ks fracc.	ETa %	Fang. estado	Percol. mm	Agot. mm	SMEnt. mm	netPérdida mm	Agot.SA mm
6 Nov	-19	PrePu	0.0	1.00	100	Prep.	0.0	1	49.4	0.0	48.0
21 Nov	-4	Fang.	0.0	1.00	100	Prep.	0.0	5	98.0	0.0	48.0
24 Nov	-1	Fang.	0.0	1.00	100	OK	9.1	0	54.5	0.0	4.5
2 Dic	7	Ini	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	101.9	0.0	1.9
16 Dic	21	Des	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	96.5	0.0	-3.5
29 Dic	34	Des	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	96.8	0.0	-3.2
11 Ene	47	Des	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	102.6	0.0	2.6
23 Ene	59	Med	1.0	1.00	100	OK	3.4	0	99.3	0.0	-0.7
4 Feb	71	Med	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	103.2	0.0	3.2
15 Feb	82	Med	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	97.0	0.0	-3.0
26 Feb	93	Fin	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	97.4	0.0	-2.6
10 Mar	105	Fin	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	102.9	0.0	2.9
22 Mar	117	Fin	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	98.5	0.0	-1.5
25 Mar	Fin	Fin	0.0	1.00	0	OK	0.0	0			

Totales:

Lámina de riego bruta total	1711.3 mm	Precipitación total	133.8 mm
Lámina de riego neta total	1197.9 mm	Precipitación Efectiva	113.2 mm
Pérdidas de riego totales	0.0 mm	Pérdida total de prec.	20.6 mm
Pérdidas totales por perc.	542.2 mm		

Uso real de agua del cultivo	598.7 mm	Déficit de agua a la cosecha	0.0 mm
Uso pot. de agua del cultivo	598.7 mm	Requer. reales de riego	485.4 mm

Eficiencia de programación de	100.0 %	Eficiencia de precipit.	84.6 %
Deficiencia de programación de	0.0 %		

Reducción de rendimiento:

Etapa de crecimiento	A	B	C	D	Estación
Reducciones en ETC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Factor de respuesta del rend.	1.00	1.09	1.32	0.50	1.10
Red. del rend.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Reducc. acum. del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	%

Cropwat 8.0 Bèta

07/10/18 19:03:37

FINCA LA MESETA

ETO PENMAN-MONTEITH MENSUAL DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\climate\FAO\climate\Araure 1.PEM)

País: Venezuela Estación: Araure
Altitud: 200 m. Latitud: 9.36 °N Longitud: 69.13 °W

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m ² /día	ETO mm/día
Enero	22.2	33.0	80	22	7.6	18.7	3.74
Febrero	22.5	33.5	77	21	7.6	19.9	4.04
Marzo	23.4	35.0	75	23	6.7	19.6	4.19
Abril	23.7	33.4	82	20	4.6	16.6	3.66
Mayo	22.9	32.0	89	19	4.3	15.8	3.43
Junio	22.1	30.8	91	18	4.5	15.8	3.32
Julio	21.7	31.1	90	23	5.4	17.2	3.56
Agosto	21.8	31.2	91	24	6.0	18.5	3.80
Septiembre	21.9	32.0	90	22	6.0	18.5	3.82
Octubre	22.0	33.0	90	24	6.7	18.8	3.90
Noviembre	22.3	32.3	86	25	6.9	17.9	3.65
Diciembre	22.2	31.9	84	25	6.8	17.2	3.42
Promedio	22.4	32.4	85	22	6.1	17.9	3.71

PRECIPITACIÓN MENSUAL DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\rain\climate\Araure.CRM)

Estación: Araure

Método Prec. Ef: USDA Servicio de Conservacion de Suelo:

$P_{ef} = P_{mes} * (125 - 0.2 * P_{mes}) / 125$ para $P_{mes} \leq 250$ mm

$P_{ef} = 125 + 0.1 * P_{mes}$ para $P_{mes} > 250$ mm

	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	8.1	8.0
Febrero	4.6	4.6
Marzo	19.9	19.3
Abril	142.3	109.9
Mayo	232.2	145.9
Junio	246.4	149.3
Julio	213.8	140.7
Agosto	227.9	144.8
Septiembre	158.2	118.2
Octubre	145.0	111.4
Noviembre	113.3	92.8
Diciembre	64.8	58.1
Total	1576.5	1102.7

ARROZ DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\crops\FAO\RICE.CRO)

Nombre del Cult.: Rice Siembra: 26/11 Cosecha: 25/03

Etapa	prep.suelo		etapa de crecimiento				total
	total	fanguero	inicial	desarro	med	fin	
Longitud (días)	20	5	20	30	40	30	120
Kc seco	0.30		0.50	-->	1.05	0.70	
Kc húmedo		1.05	1.10	-->	1.20	1.05	
Prof.radicular (m)			0.10	-->	0.60	0.60	
Prof. fanguero (m)		0.40					
Agotam.crítico			0.20	-->	0.20	0.20	
F. respuesta rend.			1.00	1.09	1.09	1.09	1.09
Altura de cult. (m)				1.00			

SUELO DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\soils\FAO\HEAVY.SOI)

Nombre del suelo: Acillo-L

Datos generales de suelo:

Humedad de suelo disponible total (CC-PM	170.0	mm/metro
Tasa máxima de infiltración de la precip	30	mm/día
Profundidad radicular máxima	900	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (co	0	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	170.0	mm/metro

Datos adicionales de suelo para arroz:

Porosidad drenable (SAT - CC)	10	%
Agotamiento crítico para grietas del fan	0.50	mm/día
Disponibilidad de agua a la siembra	0	% agotamiento
Altura máxima de lámina de agua	100	mm

PATRÓN DE CULTIVO DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\sessions\Arroz La Palma1.PAT)

Nombre de patrón de cultivo: Arroz

No.	Archivo de cultivo	Siembra Nombre del cult.	Cosecha fecha	Área fecha	%
1	...grama\CROPWAT\dat	Rice	01/12	30/03	100

REQUERIM. DE AGUA DEL CULTIVO

Estación ETo: Araure Cultivo: Rice
Est. de lluvia: Araure Fecha de siembra: 26/11

Mes	Decada	Etap	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Nov	1	PrepSuel	1.05	3.92	19.6	16.7	44.2
Nov	2	PrepSuel	1.05	3.83	38.3	31.7	6.6
Nov	3	Inic	1.07	3.84	38.4	27.6	100.8
Dic	1	Inic	1.10	3.85	38.5	23.7	14.8
Dic	2	Des	1.10	3.77	37.7	20.1	17.6
Dic	3	Des	1.11	3.91	43.0	14.3	28.8
Ene	1	Des	1.12	4.06	40.6	6.8	33.9
Ene	2	Med	1.13	4.21	42.1	0.5	41.6
Ene	3	Med	1.13	4.32	47.5	0.8	46.7
Feb	1	Med	1.13	4.43	44.3	1.4	43.0
Feb	2	Med	1.13	4.55	45.5	0.7	44.8
Feb	3	Fin	1.12	4.57	36.6	2.6	33.9
Mar	1	Fin	1.08	4.45	44.5	2.4	42.2
Mar	2	Fin	1.03	4.31	43.1	2.8	40.3
Mar	3	Fin	0.99	3.98	19.9	6.4	12.8
				579.6	158.4	552.0	

PROGRAM. DE RIEGO DE ARROZ

ETo estación: Araure Cultivo: Rice Siembra: 26/11
Est. de lluvia: Suelo: Acillo-L Cosecha: 25/03

Red. Rend.: 0.0 %

Rice scheduling options

Pre fanguero:

Prof. encharcado en día 10.5 m

Momento Regar a 20 % de agotamiento de Capacidad de Campo

Applicación Reponer humedad de suelo a 100 % de saturación

Fanguero

Momento Regar a 0 mm de lámina de agua

Applicación Reponer Altura de Agua a 50 mm

Etapas de crecim.

Momento Regar a 5 mm de lámina de agua

Applicación Reponer Altura de Agua a 100 mm

Efic. de campo 70 %

Formato de Tabla: Program. de riego

Fecha	Día	Etapa	Precipi mm	Ks fracc.	ETa %	Fang. estado	Percol. mm	Agot. mm	SMEnt. mm	netPérdida mm	Agot.SA mm
6 Nov	-19	PrePu	0.0	1.00	100	Prep.	0.0	1	41.4	0.0	40.0
21 Nov	-4	Fang.	0.0	1.00	100	Prep.	0.0	4	90.0	0.0	40.0
26 Nov	1	Ini	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	103.6	0.0	3.6
16 Dic	21	Des	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	100.4	0.0	0.4
1 Ene	37	Des	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	96.4	0.0	-3.6
16 Ene	52	Med	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	101.0	0.0	1.0
29 Ene	65	Med	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	95.5	0.0	-4.5
11 Feb	78	Med	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	96.6	0.0	-3.4
24 Feb	91	Fin	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	97.6	0.0	-2.4
9 Mar	104	Fin	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	95.9	0.0	-4.1
24 Mar	119	Fin	0.0	1.00	100	OK	3.1	0	100.0	0.0	0.0
25 Mar	Fin	Fin	0.0	1.00	0	OK	0.0	0			

Totales:

Lámina de riego bruta total	1454.6 mm	Precipitación total	181.5 mm
Lámina de riego neta total	1018.2 mm	Precipitación Efectiva	153.9 mm
Pérdidas de riego totales	0.0 mm	Pérdida total de prec.	27.5 mm
Pérdidas totales por perc.	497.5 mm		

Uso real de agua del cultivo	498.5 mm	Déficit de agua a la cosecha	0.0 mm
Uso pot. de agua del cultivo	498.5 mm	Requer. reales de riego	344.6 mm

Eficiencia de programación de	100.0 %	Eficiencia de precipit.	84.8 %
Deficiencia de programación de	0.0 %		

Reducción de rendimiento:

Etapa de crecimiento	A	B	C	D	Estación
Reducciones en ETC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Factor de respuesta del rend.	1.00	1.09	1.32	0.50	1.10
Red. del rend.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Reducc. acum. del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	%

Cropwat 8.0 Bèta

07/10/18 19:12:45

FINCA LA TOLVANERA

ETO PENMAN-MONTEITH MENSUAL DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\climate\FAO\climate\Araure 1.PEM)

País: Venezuela Estación: Araure
Altitud: 200 m. Latitud: 9.36 °N Longitud: 69.13 °W

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m ² /día	ETo mm/día
Enero	22.2	33.0	80	22	7.6	18.7	3.74
Febrero	22.5	33.5	77	21	7.6	19.9	4.04
Marzo	23.4	35.0	75	23	6.7	19.6	4.19
Abril	23.7	33.4	82	20	4.6	16.6	3.66
Mayo	22.9	32.0	89	19	4.3	15.8	3.43
Junio	22.1	30.8	91	18	4.5	15.8	3.32
Julio	21.7	31.1	90	23	5.4	17.2	3.56
Agosto	21.8	31.2	91	24	6.0	18.5	3.80
Septiembre	21.9	32.0	90	22	6.0	18.5	3.82
Octubre	22.0	33.0	90	24	6.7	18.8	3.90
Noviembre	22.3	32.3	86	25	6.9	17.9	3.65
Diciembre	22.2	31.9	84	25	6.8	17.2	3.42
Promedio	22.4	32.4	85	22	6.1	17.9	3.71

PRECIPITACIÓN MENSUAL DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\rain\climate\Araure.CRM)

Estación: Araure

Método Prec. Ef: USDA Servicio de Conservacion de Suelo:

$$\begin{aligned} P_{ef} &= P_{mes} * (125 - 0.2 * P_{mes}) / 125 \quad \text{para } P_{mes} \leq 250 \text{ mm} \\ P_{ef} &= 125 + 0.1 * P_{mes} \quad \text{para } P_{mes} > 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	8.1	8.0
Febrero	4.6	4.6
Marzo	19.9	19.3
Abril	142.3	109.9
Mayo	232.2	145.9
Junio	246.4	149.3
Julio	213.8	140.7
Agosto	227.9	144.8
Septiembre	158.2	118.2
Octubre	145.0	111.4
Noviembre	113.3	92.8
Diciembre	64.8	58.1
Total	1576.5	1102.7

ARROZ DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\crops\FAO\RICE.CRO)

Nombre del Cult.: Rice Siembra: 26/11 Cosecha: 25/03

Etapa	prep.suelo		etapa de crecimiento				total
	total	fanguero	inicial	desarro	med	fin	
Longitud (días)	20	5	20	30	40	30	120
Kc seco	0.30		0.50	-->	1.05	0.70	
Kc húmedo		1.05	1.10	-->	1.20	1.05	
Prof.radicular (m)			0.10	-->	0.60	0.60	
Prof. fanguero (m)		0.40					
Agotam.crítico			0.20	-->	0.20	0.20	
F. respuesta rend.			1.00	1.09	1.09	1.09	1.09
Altura de cult. (m)				1.00			

SUELO DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\soils\FAO\MEDIUM.SOI)

Nombre del suelo: Franco-AL

Datos generales de suelo:

Humedad de suelo disponible total (CC-PM	290.0	mm/metro
Tasa maxima de infiltración de la precip	40	mm/día
Profundidad radicular máxima	900	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (co	0	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	290.0	mm/metro

Datos adicionales de suelo para arroz:

Porosidad drenable (SAT - CC)	12	%
Agotamiento crítico para grietas del fan	0.40	mm/día
Disponibilidad de agua a la siembra	100	% desaturación
Altura máxima de lámina de agua	100	mm

PATRÓN DE CULTIVO DATOS

(Archivo: C:\Documents and Settings\All Users\Datos de programa\CROPWAT\data\sessions\Arroz La Palma1.PAT)

Nombre de patrón de cultivo: Arroz

No.	Archivo de cultivo	Siembra Nombre del cult.	Cosecha fecha	Área fecha	%
1	...grama\CROPWAT\dat	Rice	01/12	30/03	100

REQUERIM. DE AGUA DEL CULTIVO

Estación ETo: Araure Cultivo: Rice
Est. de lluvia: Araure Fecha de siembra: 26/11

Mes	Decada	Etap	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
Nov	1	PrepSuel	1.05	3.92	19.6	16.7	52.2
Nov	2	PrepSuel	1.05	3.83	38.3	31.7	6.6
Nov	3	Inic	1.07	3.84	38.4	27.6	166.3
Dic	1	Inic	1.10	3.85	38.5	23.7	14.8
Dic	2	Des	1.10	3.77	37.7	20.1	17.6
Dic	3	Des	1.11	3.91	43.0	14.3	28.8
Ene	1	Des	1.12	4.06	40.6	6.8	33.9
Ene	2	Med	1.13	4.21	42.1	0.5	41.6
Ene	3	Med	1.13	4.32	47.5	0.8	46.7
Feb	1	Med	1.13	4.43	44.3	1.4	43.0
Feb	2	Med	1.13	4.55	45.5	0.7	44.8
Feb	3	Fin	1.12	4.57	36.6	2.6	33.9
Mar	1	Fin	1.08	4.45	44.5	2.4	42.2
Mar	2	Fin	1.03	4.31	43.1	2.8	40.3
Mar	3	Fin	0.99	3.98	19.9	6.4	12.8
				579.6	158.4	625.5	

PROGRAM. DE RIEGO DE ARROZ

ETo estación: Araure Cultivo: Rice Siembra: 26/11
Est. de lluvia: Suelo: Franco-AL Cosecha: 25/03

Red. Rend.: 0.0 %

Rice scheduling options

Pre fanguero:

Prof. encharcado en día 10.5 m

Momento Regar a 20 % de agotamiento de Capacidad de Campo

Applicación Reponer humedad de suelo a 100 % de saturación

Fanguero

Momento Regar a 0 mm de lámina de agua

Applicación Reponer Altura de Agua a 50 mm

Etapas de crecim.

Momento Regar a 5 mm de lámina de agua

Applicación Reponer Altura de Agua a 100 mm

Efic. de campo 70 %

Formato de Tabla: Program. de riego

Fecha	Día	Etap	Precipi	Ks	ETa	Fang.	Percol.	Agot.	SMEnt.	net	Pérdida	Agot.	SA
			mm	fracc.	%	estado	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
6 Nov	-19	PrePu	0.0	1.00	100	Prep.	0.0	1	49.4	0.0	48.0		
21 Nov	-4	Fang.	0.0	1.00	100	Prep.	0.0	4	98.0	0.0	48.0		
25 Nov	0	Fang.	0.0	1.00	100	OK	5.6	0	57.5	0.0	7.5		
6 Dic	11	Ini	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	99.8	0.0	-0.2		
24 Dic	29	Des	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	100.6	0.0	0.6		
8 Ene	44	Des	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	96.1	0.0	-3.9		
21 Ene	57	Med	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	98.8	0.0	-1.2		
3 Feb	70	Med	0.7	1.00	100	OK	3.4	0	99.7	0.0	-0.3		
16 Feb	83	Med	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	101.8	0.0	1.8		
1 Mar	96	Fin	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	101.0	0.0	1.0		
14 Mar	109	Fin	0.0	1.00	100	OK	3.4	0	99.4	0.0	-0.6		
25 Mar		Fin	0.0	1.00	0	OK	0.0	0					

Totales:

Lámina de riego bruta total	1431.5 mm	Precipitación total	181.5 mm
Lámina de riego neta total	1002.0 mm	Precipitación Efectiva	167.5 mm
Pérdidas de riego totales	0.0 mm	Pérdida total de prec.	14.0 mm
Pérdidas totales por perc.	553.6 mm		

Uso real de agua del cultivo	498.5 mm	Déficit de agua a la cosecha	0.0 mm
Uso pot. de agua del cultivo	498.5 mm	Requer. reales de riego	331.0 mm

Eficiencia de programación de	100.0 %	Eficiencia de precipit.	92.3 %
Deficiencia de programación de	0.0 %		

Reducción de rendimiento:

Etapa de crecimiento	A	B	C	D	Estación
Reducciones en ETC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Factor de respuesta del rend.	1.00	1.09	1.32	0.50	1.10
Red. del rend.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0 %
Reducc. acum. del rendimiento	0.0	0.0	0.0	0.0	%

Cropwat 8.0 Bèta

07/10/18 19:36:00

ANEXO H
GRAFICOS DE CLIMA

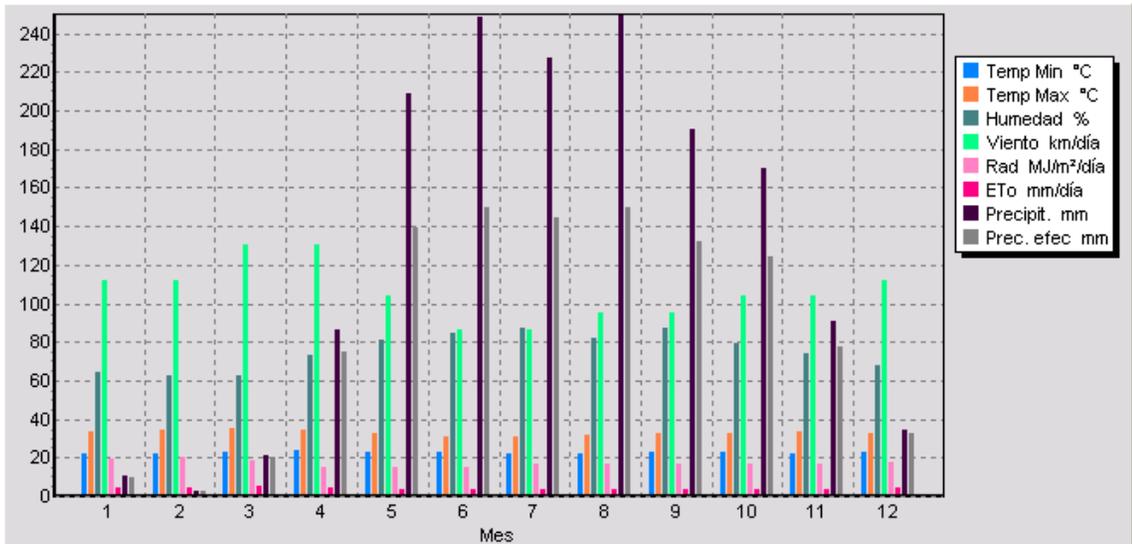


Figura: Finca Bucaral

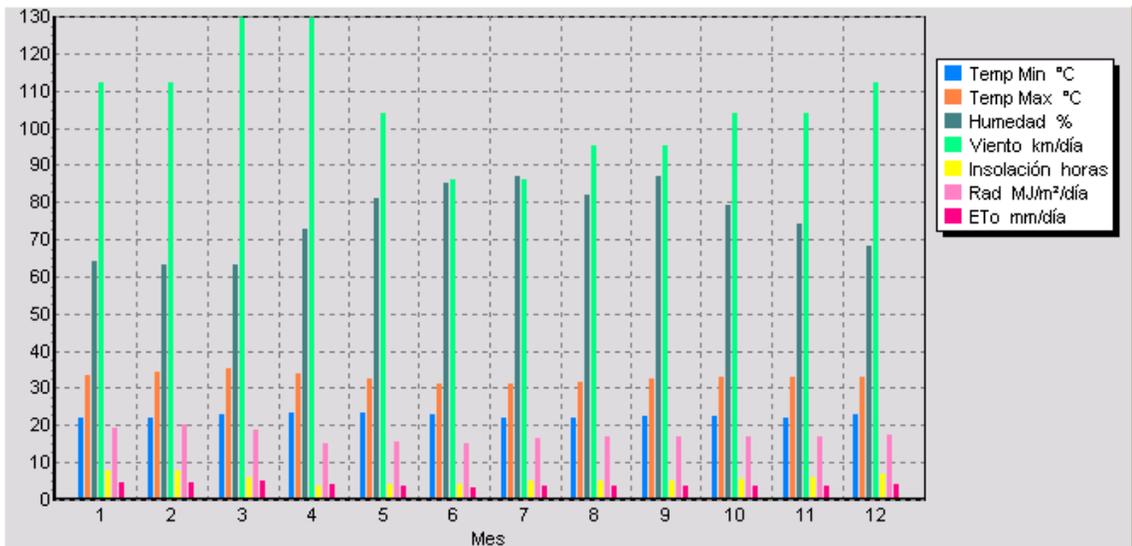


Figura: Finca San Pancracio

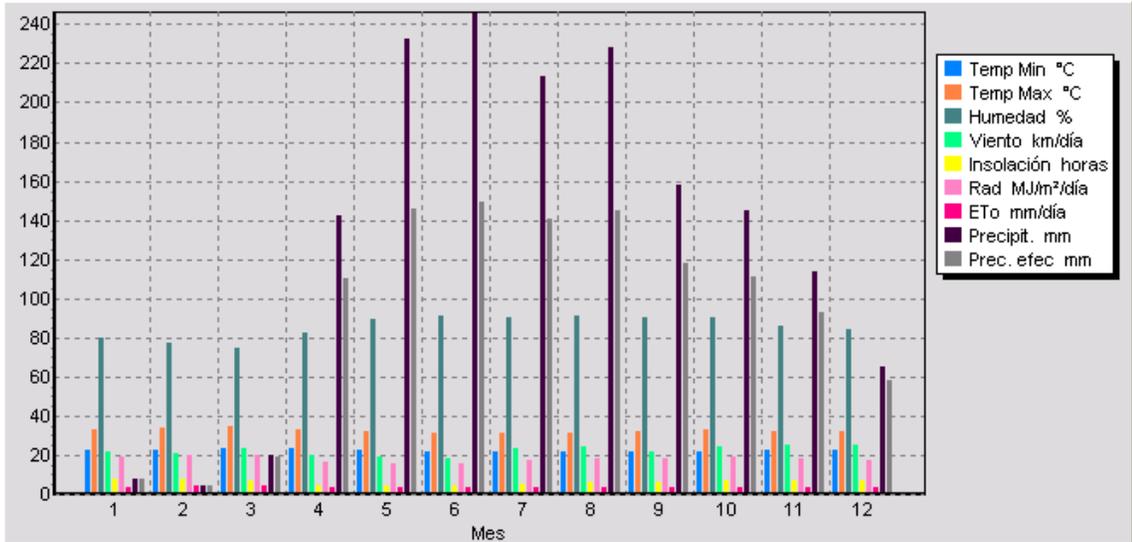


Figura: Finca La Meseta

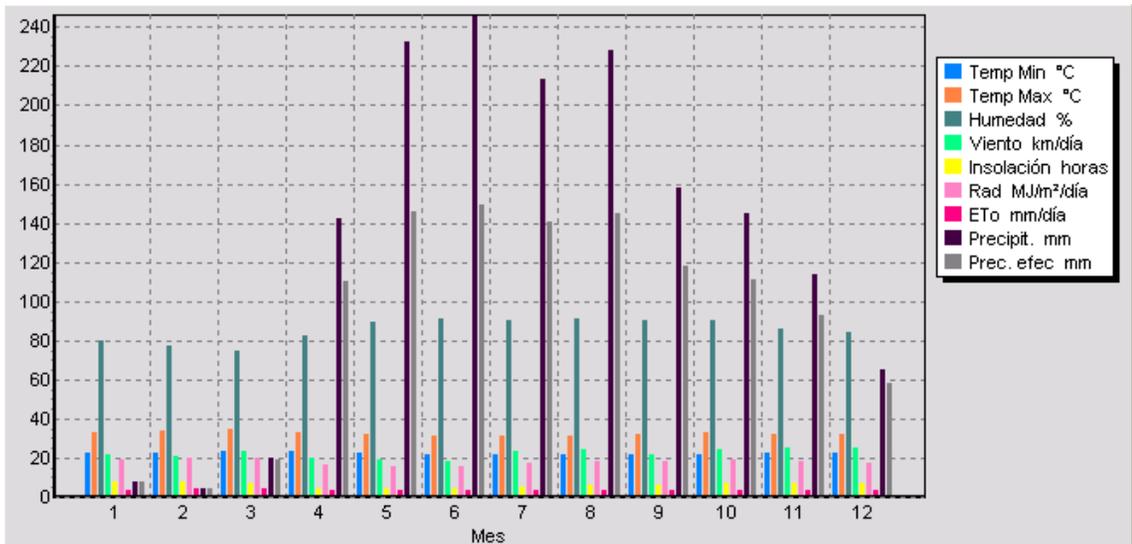


Figura: Finca La Tolvanera

ANEXO I

UBICACIÓN DE ÁREAS DE ESTUDIOS

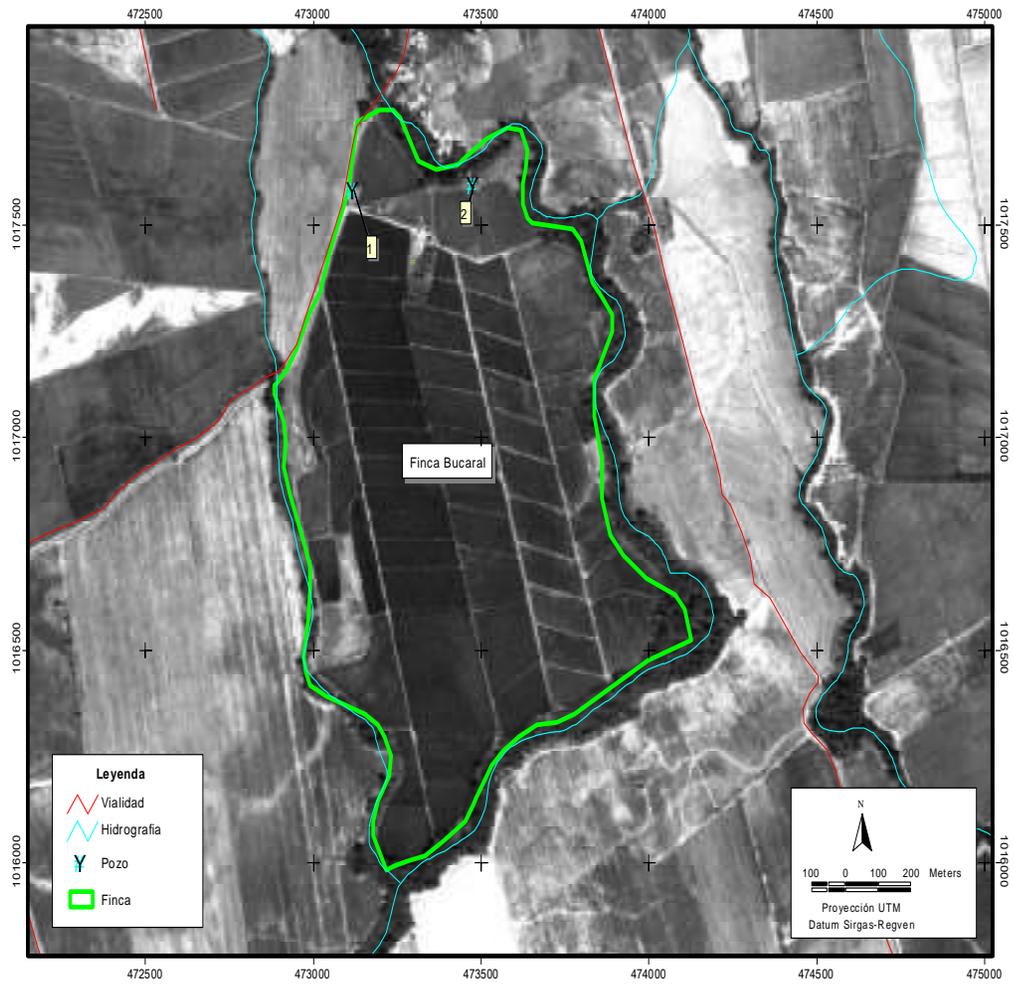


Figura. Finca Bucaral Municipio Esteller estado Portuguesa
Fuente: Centro cartográfico UNELLEZ.

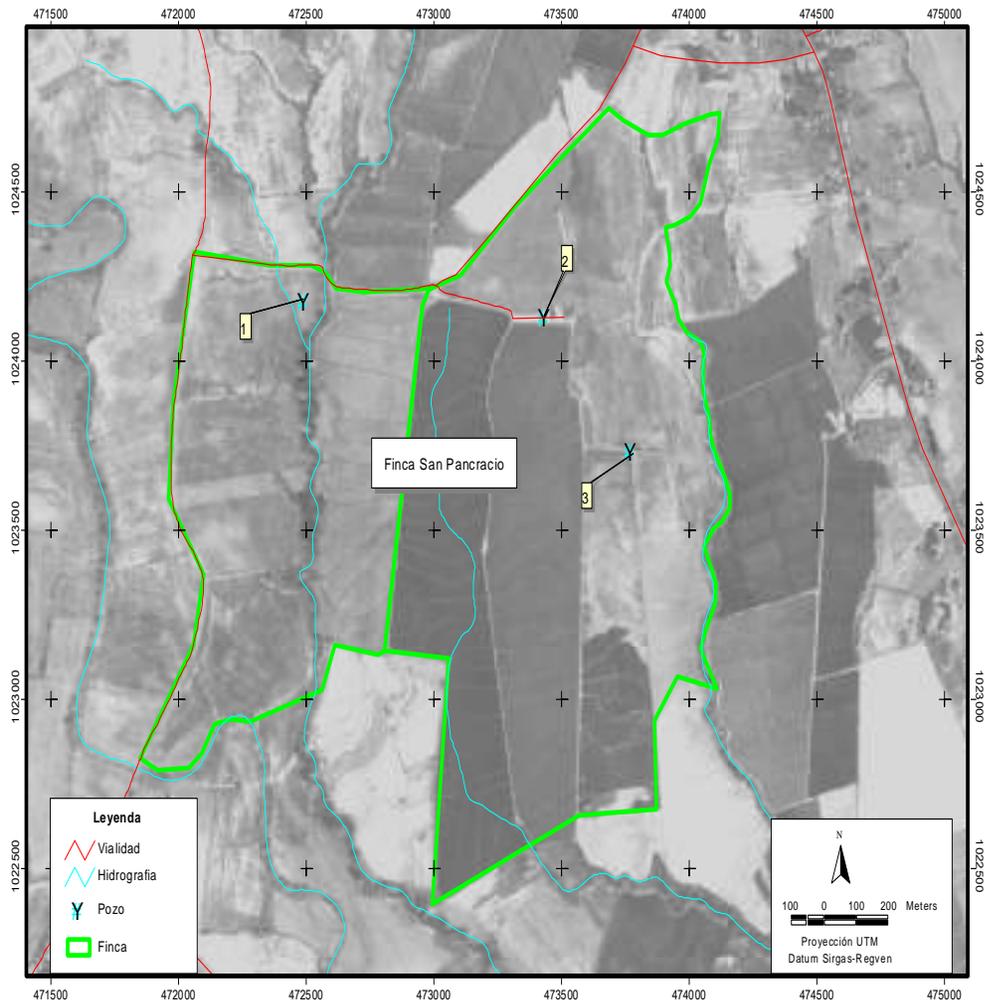


Figura. Finca San Pancracio Municipio Esteller estado Portuguesa
Fuente: Centro cartográfico UNELLEZ.

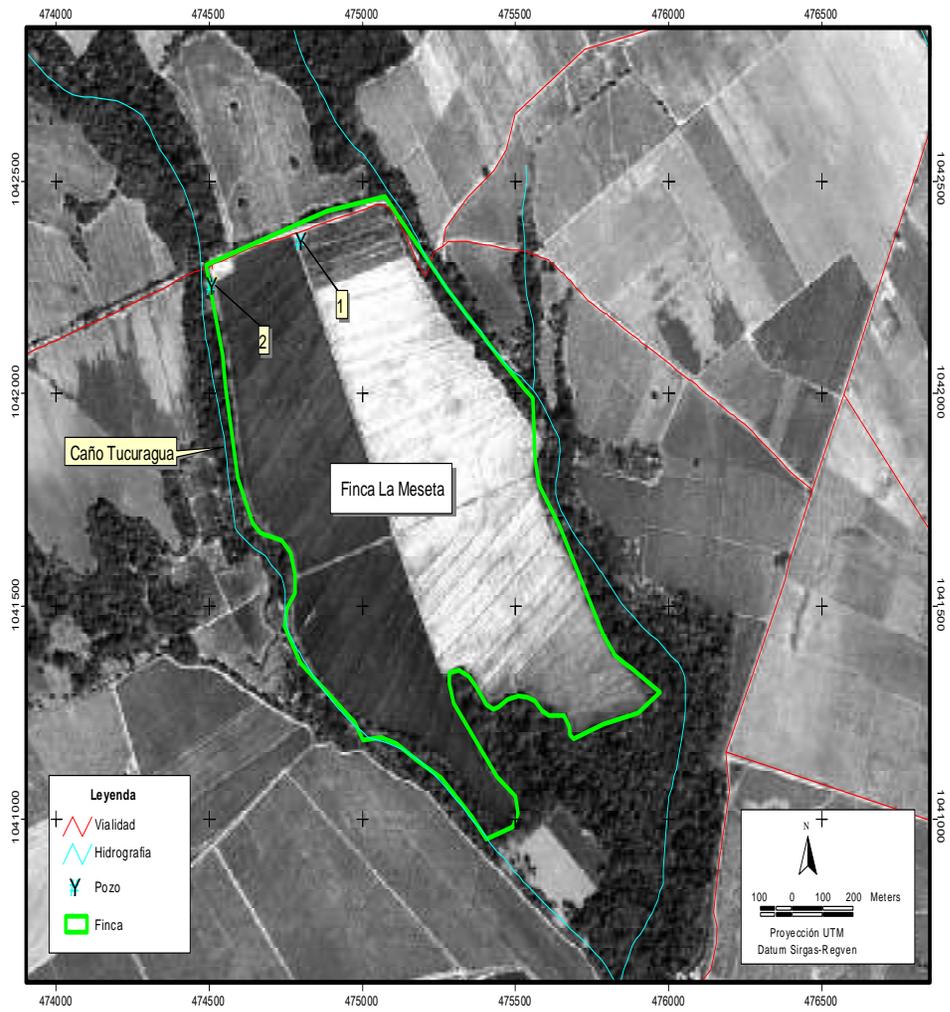


Figura . Finca La Meseta Municipio Esteller estado Portuguesa
Fuente: Centro cartográfico UNELLEZ.

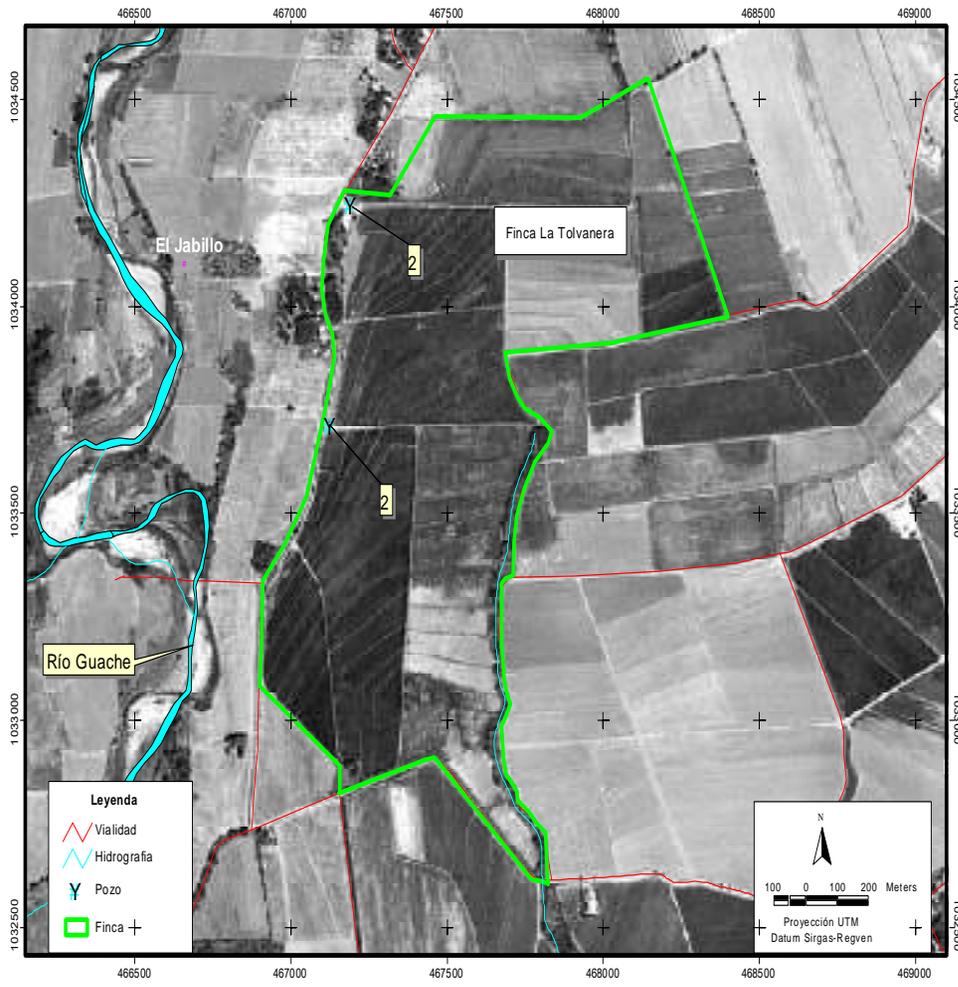


Figura . Finca La Tolvanera Municipio Esteller estado Portuguesa
Fuente: Centro cartográfico UNELLEZ.

INFORME FOTOGRAFICO DE LAS AREAS DE ESTUDIO

Finca Bucaral



Bomba Pozo 2



Fanguero con tractor



Canal de concreto



Medición de lámina de agua



Canales de tierra



Cultivo de arroz

Finca San Pancracio



Bomba Pozo 2



Canales de tierra



Tanque



Medición de lámina de agua



Canales de Tierra



Cultivo de arroz

Finca La Meseta



Bomba Pozo 2



Canales de tierra



Tanque



Medición de lámina de agua



Canales de concreto



Cultivo de arroz

Finca La Tolvanera



Bomba Pozo 2



Preparación de suelos



Tanque



Medición de lámina de agua



Canales de concreto y tierra



Medición de lámina de agua

ENTREVISTAS



LABORATORIO

