

Análisis del uso eficiente del recurso hídrico en el cultivo de arroz en el hato tamarindo, vereda río Chiquito, municipio de Aguazul en el departamento de Casanare

Analysis of the efficient use of water resources in rice cultivation in the tamarindo herd, Río Chiquito, municipality of Aguazul in the department of Casanare

Mayorga, Sonia Lorena¹, Muñoz Cortes, Luis Carlos¹

Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Especialización Gestión Integral del Recurso Hídrico
Yopal, Colombia

soniamayorga@unisangil.edu.co
luismunoz1@unisangil.edu.co

Fecha de recepción: diciembre 20 de 2022
Fecha de aceptación: febrero 13 de 2023

Resumen – El uso del recurso hídrico en el desarrollo de actividades económicas como la agricultura aumenta día a día especialmente los cultivos que requieren abundante agua como el arroz (rice), es por ello, que día a día cobra importancia y exigencia la protección y conservación respecto al uso y aprovechamiento del recurso hídrico. Actualmente, se presenta una problemática ambiental que ha afectado a agricultores y a finqueros, cuyos predios colindan con la microcuenca del Río Chiquito ubicado en el municipio de Aguazul, en época de invierno se presentan algunos fenómenos esporádicos de erosión y en verano se dificulta la recolección de agua para los cultivos y consumo en las fincas. Para efectos prácticos se analizó el uso del recurso hídrico y se identificó un sistema de riego que contribuye al uso eficiente del mismo. Se realizó la evaluación del sistema de riego por goteo vs riego tradicional con la finalidad de identificar el sistema de riego adecuado que brinde eficiencia en el uso del agua empleada en el cultivo. De esta forma se determinó que el sistema de riego por goteo representa menor consumo de agua en cultivos de arroz en ese tipo de zona específica. De igual manera, se identificó que lo ideal y conveniente es que el periodo de siembra se realice en la temporada de lluvia ya que se puede realizar un proceso de captación de la misma y así no devengar mayor volumen de agua de las fuentes hídricas. Este estudio demuestra que hay estrategias eficientes de manejo del riego de los cultivos de arroz que pueden reducir significativamente los consumos de agua sin afectar la producción.

Palabras Claves: Sostenibilidad, eficiencia, agua, cuencas hidrográficas

Abstract – The use of water resources in the development of economic activities such as agriculture increases day by day, especially crops that require abundant water such as rice (rice), which is why, day by day, protection and conservation with respect to water becomes important and demanding. use and exploitation of water resources. Currently, there is an environmental problem that has affected farmers and ranchers, whose properties adjoin the micro-basin of the Chiquito River located in the municipality of Aguazul, in winter there are some sporadic phenomena of erosion and in summer it is difficult to collect water for crops and consumption on farms. For practical purposes, the use of water resources was analyzed and an irrigation system was identified that contributes to its efficient use. The evaluation of the drip irrigation system vs. traditional irrigation was carried out in order to identify the appropriate irrigation system that provides efficiency in the use of the water used in the crop. In this way, it was determined that the drip irrigation system represents less water consumption in rice crops in that type of specific area. Similarly, it was identified that the ideal and convenient thing is that the planting period be carried out in the rainy season since a process of capturing it can be carried out and thus not accrue a greater volume of water from the water sources. This study demonstrates that there are efficient irrigation management strategies for rice crops that can significantly reduce water consumption without affecting production.

Keywords - Water resource, sustainability, efficiency, water, water basins.

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio investigativo tiene como tema realizar un análisis del uso eficiente del recurso hídrico en el cultivo de arroz en el hato tamarindo, vereda Río Chiquito, municipio de Aguazul en el departamento de Casanare. Ya que actualmente se vive la problemática de escasez de agua en la comunidad de esta vereda, agua que está destinada para fines tanto domésticos como agrícolas principalmente en los cultivos de arroz.

Con lo anterior, se hace necesario por parte de la comunidad racionalizar el uso de agua teniendo en cuenta que el volumen disminuye cada día tanto de las fuentes principales en este caso el río Chiquito como otras fuentes más pequeñas. Es por esto que el objetivo de esta investigación es analizar el uso del recurso hídrico e identificar un sistema de riego que contribuya al uso eficiente del mismo en el cultivo de arroz.

En septiembre de 2015, la Organización de las Naciones Unidas – ONU, adoptó los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente el objetivo 6: “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” y establece para 2030 “(...) aumentar sustancialmente la eficiencia en el consumo de agua para todos los sectores y lograr una extracción y un abastecimiento sostenible del agua dulce para hacer frente a la escasez de agua, y reducir sustancialmente el número de personas que la padecen” Por otra parte, en el marco de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico – OCDE, dentro de los instrumentos de política ambiental y como parte del desempeño ambiental que el gobierno colombiano debe considerar se encuentra el “desarrollar programas de ahorro y uso eficiente del agua y la energía y medidas de reducción, reutilización, reciclado y valorización” [1].

El interés por el uso eficiente y ahorro del agua en Colombia, tiene sus inicios desde el Decreto – Ley 2811 de 1974 Código Nacional de Recursos Naturales Renovables, posteriormente los Decretos 1449 de 1977 y 1541 de 1978 reiteran estos lineamientos, este último compilado en el Decreto único reglamentario 1076 de 2015 del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible [2].

En el año 1997, se expide la Ley 373 “Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua”. En el año 2002, la Dirección General Sectorial del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial publicó la Guía de ahorro y uso eficiente del agua, la cual incluyó estrategias para el ahorro y uso eficiente del agua [3].

Con base en estos instrumentos normativos y técnicos, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible elaboró un

diagnóstico del grado de implementación del uso eficiente y ahorro del agua en Colombia para el período 2012 -2016 e identificó que, a pesar de los esfuerzos realizados, los avances en este tema no son suficientes para la sostenibilidad del uso del agua, en parte porque se requiere actualizar el marco conceptual frente al tema con base en los lineamientos nacionales e internacionales expedidos posteriormente al año 2010. Es por lo anterior, que en el año 2018 este Ministerio expidió el Decreto 1090 y la Resolución 1257 y elabora la presente guía para el uso eficiente y ahorro del agua [4].

Adicionalmente, en el año 2018 el Departamento Nacional de Planeación – DNP elabora la Política de Crecimiento Verde, a través del Consejo Nacional de Política Económica y Social – CONPES 3934, que tiene como objetivo “llevar al país a una transición hacia un modelo económico más sostenible, competitivo e inclusivo, se implementará durante un horizonte de tiempo de 13 años (2018- 2030) y comprende acciones específicas de carácter intersectorial” lideradas por cada uno de los Ministerios responsables. Este documento se compone de cinco ejes estratégicos, uno de estos consiste en “fortalecer los mecanismos y los instrumentos para optimizar el uso de recursos naturales y energía en la producción y el consumo”, dentro del cual se encuentra “mejorar la eficiencia en el uso del agua” a través de 7 líneas de acción (Departamento Nacional de Planeación – DNP, 2018) [5].

El objetivo de este proyecto es analizar el uso del recurso hídrico e identificar un sistema de riego que contribuya al uso eficiente del mismo en el Hato Tamarindo, vereda Río CHIQUITO, municipio de Aguazul en el departamento de Casanare. Los objetivos específicos están orientados a analizar la información existente sobre el manejo del recurso hídrico en los cultivos de arroz; identificar la demanda de agua para el cultivo de arroz en el hato y evaluar sistemas de riego (goteo vs tradicional) de acuerdo con el uso eficiente y ahorro del agua.

II. MATERIALES Y MÉTODO

En el presente artículo se realizó una investigación tipo descriptiva y analítica, en la cual se revisó información de artículos científicos disponibles en (Google scholar, google science, páginas oficiales de entidades públicas y privadas). Como primer paso se hizo una búsqueda general de la información inherente al tema de investigación. Como segundo, se realizó análisis de la información recopilada la cual fue categorizada y enfocada en el área de estudio. Como tercero, contando con la información clasificada se realiza una profundización y se plasma la información correspondiente en cada apartado del artículo.

Para identificar el sistema de riego apropiado se realizó una evaluación analítica al sistema por goteo vs tradicional

(inundación), esta evaluación se ejecutó a través de lo anterior mencionado que corresponde al análisis de información encontrada, recopilada y clasificada.

A. Gestión del riesgo

En la actualidad existe el riesgo de interrupción del transporte terrestre por afectación en 11 puntos de la red vial asociados a eventuales inundaciones de los ríos Charte (veredas El Guineo, La Esmeralda), Únete (veredas Únete, Guaduales, Sabanales, San José sector madre vieja, Piñalito sector puente Salitrico), Río Chiquito (vereda Río Chiquito), Cusiana (vereda Isla Turbayista, Llano Lindo y La Graciela) la quebrada La Turueña (vereda La Turua) [6].

El comportamiento de las precipitaciones evidencia un régimen bimodal dentro del cual se acentúan dos periodos de tiempo en los que la tendencia al incremento de las precipitaciones es más alta, es así que los meses de mayor precipitación y por ende mayor afectación por amenaza de inundación, corresponde a los periodos de junio a Julio y octubre a noviembre. Entre los afluentes que amenazan las veredas y barrios, tenemos: Río Cusiana: veredas Isla Turbayista, Palosolo, Llano Lindo, Guadualito, Bella vista, La Graciela y La Victoria. Río Unete: afecta las veredas Únete, Guaduales, Sabanales, San José (sector Madre Vieja y Los Colonos), Altamira, La Esperanza, Vereda Piñalito (Sector Puente Salitrico). Río Charte: Abarca una zona de afectación de las veredas: El Guineo, El Guáimaro y La Esmeralda. Río Chiquito: vereda Río Chiquito y San Rafael. [6]

B. Actividades económicas

Las actividades económicas de las veredas son la ganadería y la agricultura destacándose el cultivo de arroz en gran parte de la vereda Río Chiquito, San Rafael. Existen cultivos de pancoger como son: cacao, yuca, maíz, malanga, cítricos, papaya, limón, naranja, café, caña y pastos manejados [6].

III. DESARROLLO

A. Sistema de riego por goteo

El riego subterráneo no es nuevo, en la década de 1950 el Ing. Rosario Pilonero profesor de la Escuela Agrícola Salesiana de Moca, explicaba las ventajas de este tipo de riego y al mismo tiempo indicaba lo costoso de su implementación, para esa época que no había tubería de pvc. Las tuberías que se utilizaban eran de hierro y su costo y manejo eran muy elevados y difíciles de manejar. El colegio agrícola “San Ignacio de Loyola” en Dajabón, era la única institución educativa en el área agrícola, que disponía de riego subterráneo. Sin duda que debe ser obra del científico André Bloembergh de nacionalidad francesa, durante la época que fue profesor en esa institución educativa. En Brasil,

Paraguay, Argentina, México, otros países latinoamericanos y España, ya están trabajando con esta tecnología en arroz y señalan que la producción se incrementa notablemente y lo más importante, se ahorra agua en más de un 70% [7].

La alta productividad del arroz con esta tecnología y la disminución de costos en cuidados culturales, disminuye el tiempo de recuperación de la inversión a 2 ó 3 años. La colocación de las tuberías de pvc se realiza con maquinarias, las cuales colocan simultáneamente una, dos y tres hileras a la profundidad deseada. La forma de limpiar las tuberías de impurezas, que podrían taponar los goteros, es muy sencilla y efectiva. Para lograr esto se colocan “válvulas de purgas”, las cuales al abrirse echan hacia afuera todas las impurezas acumuladas. En adición al agua de riego se pueden aplicar con gran eficiencia y economía, los fertilizantes que demanda la plantación, en las diferentes etapas de desarrollo [7].

Con este sistema de riego, se disminuyen los gastos en desyerbos, en control de enfermedades y plagas y los cuidados culturales en general disminuyen, además de realizarse con más facilidad. Los países de la región, que están desarrollando esta nueva modalidad de cultivar el arroz, tienen 15 años y 20 años de experiencia y cada día crece ampliamente las extensiones de siembra de arroz, con la técnica del riego sub-terráneo. Al principio se suponía que las mangueras enterradas, tendrían una duración de 10 a 12 años, sin embargo, en la actualidad a los 18 y 20 años de colocadas, todavía están funcionando correctamente. El riego sub-terráneo por goteo, ha sido aplicado con resultados muy positivos en cultivos extensivos, como la soya, la caña de azúcar, la alfalfa (cultivo para forrajes de animales), el maíz y otros cultivos extensivos [7].

Ventajas:

- Alta eficiencia. Utilizando solo el agua necesaria para el cultivo se logra gran uniformidad en el riego. La alta frecuencia de los riegos, pero de bajo caudal, permite mantener un nivel óptimo de humedad en la zona radicular de los cultivos, logrando así un desarrollo uniforme de raíces. La nutrición vegetal es detallada (fertirrigación).
- El riego por goteo evita regar en áreas no objetivo, evitando la emergencia y crecimiento de malezas. Además, evita la proliferación de enfermedades al reducir el contacto directo del agua (humedad) con el follaje, tallos o frutos.

Desventajas:

- Costos: requiere de una alta inversión inicial. Su uso se limita a cultivos de alto valor económico y no es aplicable en cultivos densos.
- Manejo. Se necesita poco personal para operarlo, pero es de mayor complejidad que los sistemas tradicionales. Debe existir un programa de mantenimiento constante de

las líneas regantes y cabezal, ya que fácilmente se pueden obstruir emisores, sobre todo cuando se utiliza agua de mala calidad. [8]

Control de agua en riego por goteo: se puede controlar bien la cantidad de agua aplicada a través de la relación caudal/tiempo de los goteros.

Diferencial de altura (cota) para distribución del agua por gravedad en riego por goteo: requiere de poca altura entre la fuente de agua y los puntos de distribución (2 m. son suficientes para lograr un buen goteo).

Riesgo ambiental en riego por goteo: aparentemente no produce ningún proceso de deterioro. La energía del agua que llega al suelo es insuficiente para producir erosión. Como la mojadura es muy lenta y controlada es más difícil que se lixivien los nutrientes solubles.

Dispersión de plagas y enfermedades en riego por goteo: como el riego es localizado y el agua no entra en contacto con la parte aérea de las plantas, el peligro de dispersión de plagas o enfermedades por el área de mojadura es menor. Además, la cantidad de agua puede ser controlada y evitarse así el exceso de humedad en el suelo.

Utilización mano de obra en riego por goteo: como se trata de sistemas fijos, gran parte de la mano de obra es utilizada en la instalación del equipo.

Conocimiento y sencillez del sistema de riego por goteo: la instalación requiere de ciertos conocimientos debido a que estos sistemas se alejan del concepto tradicional de “echar agua al suelo”. Sin embargo, su instalación no es complicada y su operación es sencilla. Lo que sí requieren es que los cultivos estén sembrados de tal manera que permitan el establecimiento de sectores o ramales de riego a nivel, para evitar diferencias de presión en los diferentes goteros.

Adaptación al terreno – sistema de riego goteo: se adapta bien a terrenos de cualquier pendiente.

Eficiencia de riego (relación del agua benéficamente utilizada en los cultivos y el agua total utilizada en la práctica del riego) – en riego goteo: 90 – 95% [9].

B. Sistema de riego por inundación:

Es aquel sistema de irrigación superficial, tradicional y poco tecnificado, que conlleva a la inundación por gravedad o uniforme de la parcela de cultivo, por medio de canales que distribuyen por acequias el agua para el regadío agrícola [10].

Ventajas:

- Super fácil, bajo costo en su operación y mantenimiento, utilización de áreas pantanosas húmedas que no son aptas

para otros cultivos, regadío sensible a la humedad, eficiencia del 70%, control sobre el caudal, se adapta a ciertos cultivos ya sembrados.

Desventajas:

- Nivelación del suelo, obras complejas y costosas para la construcción de los canales, terrazas o diques, consumo de agua muy alto con grandes pérdidas por la evaporación, control del enyerbamiento, por la alta humedad proliferan enfermedades en los cultivos, salinización de los mantos freático y no compatible con fertilizantes líquidos [10].

Control del agua en riego por inundación: aunque es posible controlar la cantidad de agua aplicada a través del uso de compuertas o sifones, es muy difícil saber exactamente qué cantidad de agua se está aplicando en cada punto del terreno.

Diferencial de altura (cota) para distribución del agua por gravedad en riego por inundación: casi no necesita altura, solamente la suficiente para que el agua fluya de la fuente hasta la parte más elevada del terreno y de ésta a toda la superficie.

Riesgo ambiental en riego por inundación: normalmente, las cantidades de agua aplicadas por inundación son excesivas y contribuyen a lixiviar los nutrientes más solubles, principalmente en suelos de textura leve, de francos a más arenosos. Como en las zonas de riego por inundación normalmente la capa freática está cerca de la superficie o por encima de la misma, el riesgo de contaminación por iones, como nitratos y sulfatos, es relativamente alto, principalmente si se utilizan elevadas dosis de fertilizantes en los cultivos.

Dispersión de plagas y enfermedades en riego por inundación: el agua corriendo a través del surco puede transportar diferentes patógenos o semillas de malezas. De la misma manera, si el suelo permanece saturado de agua por demasiado tiempo puede ser fatal para ciertos cultivos susceptibles a hongos del suelo.

Utilización mano de obra en riego por inundación: los requerimientos de mano de obra para la construcción y mantenimiento de canales suelen ser altos. En la operación del riego, se requiere de mano de obra permanente para las operaciones de distribución y control del agua.

Conocimiento y sencillez del sistema: inundación: es un sistema fácilmente comprensible y aceptado por los productores porque se aproxima al concepto de “echar agua al suelo”. Sin embargo, manejar bien el agua, con criterio de “riego”, en un sistema por inundación no es una tarea fácil, pues requiere de estructuras (compuertas, canales de distribución y desagüe, etc.) y mano de obra constante.

Adaptación al terreno en riego por inundación: se adapta mejor en caso de terrenos planos o semi planos. En áreas altas y con más pendiente, las dificultades para conducir y distribuir adecuadamente el agua son muy grandes. Además, los riesgos de erosión son elevados.

Eficiencia de riego (relación del agua benéficamente utilizada en los cultivos y el agua total utilizada en la práctica del riego) – riego por inundación: 40 – 65% [9].

IV. RESULTADOS

En el Hato Tamarindo se cultiva el arroz de forma tradicional por inundación el cual es un sistema de irrigación superficial, tradicional y poco tecnificado, que conlleva a la inundación por gravedad o uniforme de la parcela de cultivo, por medio de canales que distribuyen por acequias el agua para el regadío agrícola. Sin embargo, esta práctica consume mucha agua y tiene como ventaja el control de malezas, es por eso que se hace necesario reemplazar el sistema de riego tradicional por goteo puesto que el arroz no necesita tanta agua en realidad, la inundación de los campos de arroz se produce cuando las semillas ya han germinado. La planta no necesita tanta agua como se piensa, tan solo basta con no restringirla durante el proceso clave de la floración, pero puede resistirse. Además, esta sirve para mantener a raya a las malas hierbas y otras plagas. Por eso, alrededor del mundo y desde hace 5.000 años se ha popularizado su plantación en campos anegados.

A. Análisis climatológico

Los datos contenidos en este apartado corresponden al cultivo de arroz en general, no se aplica a un sistema de riego específico, sin embargo, contribuyen a la toma de decisión frente a la evaluación de los sistemas de riego (goteo vs tradicional).

Mediante una investigación realizada a través de la página del IDEAM, por el ítem de consulta de datos hidrometeorológicos y con ayuda del programa Cropwat se realizó un ejercicio práctico donde se logró determinar los requerimientos de agua para el cultivo, donde se realizó lo siguiente:

- 1- Se estimó la evapotranspiración de referencia por el método de la FAO-Penman-Montieth a partir de la información climática.
- 2- Se estimó la probabilidad de ocurrencia del 50% con la distribución empírica de Weibull.
- 3- Se estimó la precipitación efectiva por el método de la SCS.
- 4- Se estimó la probabilidad de ocurrencia del 75% con la distribución empírica de Weibull.
- 5- Se determinó el periodo vegetativo de cada cultivo y liste los coeficientes de cultivo Kc de cada etapa.

- 6- Se estimó la evapotranspiración real de cada cultivo.
- 7- Se realizó el balance hídrico entre la evapotranspiración real y la precipitación efectiva.
- 8- Se calculó la demanda hídrica del predio.

Se realizó un balance hídrico mensual y se determinó en qué meses sería óptima la siembra para usar la menor cantidad de agua para riego.

TABLA 1: (EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA POR EL MÉTODO DE LA FAO-PENMAN-MONTIETH; EN LA SIGUIENTE TABLA SE ENCUENTRAN LOS DATOS CORRESPONDIENTES A LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL 50% CON LA DISTRIBUCIÓN EMPÍRICA DE WEIBULL.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	M	PROB
2010	3,63	3,94	3,67	3,46	3,34	3,28	3,52	4,1	3,81	3,47	3,32	3,83	1	0,08
2011	3,51	3,56	3,54	3,41	3,32	3,27	3,5	3,85	3,68	3,39	3,21	3,42	2	0,15
2012	3,5	3,54	3,49	3,36	3,23	3,26	3,47	3,82	3,62	3,36	3,19	3,28	3	0,23
2013	3,45	3,5	3,44	3,36	3,16	3,17	3,46	3,74	3,62	3,36	3,15	3,21	4	0,31
2014	3,43	3,46	3,36	3,33	3,16	3,12	3,41	3,74	3,61	3,35	3,11	3,17	5	0,38
2015	3,33	3,37	3,33	3,23	3,16	3,1	3,34	3,66	3,54	3,32	3,05	3,07	6	0,46
2016	3,26	3,26	3,32	3,21	3,06	3,1	3,3	3,65	3,47	3,27	3,04	3,06	7	0,54
2017	3,2	3,18	3,31	3,18	3,03	3,02	3,28	3,63	3,45	3,24	3	3,05	8	0,62
2018	3,18	3,14	3,3	3,13	3	2,96	3,27	3,58	3,39	3,22	2,98	2,99	9	0,69
2019	3,15	3,11	3,29	3,11	2,95	2,96	3,22	3,58	3,37	3,2	2,94	2,93	10	0,77
2020	3,03	3,08	3,27	3,09	2,92	2,88	3,2	3,44	3,22	2,97	2,86	2,89	11	0,85
2021	2,96	3,08	3,22	3,01	2,82	2,8	3,17	3,27	3,14	2,92	2,81	2,8	12	0,92

TABLA 2: (PRECIPITACIÓN EFECTIVA POR EL MÉTODO DE LA SCS; EN LA SIGUIENTE TABLA SE MUESTRAN DATOS RELACIONADOS CON LA SATISFACCIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA DEL CULTIVO).

PRECIPITACION EFECTIVA												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2010	53	58	88	75	138	136	121	117	124	101	41	47
2011	52	57	45	87	142	140	152	97	116	102	38	53
2012	51	43	67	109	118	118	159	119	136	109	36	51
2013	56	41	43	72	113	125	155	144	100	135	37	48
2014	48	37	51	78	90	94	126	118	137	105	39	44
2015	39	45	39	64	142	138	157	153	133	95	42	45
2016	45	30	36	63	123	126	116	81	79	95	46	49
2017	57	31	49	83	118	130	161	151	129	85	56	35
2018	51	49	61	101	144	150	157	142	138	77	26	54
2019	29	32	37	77	73	84	98	121	127	146	11	20
2020	42	18	59	77	43	100	161	151	117	151	31	29
2021	39	57	40	74	71	77	150	158	134	153	31	51

TABLA 3: (PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL 75% CON LA DISTRIBUCIÓN EMPÍRICA DE WEIBULL; EN LA SIGUIENTE TABLA SE PUEDE OBSERVAR LA INFORMACIÓN UTILIZADA PARA MODELAR DATOS DEL PROCESO EN EL ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE AGUA PARA EL CULTIVO.)

PROBABILIDAD DE WEIBULL														
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	m	p
2010	57	58	88	109	144	150	161	158	138	153	56	54	1	0,08
2011	56	57	67	101	142	140	161	153	137	151	46	53	2	0,15
2012	53	57	61	87	142	138	159	151	136	146	42	51	3	0,23
2013	52	49	59	83	138	136	157	151	134	135	41	51	4	0,31
2014	51	45	51	78	123	130	157	144	133	109	39	49	5	0,38
2015	51	43	49	77	118	126	155	142	129	105	38	48	6	0,46
2016	48	41	45	77	118	125	152	121	127	102	37	47	7	0,54
2017	45	37	43	75	113	118	150	119	124	101	36	45	8	0,62
2018	42	32	40	74	90	100	126	118	117	95	31	44	9	0,69
2019	39	31	39	72	73	94	121	117	116	95	31	35	10	0,77
2020	39	30	37	64	71	84	116	97	100	85	26	29	11	0,85
2021	29	18	36	63	43	77	98	81	79	77	11	20	12	0,92

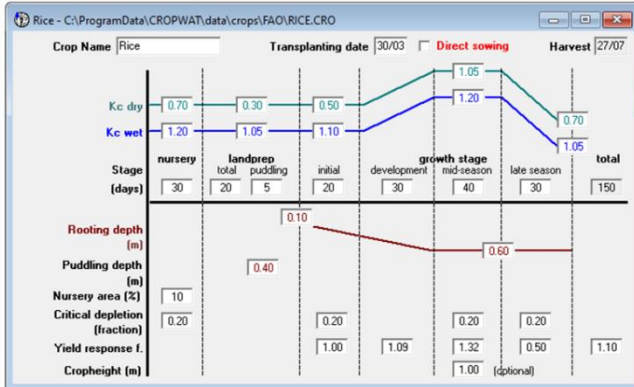


Fig. 1. Datos programa Cropwat-cultivo de arroz; en la siguiente tabla, se puede observar la (ET) en base a datos climáticos y de cultivo para estimar los requerimientos de agua del cultivo y el calendario de riego.
Fuente: Aplicación CROPWAT 8.0 VERSION 8.0 FOR WINDOWS.

TABLA 4. (PERIODO VEGETATIVO DEL CULTIVO DE ARROZ Y COEFICIENTES DE CULTIVO KC; EN LA SIGUIENTE TABLA SE PUEDE OBSERVAR DATOS DEL CULTIVO Y DE LA FECHA DE SIEMBRA APTA EN LA TEMPORADA DE LLUVIA)

	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
DIAS	31	30	31	30	31
Eto(mm/dia)	3,33	3,23	3,16	3,1	3,34
Eto(mm/mes)	103,2	96,9	98,0	93,0	103,5
Kc(ARROZ)	1,20	1,05	1,10	1,20	1,05
Etr(mm/mes)	124	102	108	112	109
Precipitacion(mm)	40	74	90	100	126

TABLA 5. (EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL DEL CULTIVO; EN LA SIGUIENTE TABLA SE PUEDE OBSERVAR EL BALANCE HÍDRICO ENTRE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL Y LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA, AL CALCULAR LA DEMANDA HÍDRICA DEL PREDIO.)

Etr(mm/mes)	123,876	101,745	107,756	111,600	108,717
Prec(mm)	40,0416	74,456064	89,63828544	100,478976	126,263424
Bal(mm)	-83,834	-27,289	-18,118	-11,121	17,546
Dem(mm)	83	27	18	11	0

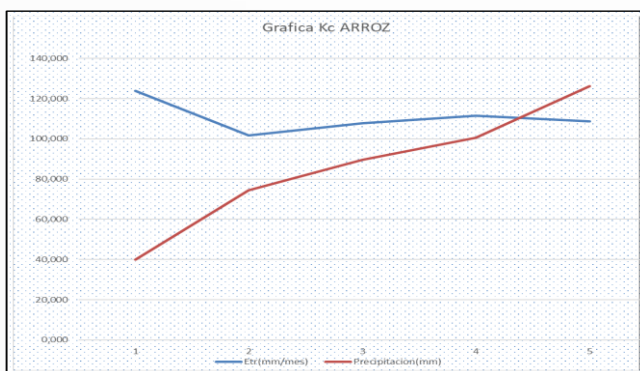


Fig. 2 Gráfica de Etr y precipitación; en la siguiente gráfica se puede observar el comportamiento positivo de la precipitación debido a que esta representa la oferta de agua de forma natural que entra al sistema productivo en este caso siembra y que dependiendo de la cantidad de lluvia caída se pueden satisfacer total o parcialmente las necesidades hídricas de las plantas.

V. CONCLUSIONES

Realizada la investigación y análisis en cuanto al uso eficiente del recurso hídrico en el cultivo de arroz en el hato tamarindo, vereda río chiquito, municipio de Aguazul en el departamento de Casanare, se evidencia la utilización de un método tradicional como sistema de riego (inundación) el cual por su demanda tan alta de agua para su funcionamiento es el factor principal de la escasez de agua en la localidad.

A través de la evaluación del sistema de riego por goteo o subterráneo frente a la efectividad de los demás sistemas en cuanto al uso eficiente del recurso hídrico es posible identificar este método como el adecuado ya que por sus diferentes características garantiza un ahorro importante del agua sin afectar la productividad de los cultivos.

El periodo del año que mayor ventaja representa para la siembra de arroz figura entre los meses marzo, abril, mayo, junio y julio debido a que las lluvias en esta temporada son altas (Tabla 2) y por ende la tierra se encuentra bastante húmeda lo cual es un factor importante para los cultivos que requieren abundante agua como lo es el arroz en su etapa inicial, otra ventaja de las lluvias es que además de regar directa y naturalmente los cultivos permite captación de las mismas para implementación del sistemas de riego en este caso por goteo puesto que es el que mayor viabilidad tiene frente a los demás en cuanto al ahorro y uso eficiente del recurso hídrico en la implementación de cultivos de arroz.

Según los datos analizados, investigados y realizados, en el cultivo de arroz los valores de coeficientes de cultivo Kc, según el CROPWAT fueron más efectivos entre los meses de marzo a julio (Tabla 4), la precipitación más alta es ocasionada en el mes julio ya que, alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua aumentan de tamaño hasta alcanzar una masa en que se precipitan por la fuerza de gravedad. Por consiguiente, la demanda hídrica del predio está en un 139% según la estimación de agua. Esto permite tener conocimiento sobre la gestión del recurso hídrico en este sector y reducir la incertidumbre sobre la sostenibilidad de la actividad agrícola en zonas con un marcado déficit o escasez hídrica, o donde la oferta hídrica disponible evidencia crecientes conflictos entre sectores productivos competidores.

REFERENCIAS

- [1] V. V. Barrezueta, "Septiembre 2016." [En línea]. Available: <https://1library.co/document/q7wrpedz-analisis-cumplimiento-sexto-objetivo-desarrollo-sostenible-ecuador.html>.
- [2] F. Publica, "1974." [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551#:~:text=%2D%20El%20Gobierno%20procurar%20evitar%20o,all%20de%20la%20jurisdicci%C3%B3n%20territorial..>
- [3] M. Arroyave Rojas. [En línea]. Available: <https://repositorio.utp.edu.co/items/eafc09e1-0f6e-4a19-9a7d-21e3a09ac118>.
- [4] M. d. A. y. D. Sostenible. [En línea]. Available: <https://www.minambiente.gov.co/>.
- [5] D. N. d. Planeación, "Política de Crecimiento Verde." [En línea]. Available: <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Pol%C3%ADtica%20CONPES%203934/Resumen%20Pol%C3%ADtica%20de%20Crecimiento%20Verde%20-%20diagramaci%C3%B3n%20FINAL.pdf>.
- [6] A. Casanare. [En línea]. Available: www.aguazul-casanare.gov.co.
- [7] R. - B. M. R. Chavarría Rojas. [En línea]. Available: <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/86324>.
- [8] "Intagri." [En línea]. Available: <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo>.
- [9] "Gestiriego," 28 marzo 2016. [En línea]. Available: <https://www.gestiriego.com/comparacion-sistemas-de-riego/>.
- [10] J. Pineda, "En Colombia." [En línea]. Available: <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/riego-por-inundacion/#:~:text=Qu%C3%A9%20es%20el%20Riego%20por,agua%20para%20el%20regad%C3%ADo%20agr%C3%ADcola>.