

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA LA PRODUCCIÓN HORTÍCOLA EN CONDICIONES DE ORGANOPÓNICO

RAINWATER CAPTURE SYSTEM FOR VEGETABLE PRODUCTION IN ORGANOPONIC CONDITIONS

Autores: Oscar Brown Manrique

Reinier Diaz Ruiz

Reynaldo Diaz Mizo

Institución: Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez

Correo electrónico: reinier@unica.cu

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el organopónico del poblado de Modesto Reyes, localizado en la provincia de Ciego de Ávila, Cuba. Se demostró que el déficit de agua que existe en el subsuelo, la inexistencia de un sistema de abastecimiento de agua que brinde cobertura a todas las viviendas y el comportamiento de las precipitaciones en un periodo largo de tiempo, justifican la utilización del sistema de captación de agua pluvial a través del techo de instalaciones agropecuarias, como una alternativa factible para satisfacer la demanda hídrica de los cultivos hortícolas. Se requiere reducir el consumo de agua del sistema de micro irrigación instalado actualmente, mediante la utilización de emisores de bajo caudal y la reducción del número de riego bajo el concepto del riego deficitario controlado, que permita obtener producciones económicas para la localidad.

Palabras clave: Captación de agua de lluvia, Micro irrigación, Cultivos hortícolas.

ABSTARCT

The investigation in the organoponic of Modest Reyes' town located in the Ciego de Avila province was carried out. It was demonstrated that the deficit of water that exists in the underground, the nonexistence of a system of supply of water that of covering to all the housings and the behavior of the precipitations in a long period of time, justify the use of the system of reception of pluvial water through the roof of agricultural installations as a feasible alternative to satisfy the demand of water of the horticultural cultivations. It requires decreasing the consumption of water of the system of micro irrigation installed at the moment, by means of the use of emitters of low flow and the reduction of the irrigations

number under the concept of the controlled deficit irrigation that allows obtaining economic productions for the location.

Keywords: Reception of rain water, Micro irrigation, Horticultural cultivations.

INTRODUCCIÓN

El agua juega un papel fundamental para la satisfacción de las necesidades vitales humanas, la salud, la seguridad en la alimentación, el bienestar y las oportunidades de desarrollo sostenible. La crisis mundial del agua se presenta con frecuencia en diferentes foros como un problema exclusivamente de escasez de recursos hídricos o sequía, de falta de oferta de recurso. Sin embargo, es también una crisis ligada a la gobernabilidad que exige el desarrollo de planes, estrategias y actuaciones para una gestión sostenible del agua, más inteligente, eficiente, justa y solidaria en sus cuatro dimensiones: social, económica, política y ambiental (Waters for the life, 2014).

El agua es uno de los principales recursos naturales en las cuencas hidrográficas, como elemento básico para la vida y elemento integrador de todas las acciones a realizar por los seres humanos (Faustino, 2005). La gestión integrada de los recursos hídricos se entiende como la estrategia de manejar, aprovechar y conservar los recursos naturales en las cuencas hidrográficas en función de las necesidades humanas, buscando un balance entre equidad, sostenibilidad y desarrollo (Jiménez, 2005).

En la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible que se realizó en el año 2002, se hizo un llamado a todos los países del mundo para desarrollar estrategias de gestión de los recursos hídricos, con el propósito de disminuir la pobreza, producir alimentos, proteger el ecosistema, así como reducir los efectos cada vez más creciente de la sequía (Global Water Partnership, 2005).

Este escenario motiva la propuesta de nuevas formas de abastecimiento de agua que aseguren la sustentabilidad del recurso. La captación de agua de lluvia es una alternativa para la escasez del agua dulce en poblaciones rurales o medianas, que no cuentan con algún tipo de sistema de suministro. Estos sistemas de captación son económicos, fáciles de construir y de buena aceptación por parte de la población; pues generalmente utilizan el tejado o azotea, para almacenar el agua en un depósito, con propósitos de usarla ya sea con fines de consumo humano o en la agricultura en actividades de regadío (Cajina, 2006).

Esta tecnología permite incrementar de forma sostenible los recursos hídricos de la zona y se emplea en los casos que no es posible obtener aguas superficiales y subterráneas de buena calidad y cuando el régimen de lluvias sea importante. El objetivo del trabajo consiste en diseñar un sistema de captación de agua de lluvia para la producción hortícola en el organopónico del poblado de Modesto Reyes, provincia de Ciego de Ávila.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolla en el poblado Modesto Reyes, perteneciente al Municipio de Ciego de Ávila, clasificado como Poblado de segunda orden; según el censo realizado en el 2002 y actualizado en el 2007. Posee una población de 753 habitantes y un total de 255 viviendas. Se encuentra ubicado 7,5 km al noroeste del municipio cabecera. Tiene una extensión territorial de 18.91 hectáreas (figura 1).



Figura 1. Ubicación del organopónico de Modesto Reyes.

El análisis de las precipitaciones se realizó mediante una serie de 25 años de mediciones sistemáticas en el equipo pluviométrico CA-102, ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Máximo Gómez Báez de Ciego de Ávila.

Diseño de la cisterna

El diseño de la cisterna se sustentó en la demanda de agua requerida por el sistema y el volumen posible a captar mediante las precipitaciones pluviales. Se utilizaron las ecuaciones siguientes:

$$D_i = \frac{q_e \cdot N_e \cdot N_L \cdot N_R \cdot T_R}{1000} \quad (1)$$

$$Da_i = Da_{(i-1)} + D_i \quad (2)$$

$$Vca_i = Vca_{(i-1)} + Vc_i \quad (3)$$

$$D_{sat} = \left(\frac{Vc_i}{D_i} \right) 100 \quad (4)$$

$$Vcist_i = Vca_i - Da_i \quad (5)$$

Donde q_e es el caudal del emisor; N_e el número de emisores; N_L el número de laterales; N_R el número de riego, T_R el tiempo de riego; D_i la demanda de agua acumulada mensual; $Da(i-1)$ la demanda de agua acumulada mensual en el mes anterior; Vc_i el volumen de agua captado en el mes; $Vca(i-1)$ el volumen de agua captado acumulado en el mes anterior; D_{sat} la demanda satisfecha por el sistema y $Vcist_i$ el volumen necesario de almacenamiento mensual.

El volumen de la cisterna ($Vcist$) se obtiene de la diferencia máxima entre el volumen de captación acumulado y la demanda acumulada para cada mes; por tanto, el mayor valor de diferencia será el volumen de la cisterna. Si las diferencias dan valores negativos, significa que las áreas de captación son insuficientes para satisfacer la demanda.

Diseño del sistema de conducción del techo a la cisterna

Se utilizaron varios tramos de tuberías de conducción conectadas con tuberías bajantes, las cuales conducen el flujo hacia el filtro y de este a la cisterna. En este caso se utilizaron canaletas de PEAD de 110 mm de diámetro con radio de 55 mm e inclinación de 2 %. Los bajantes fueron de PVC de 50 mm de diámetro.

Diseño del filtro

Se diseñó un filtro de arena, considerándose 1 m² de superficie filtrante por cada 100 m² de techo; es decir representó el 1% del área de captación. Este se conformó con una pequeña cámara de 30 cm de largo, para impedir que el agua caiga directamente sobre la arena y una pared interna divisoria que funciona como vertedor. Se propusieron cuatro capas: (1) arena fina de 10 cm en la parte superior del filtro; (2) arena gruesa de 50 cm de espesor; (3) gravilla de 10 cm de espesor y (4) piedra partida de 30 cm de espesor. Esta última capa se coloca sobre una tubería perforada colocada en el fondo del filtro, la cual permite el paso del agua a la cisterna.

Diseño del sistema de bombeo

En el diseño del sistema de bombeo se tuvo en cuenta el volumen del tanque elevado, el cálculo de tubería de succión, el cálculo del diámetro de la tubería de descarga, el cálculo de la carga dinámica total, la verificación de la cavitación en el sistema y la selección de la bomba. Las ecuaciones empleadas fueron las siguientes:

$$V_{Telev} = 0.10 \text{ a } 0.15(V_{cist} + V_{inc}) \quad (6)$$

$$Q_B = \frac{VT_{elev}}{T_f} \quad (7)$$

$$V_B = Q_B \cdot T_f \quad (8)$$

$$N_{LL} = \frac{VT_{elev}}{V_B} \quad (9)$$

$$T_B = N_B \cdot T_f \quad (10)$$

Donde V_{Telev} es el volumen del tanque elevado (m³); V_{inc} el volumen contra incendio de 115 m³; Q_B el caudal de bombeo (m³/s); T_f el tiempo de funcionamiento de la bomba; V_B el volumen de bombeo; N_{LL} el número de veces que se llena el tanque elevado; T_B el tiempo de bombeo.

Cálculo de tubería de succión

$$D_s = 1.1284 \sqrt{\frac{Q_B}{v_s}} \quad (11)$$

$$h_f = f \frac{L v^2}{D 2g} \quad (12)$$

$$f = \frac{1.325}{\left[\ln \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (13)$$

Donde D_s es el diámetro de la tubería de succión (m); v la velocidad media del agua en la tubería (m/s); h_f las pérdidas de carga por fricción (m); L la longitud de la tubería (m); D el diámetro de la tubería (m);

Cálculo del diámetro de la tubería de descarga

$$D_d = 1.3\lambda^{1/4} \sqrt{Q_B} \quad (14)$$

$$\lambda = \frac{T_B}{24} \quad (15)$$

Donde D_d es el diámetro de la tubería de descarga (m).

Cálculo de la carga dinámica total (CDT)

$$CDT = H_s \pm H_d + hf_s + hf_d + hloc_s + hloc_d + \frac{v_d^2}{2g} \quad (16)$$

Donde CDT es la carga dinámica total (m); H_s la altura estática de succión (m) que representa la distancia vertical entre el nivel del líquido en el depósito y el centro de la bomba; H_d la altura estática de descarga que representa la distancia vertical entre el centro de la bomba y el punto de descarga. Cuando la alimentación es hecha por el fondo del tanque, se considera hasta el nivel más alto en el tanque de descarga; hf_s las pérdidas de carga por rozamiento en la succión (m); hf_d las pérdidas de carga por rozamiento en la descarga (m); $hloc_s$ las pérdidas localizadas en la succión (m); $hloc_d$ las pérdidas localizadas en la descarga (m); v_d la velocidad en la tubería de descarga (m/s)

Verificación de la cavitación en el sistema

Para evitar los riesgos de la cavitación por presión en la succión se comprobó que la carga neta de succión positiva disponible $NPSH_d$ fuese mayor que la carga neta de succión positiva requerida $NPSH_r$; es decir:

$$NPSH_d > NPSH_r \quad (17)$$

$$NPSH_d = P_{atm} - (P_v + \Delta Z_s + \sum hf_s) > 0 \quad (18)$$

$$NPSH_r = K \cdot Q^2 \quad (19)$$

$$K = 0.0826 f \left(\frac{L}{D^5} \right) \quad (20)$$

Donde P_{atm} es la presión atmosférica (10,33 m); P_v la presión de vapor (m); ΔZ_s la diferencia de altura en la succión y hf_s las pérdidas de carga en la succión (m).

Selección de la bomba

Se realizó según los requerimientos de la carga real necesaria (H) y el caudal requerido (Q_B). A partir de estos valores, se buscó en los catálogos una bomba que cumpliera con los requerimientos de diseño. Se determinó además:

$$N_s = \frac{n \sqrt{Q_B}}{H^{3/4}} \quad (21)$$

$$P_{B-m} = \frac{Q_B \cdot H}{\eta_{B-m}} \quad (22)$$

Donde N_s es la velocidad específica (rpm); n la velocidad de rotación (rpm); Q_B el caudal de la bomba (m^3/s); H la carga de la bomba (m); P_{B-m} la potencia del conjunto formado por la bomba y el motor (kW); η_{B-m} la eficiencia de la bomba- motor (adim).

Diseño del sistema de microirrigación

El diseño del sistema de riego se basa en una solución modular que toma en cuenta los factores específico que intervienen en el área de riego; lo que permite su adaptación a las condiciones topográficas, hídricas, climáticas y edafológicas de la localidad. Se utilizaron las ecuaciones que se muestran en la Tabla1.

$N_E = \frac{L_L}{E_E}$	$q_L = q_E \cdot N_E$	$A_c = E_p \cdot E_E$	$T_R = \frac{L_R \cdot A_c}{q_E}$
$V_L = q_L \cdot T_R$	$T_B = \frac{V_T}{Q_B}$	$V_B = Q_B \cdot T_B$	$N_{LL} = \frac{V_T}{V_B}$
$N_L = \frac{V_T}{V_L}$	$L_D = E_L \cdot N_L$	$NP_d = \frac{J}{T_R}$	$NL_d = NL_{sub} \cdot NP_d$
$Q_{sub} = q_L \cdot NL_{sub}$	$V_{sub} = Q_{sub} \cdot T_R$	$VR_d = V_L \cdot NL_d$	$VR_T = V_L \cdot NL_R$
$Q_D = Q_{sub} \cdot N_{sub}$	$A_L = E_L \cdot L_L$	$A_{Rd} = A_L \cdot NL_d$	

Tabla 1: Principales ecuaciones utilizadas en el diseño del sistema de microirrigación

Donde N_E es el número de emisores; L_L la longitud del lateral; E_E el espaciamiento entre emisores; q_L el caudal del lateral; q_E el caudal del emisor; N_E el número de emisores; A_c el área que ocupa el cultivo; E_p el espaciamiento entre plantas; T_R el tiempo de riego; L_R la lamina de riego; V_L el volumen del lateral; T_B el tiempo de bombeo; V_T el volumen del tanque de almacenamiento; Q_B el caudal de la bomba; N_{LL} el número de llenado del tanque de almacenamiento; V_B el volumen disponible mediante el bombeo; N_L el número de laterales que pueden trabajar simultáneamente; L_D la longitud efectiva de la tubería distribuidora; NL_{sub} el número de laterales de la subunidad; N_{LR} el número de laterales reales del sistema; N_{sub} el número de subunidades; NP_d el número de puestas diarias de la subunidad; J la jornada de trabajo en horas; NL_d el número de laterales que riegan diariamente; Q_{sub} el caudal de la subunidad; V_{sub} el volumen de la subunidad; VR_d el volumen necesario para el riego diario; VR_T el volumen total para el riego; el Q_D el caudal de la tubería distribuidora; A_L el área que riega un lateral; AR_d el área de riego diaria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las figura 2 muestra que las precipitaciones correspondiente a la zona de estudio, presenta dos periodos bien definidos; el lluvioso que comprende los meses de mayo hasta octubre con valores de precipitaciones que oscilan entre 136.9 mm y 232.3 mm

mensuales, y el seco comprendido desde noviembre hasta abril con escasas precipitaciones que apenas sobrepasan los 50 mm en algunos meses.

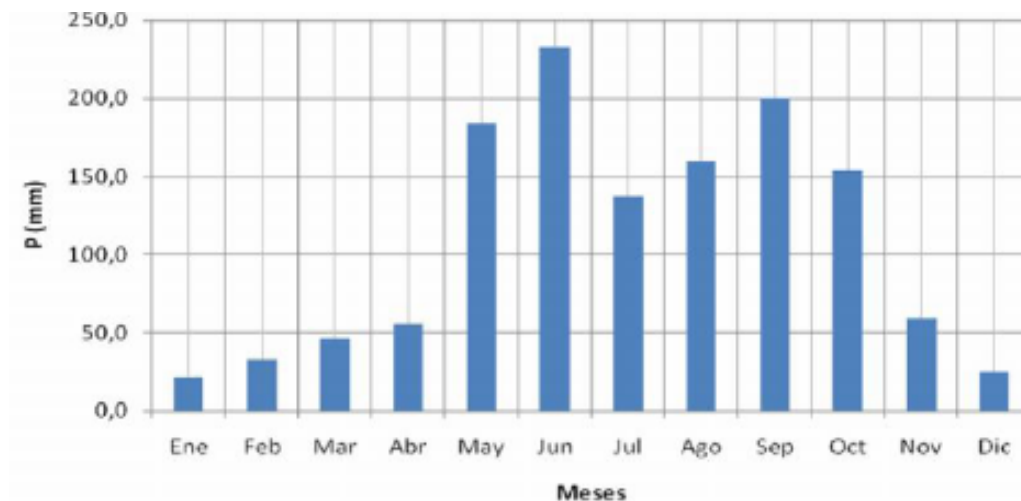


Figura 2. Comportamiento hiperanual de las precipitaciones mensuales.

El sistema propuesto utiliza un área total de techo de 500 m² para la captación de agua; por tanto, será necesario construir un módulo con los parámetros que se muestran en la tabla 2. Para mejorar los indicadores técnico económicos de la situación actual del organopónico, se propone la utilización de un emisor de bajo caudal integrado al lateral OZ-LINE 135, para este caso utilizar $q_e=0.70$ L/h, $N_e=33$, $N_L=48$, $N_R=15$ días, $T_R=1$ h, $I_R=2$ días. Esto permite captar un volumen de lluvia de 120 m³, que será almacenado en una cisterna con dimensiones de 10x8, 57x1, 40 m. La relación entre precipitación, demanda y volumen captado se presenta en la tabla 3.

Modulo	a (m)	L (m)	h (m)	n	b (m)	S (%)	A _c (m ²)
I	10.00	50.00	0.20	2	5.00	4.00	500.00

Tabla 2. Dimensiones de los módulos y área de captación.

Mes	P_i (mm)	D_3 (m ³)	Da_j (m ³)	Vc_j (m ³)	Vca_i (m ³)	$Vcist$ (m ³)	$Dsat$ (%)	$Exceso$ (m ³)
Ene	21,2	8,32	8,32	8,48	8,48	0,16	101,96	-8,2
Feb	32,8	8,32	16,63	13,13	21,61	4,98	129,92	-3,3
Mar	45,8	8,32	24,95	18,34	39,95	15,00	160,12	6,7
Abr	54,8	8,32	33,26	21,93	61,87	28,61	186,00	20,3
May	184,5	8,32	41,58	73,82	135,69	94,11	326,33	85,8
Jun	232,3	8,32	49,90	92,93	228,62	178,72	458,19	170,4
Jul	136,9	8,32	58,21	54,77	283,39	225,17	486,82	216,9
Ago	159,9	8,32	66,53	63,97	347,36	280,83	522,13	272,5
Sep	199,7	8,32	74,84	79,88	427,24	352,40	570,85	344,1
Oct	153,6	8,32	83,16	61,45	488,70	405,54	587,66	397,2
Nov	59,0	8,32	91,48	23,60	512,30	420,82	560,04	412,5
Dic	24,4	8,32	99,79	9,77	522,07	422,28	523,16	414,0

Tabla 3. Relación entre precipitación, demanda y volumen captado.

El sistema de conducción utilizará canaletas de PVC con 110 mm de diámetro y pendiente de 2 %, por tratarse de un área de captación relativamente grande, lo que permite que pueda transportarse la mayor cantidad de agua con mayor facilidad y sin riesgo de desbordamiento; no obstante, la capacidad de conducción de la canaleta puede calcularse con el empleo de la fórmula de Manning, teniendo en cuenta el coeficiente de rugosidad del material y la velocidad del agua en la canaleta que se asume inferior a 1,00 m/s según sugerencias de (CEPIS/OPS, 2003).

El filtro se diseñó considerándose que el área filtrante representa el 1% del área de captación del techo. En este trabajo el área de captación es de 500 m²; por lo que se obtiene un área para la filtración de 5 m². De esta manera el área de filtración tendrá una dimensión de 2,5 m x 2,5 m (figura 3).

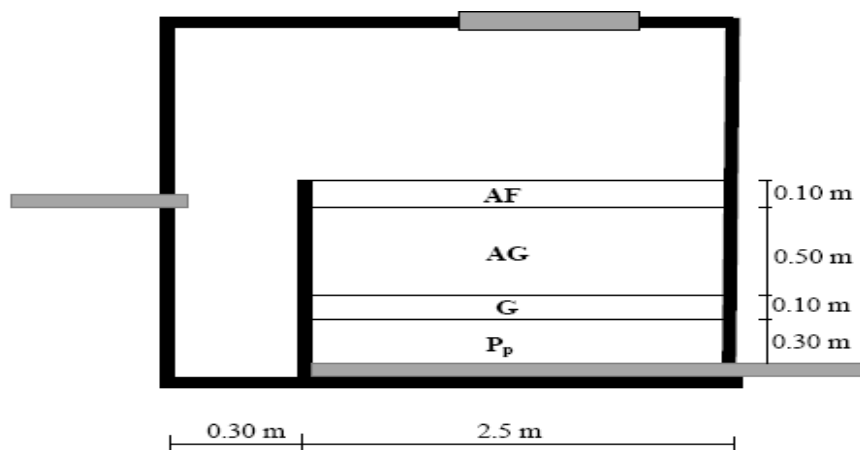


Figura 3. Representación esquemática del filtro.

En la figura anterior se observa que el filtro está compuesto por cuatro capas: en la parte superior se coloca arena fina (AF) con 10 cm de espesor; posteriormente arena gruesa (AG) con 50 cm, a continuación gravilla (G) con 10 cm y finalmente piedra partida (Pp) con 30 cm. Esta última está sobre una tubería perforada colocada en el fondo del filtro (figura 4) que permite que el agua pase por esta estructura porosa con una velocidad de filtración inferior a 0,20 m/hora y entre clarificada a la cisterna.



Figura 4. Tubería perforada colocada en el fondo del filtro.

Diseño del sistema de bombeo

El agua de la cisterna se extrae y se impulsa mediante una bomba centrífuga de eje horizontal hasta el tanque elevado, donde fluirá por gravedad hasta el sistema de riego. Los parámetros fundamentales del dimensionamiento del sistema de bombeo se muestran en la tabla 4. En la misma se observa que con una bomba de 2,2 L/s, diámetro de succión de 50 mm, diámetro de impulsión de 25 mm y eficiencia de 69 % se obtiene una carga dinámica total de 18,14 m, una carga neta de succión positiva disponible de

8,20 m, una carga neta de succión positiva requerida de 0,39 m; por lo que no ocurre el fenómeno de cavitación.

Datos de entrada		Tubería de succión		Selección de la bomba	
Vcist (m3)	120,00	VTelev (m3)	12,00000	K	80676,91
QB (m3/s)	0,0022	VB (m3)	0,26	CDT (m)	18,14
Ds (m)	0,050	NLL	45,45	NPSHd (m)	8,20
Dd (m)	0,025	TB	90,91	NPSHr (m)	0,39
vs (m/s)	1,00	Re	62500,00	Ns	18,53
vd (m/s)	0,75	f	0,210	PB-m (kW)	0,06
ϵ (m)	0,015	hfs (m)	0,311		
γ (m2/s)	0,0000008	hlocs (m)	0,229		
Ls (m)	1,45				
Kloc	4,50	Tubería de descarga			
Ld (m)	13,00	λ	3,79		
Hs (m)	1,45	Re	23437,50		
Hd (m)	10,00	f	0,402		
ΔZs (m)	1,40	hfd (m)	5,996		
Pv (m)	0,418	hlocd (m)	0,129		
n (rpm)	3474,00				
η	0,69				
Ea (kg/cm2)	31400,00				
Et (kg/cm2)	20670,00				
e (m)	0,0030				

Tabla 4. Dimensionamiento del sistema de bombeo.

Los resultados del diseño de la bomba permiten la utilización de la bomba KSB alemana de eje horizontal con los siguientes parámetros nominales:

- Caudal mínimo: 2,194 L/s.
- Potencia máxima: 5,17 kW.
- Eficiencia: 69,10 %.
- Velocidad: 3470 rpm.
- NPSHr: 2,20 m

Propuesta para el mejoramiento del diseño del sistema de riego

La información básica utilizada en el diseño del sistema de riego para los cultivos hortícolas a partir de la captación de agua pluvial, se presenta a continuación:

- Superficie de riego, **A_R**: 0,20 ha.
- Ancho de la parcela de riego, **B_p**: 43,55 m
- Número de canteros, **N_c**: 48

- Ancho del cantero, B_c : 1,0 m.
- Largo del cantero, L_c : 22,23 m.
- Separación entre canteros, E_c : 0,85 m.
- Altura del cantero, h_c : 0,20 m.
- Lámina de riego, L_R : 24 mm ; 0,024 m
- Caudal de bomba, Q_B : 2,2 L/s (7920 L/h)
- Tiempo de bombeo, T_B : 0,5 h.
- Caudal del emisor, q_E : 0,70 L/h
- Longitud de los laterales, LL : 22,70 m
- Diámetro del lateral, D_L : 25,0 mm
- Espaciamiento entre emisores, E_E : 0,70 m
- Espaciamiento entre plantas, E_P : 0,30 m
- Espaciamiento entre laterales, E_L : 0,85 m
- Número de subunidades, N_{sub} : 5
- Volumen del tanque de almacenamiento, V_T : 132 m³.

Se propone utilizar como laterales la tubería de goteo de pared delegada marca OZ-LINE 135, con diámetro interior y exterior de 25,0 y 25,7mm respectivamente (Figura 5). Las características principales de estos laterales para suelo llano y variación del caudal de un 10% aparecen en las tablas 5 y 6.

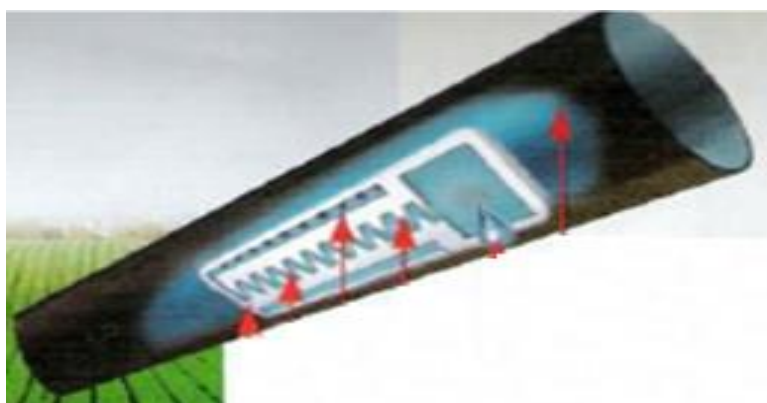


Figura 5. Aspectos generales de la tubería OZ - LINE.

Presión (m)	Caudal (L/h)			
	0.70	1.10	1.60	2.50
2	0.32	0.51	0.74	1.15
4	0.45	0.71	1.03	1.61
6	0.55	0.86	1.25	1.96
8	0.63	0.99	1.44	2.25
10	0.70	1.10	1.60	2.50

Tabla 5. Presiones y caudales del lateral OZ – Line.

Distancia entre goteros (m)	Longitud de lateral (m)	Distancias entre goteros (m)	Longitud de lateral (m)
0.15	245	0.40	474
0.20	298	0.45	549
0.25	347	0.50	512
0.30	392	0.60	618

Tabla 6. Longitud de lateral.

Caudal del emisor

El caudal del emisor (q_E) se muestra en la tabla 7 para una presión de trabajo de 10 m que es la recomendada. A partir de los datos indicados anteriormente se ofrecen los datos fundamentales del sistema de microirrigación, que permitirá bajo las condiciones pluviométricas de la localidad de Modesto Reyes, satisfacer la demanda de agua para los cultivos hortícolas.

Datos		Resultados	
LI (m) =	22,70	Ne =	33,00
Bp (m) =	43,55	qL (L/h) =	23,10
Ee (m) =	0,70	Ac (m2) =	0,21
EI (m) =	0,85	Tr (h) =	1,00
Ep (m) =	0,30	VL (m3) =	0,023
Lr (mm) =	24,00	VB (m3) =	3,96
qe (L/h) =	0,70	NLL =	33,33
Nsub =	5	NL =	5715,00
VT (m3) =	132,00	NLreal =	24,00
QB (L/h) =	7920,00	LD (m) =	7,20
Ncant =	24	LT (m) =	43,55
TB (h) =	0,50	NLsub =	5
J (h) =	8,00	NPd =	8
TR (h) =	1,00	NLd =	38
		Qsub (L/h) =	111
		Vsub (L) =	111
		VRd (L) =	887
		VRT (L) =	554
		QD (L/h) =	554
		AL (m2) =	19,30
		ARd (m2) =	740,93

Tabla 7. Parámetros de diseño y manejo del sistema de micro irrigación propuesto.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la escasez de agua que existe en el subsuelo y la problemática planteada se concluye que con el comportamiento hiperanual de las precipitaciones, el sistema de captación de agua pluvial, a través de techo cuenca, es una alternativa factible para satisfacer la demanda hídrica de los cultivos del organopónico. Para lograr producciones económicas de hortalizas a partir de un sistema de captación de agua pluvial, se propone utilizar un emisor de bajo caudal integrado al lateral OZ-LINE 135 para con: $q_e=0.70$ L/h, $N_e=33$, $N_L=48$, $N_R=15$, $T_R=1$ hora e $I_R=2$ días, obteniéndose un área de captación de 500 m^2 con un volumen de cisterna de 120 m^3 .

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

BARQUÍN, M.A Y DÍA, A.I.: *Aprovechamiento de agua de lluvia para reducir la presión sobre el uso del agua potable en la zona trópico húmedo*, Proyecto de graduación para la obtener el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad EARTH, Guácimo, Limón, Costa Rica, 2008.

CAJINA, M. J.: *Alternativas de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca de río Aguas Calientes*, Nicaragua, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, 2006.

CEPIS/OPIS.: *Especificaciones técnicas: captación de agua de lluvia para consumo humano*, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, pp. 8, Lima, Perú, 2003.

FAUSTINO, J.: *Manejo integrado de cuencas hidrográficas. Manejo, gestión y congestión de cuencas*, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, 2005.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP.: *Estimulando el cambio: un manual para el desarrollo de estrategias de gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) y de optimización del agua*, Secretaria de GWP, Stockholm Suecia, 2005.

UNATSABAR.: *Guía de diseño para la captación de agua de lluvia*, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, pp.10, Lima, Perú, 2001.

WATERS FOR THE LIFE.: *Rational use of the water*. Disponible en <http://www.hhoswaters.com>. Visitado el 16 de junio de 2015.