

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO PARA DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS
DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA COMO SUMINISTRO PARA HUERTOS
DOMÉSTICOS, JALISCO, MÉXICO.**

POR

DARLING FABRICIO MARQUEZ MOLINA



TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO.

CATACAMAS

OLANCHO

MAYO 2016

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA EN PLANTEAMIENTO
METODOLÓGICO PARA DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN
DE AGUA DE LLUVIA COMO SUMINISTRO PARA HUERTOS DOMÉSTICOS,
JALISCO, MÉXICO.

POR

DARLING FABRICIO MARQUEZ MOLINA

RAMÓN LEÓN CANACA M.Sc.

Asesor principal

TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS

OLANCHO

MAYO 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE
PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA**

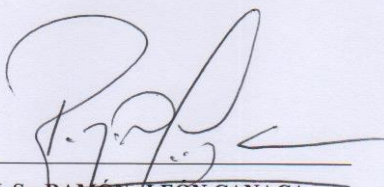
Reunidos en el Departamento de Investigación Agrícola Universidad Nacional de Agricultura el
M. Sc. RAMÓN LEÓN CANACA, Miembro del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

El estudiante **DARLING FABRICIO MARQUEZ MOLINA** del IV Año de la Carrera de
Ingeniería Agronómica

**“PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO PARA DIMENSIONAMIENTO DE
SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA COMO SUMINISTRO PARA
HUERTOS DOMÉSTICOS, JALISCO, MÉXICO”**

El cual, a criterio del examinador, aprobó este requisito para optar al título de
Ingeniero Agrónomo.

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los diecinueve días del mes de mayo del año dos mil
dieciséis.



M. Sc. RAMÓN LEÓN CANACA
Consejero Principal

DEDICATORIA

A DIOS todo poderoso por brindarme sabiduría, entendimiento, salud y fortaleza espiritual, para poder culminar con éxito esta etapa de mi vida profesional, DIOS quien fue, es y será por siempre el guía de mi camino

A mi madre **MARIA TEHELMA MOLINA MOLINA** a quien le debo mucha honra y respeto por todo estos años de esfuerzo, lucha y apoyo incondicional en búsqueda de lo mejor para mí y por saber demostrarme su amor.

A mis abuelos **VIDAL MOLINA BARAHONA Y MARIA NINFA MOLINA** por demostrar ese amor, cariño y apoyo en cada etapa de mi vida. Y a toda la **FAMILIA MOLINA**

AGRADECIMIENTO

A **DIOS** por estar siempre conmigo en cada momento de mi vida por esa fortaleza, sabiduría, entendimiento y salud en todo el trayecto de mi formación.

A mi madre **MARIA TEHELMA MOLINA MOLINA** que en todo momento estuvo conmigo brindando apoyo moral, económico y familiar

A la **FAMILIA MOLINA** por todo su apoyo **VIDAL, NINFA, MARLEN, ASUNCION, LENIN, AMANDA, BRENDA, DELMIN, LORENA, BARTOLO, JAVIER, OLAYO, ELIZABETH, BERNARDO, OBENIEL.**

A mi asesor principal **M.Sc. RAMÓN LEÓN CANACA** por el apoyo y orientación durante el desarrollo de mi Trabajo Profesional Supervisado

Al Doc. **ARTURO GLEASON** director del **IITAAC** (Instituto de Investigaciones Tecnológicas del Agua) que me brindó la oportunidad de realizar mi Trabajo Profesional Supervisado en sus instalaciones y al **Arq. CRISTOBAL GARCIA** por su apoyo incondicional.

A la familia **RAMIREZ WILLIAMS** que brindaron su gran apoyo y cariño durante la estadía en México.

A mi alma mater la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**, por darme la oportunidad de cursar mi carrera profesional de Ingeniero Agrónomo

A mis amigos el Ing. Fernando Rodríguez, Ing. Sergio Fajardo, Ing. Brayan Montero, Ing. Donai Rodríguez, Ing. Willy Valmore Ing. Javier Martínez, Ing. Oscar Herrera, Ing. Juan Valenzuela, Ing. Wilfredo Coello, Ing. Cesar Moran, Lic. Vanessa Cantarero, Ing. Estefany Rodríguez, Ing. Aurelio Martínez, Ing. Homer Lopez, Ing. Albaro Martínez, Ing. Marlon Martínez, Ing. Luis Maldonado, Ing. Javier Pineda, Ing. Cesar Martínez, Doc. Blanca Rodriguez Doc. Melvin Ortiz, Ing. Víctor Benitez

A cada uno de los jóvenes que integran el **MINISTERIO AMIGOS DE JESUS** por ser una parte fundamental en la formación de mi vida espiritual

A mi buena y gran amiga **EYDEE CAMPOS** por su apoyo incondicional durante todo el tiempo de estadía en la universidad.

A **NIDIA MARYURI GUERRA POSADAS** por ser esa persona que llena de alegría mi vida y por estar junto a mí en momentos de alegría y dolor.

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO.....	v
LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA FIGURAS	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. General.....	3
2.2. Específicos.	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.3. Actividades agrícolas en contexto urbano	4
2.4. Permacultura	4
2.4.1. Permacultura urbana	5
2.5. Cultivos	5
2.5.1. Los cultivos hortícolas.....	6
3.4. Huertos urbanos (HU).....	6
3.5. Situación global del agua	7
3.7.2. Situación del agua en México	7
3.8. Captación de Agua	8

3.8.1. Sistema de captación de agua de lluvia.....	8
III. MATERIALES Y MÉTODO	10
3.1. Descripción del lugar	10
3.2. Metodología	11
Objetivo 1.....	12
IV. RESULTADOS	18
4.1. Objetivo I	18
4.2. Objetivo II.....	21
5.3 Objetivo III.....	29
5.4. Objetivo IV	35
5.5. Objetivo V	36
V. CONCLUSIONES	42
VI. BIBLIOGRAFIA	43
ANEXOS.....	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Especies vegetativas propuestas para el huerto en Jalisco, México	14
Tabla 2	Coeficientes de escurrimiento altos y bajos para varias superficies de captación.	15
Tabla 3.	Evapotranspiración promedio mensual en mm de la ciudad de Guadalajara en periodo de 2001 a 2010.....	15
Tabla 4	Precipitación: Periodo de 2001 a 2010	16
Tabla 5	Términos identificados en las fórmulas de cálculo de oferta de agua	18
Tabla 6	Términos identificados en las fórmulas de cálculo de demanda de agua	19
Tabla 7	Términos para el cálculo de balance hídrico	19
Tabla 8	Calendario de siembra Jitomate.....	24
Tabla 9	Rendimientos de métodos de cálculo de SCALL para huerto urbano	30
Tabla 10	Método de dimensionamiento de huertos urbanos.....	37

LISTA FIGURAS

Figura 1 Mapa de lugar de practica	10
Figura 2 Esquema de propuesta de casa como caso de estudio.....	14

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1	Calendario de siembra de repollo.....	45
Anexo 2	Calendario de siembra de coliflor.	46
Anexo 3	Calendario de zanahoria.....	47
Anexo 4	calendario de siembra de chile verde	48
Anexo 5	Calendario de siembra de chile jalapeño	49
Anexo 6	Calendario de siembra de chile serrano.....	50
Anexo 7	Calendario de siembra de chile de árbol.....	51
Anexo 8	Calendario de siembra de rabano	52
Anexo 9	Calendario de siembra de pepino	53
Anexo 10	Calendario de siembra de cebolla.....	54
Anexo 11	Calendario de siembra de calabacita	55
Anexo 12	Calendario se siembra de calabaza.....	56
Anexo 13	Calendario de siembra de lechuga.....	57
Anexo 14	Calendario de siembra de papa	58
Anexo 15	Huerto doméstico con reciclaje	59
Anexo 16	Presentación SCALL en UNA.....	59
Anexo 17	Presentación SCALL en UNA	59

Marquez Molina D.F. 2016 Planteamiento metodológico para dimensionamiento de sistemas de captación de agua de lluvia como suministro para huertos domésticos Jalisco, México.PPS. Ing. Agro. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras, C.A. 70 pag.

RESUMEN

Se elaboró una propuesta metodológica para el dimensionamiento de sistemas urbanos de captación de agua de lluvia bajo la supervisión de IITAAC (Instituto de Investigaciones Tecnológicas del agua Lic. Arturo Gleasson Santana) en Guadalajara, Jalisco, México y la Universidad Nacional de Agricultura ubicada en Catacamas, Olancho, Honduras. La metodología presentada en este documento permite calcular y dimensionar sistemas de captación de agua de lluvia y huertos domésticos para que puedan funcionar ininterrumpidamente a lo largo del año cubriendo y satisfaciendo, en equilibrio, la oferta del sistema de captación y la demanda hídrica de los cultivos establecidos. Se realizó un análisis de cinco métodos de cálculo para identificar las variables más eficientes para usar en sistemas de captación para demanda exterior. Mediante su aplicación en un huerto doméstico recomendado para el estado de Jalisco como caso de referencia se encontró que una vivienda con 42.03 m² puede abastecer un huerto con una diversidad de 15 especies vegetativas con producción continua. Se logró elaborar un nuevo modelo de utilidad para diseño de sistemas de captación y una propuesta metodológica para dimensionamiento de huertos con base a la oferta de agua de un sistema de captación.

Palabras claves: oferta de agua, demanda de agua exterior, modelo de utilidad, especies vegetativas

I. INTRODUCCIÓN

Las zonas urbanas en los países en desarrollo crecen a un ritmo muy acelerado. La expansión de estas áreas tiende a ocupar territorio que anteriormente era destinado para actividades agrícolas; la disminución de área para la agricultura y el aumento de la población, es un proceso que puede traer repercusiones en la posibilidad de obtener los productos básicos de alimentación. Este proceso va acompañado a menudo de niveles elevados de hambre y pobreza, lo que conduce a muchos residentes urbanos a ocuparse en actividades agrícolas para ayudar a cubrir sus necesidades alimentarias (Organización de las Naciones para la Agricultura y Alimentación 2010).

En el marco de esos obstáculos, el tema del agua adquiere un peso específico importante, porque dependiendo de la disponibilidad de la misma, representa un reto económico e inclusive legal el uso de agua para la implementación de huertos urbanos. Sin una normativa que fomente el uso adecuado del agua para esta actividad representada en incentivos económicos, resulta complicado hacer uso del líquido de los sistemas municipales por los costos que ello implica o recaer en la ilegalidad del uso de la misma. Las fuentes de abastecimiento alternativo pocas veces son planteadas como una solución, por ejemplo la captación de agua de lluvia.

El agua de lluvia que cae durante el año en el área urbana puede ser usada como fuente de abastecimiento para los huertos urbanos. La captación de agua de lluvia es una forma eficiente de obtener agua buena, limpia, de alta calidad, a bajo costo y que bajo estimaciones precisas un temporal de lluvia puede abastecer durante todo el año la demanda de agua para usos específicos, entre ellos el riego para huertos. El éxito del uso de sistemas de captación

de agua de lluvia como abastecimiento principal de huertos urbanos estará directamente ligado al buen diseño y dimensionamiento del sistema.

En México como en otras partes de Latinoamérica se ha desarrollado conocimiento sobre cómo abastecerse con agua de lluvia a través de sistemas especiales. Al poner en práctica los métodos o guías más conocidos, estos presentan dificultad de adaptabilidad a contextos variados y sus alcances no permiten obtener datos fieles que otorguen los mejores valores de utilidad ya sea en términos hídricos, espaciales o económicos.

Este documento pretende mostrar como un sistema de captación puede dimensionar un huerto urbano en virtud del agua que puede recolectar y suministrar (enfoque basado en la oferta). Y por otro lado como un huerto puede dimensionar un sistema de captación de agua de lluvia (enfoque basado en la demanda). La propuesta metodológica puede sentar las bases para que los habitantes de áreas urbanas puedan implementar cultivos domésticos que cuenten con autosuficiencia hídrica por conducto de sistemas de captación de agua de lluvia.

II. OBJETIVOS

2.1. General

Elaborar una propuesta metodológica para el diseño y dimensionamiento de sistemas urbanos de cosecha de agua para producción hortícola en Jalisco, México.

2.2.Específicos.

Analizar las metodologías existentes para el cálculo de sistemas de captación de agua de lluvia y seleccionar el método más eficiente en la oferta y demanda de agua.

Seleccionar las variables más eficientes de los métodos analizados y proponer un modelo de utilidad que permita dimensionar cualitativa y cuantitativamente un huerto urbano y un sistema de captación de agua de lluvia.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

Una alternativa para ayudar a la sociedad con la problemática de obtención de alimentos es la implementación de los huertos urbanos, cuyos sistemas de agricultura permiten cultivar alimentos a pequeña escala que satisfagan las necesidades alimenticias de una familia; uno de los avances de esta tecnología es poder unirse en conjunto con la tecnología de cosecha de agua.

2.3. Actividades agrícolas en contexto urbano

Las actividades agrícolas, contemplan una amplia aplicación en la agricultura urbana, que comprende la producción agrícola y ganadera dentro de ciudades y pueblos y en sus zonas aledañas. Incluye desde pequeños huertos de hortalizas en la parte trasera de las viviendas a actividades agrícolas en tierras comunitarias por asociaciones o grupos vecinales (FAO 2010). Se refiere a pequeñas superficies (por ejemplo, jardines, huertos, márgenes, terrazas, recipientes) situadas dentro de una ciudad y destinadas a la producción de cultivos y la cría de ganado menor o vacas lecheras para el consumo propio o para la venta en mercados de los alrededores.

2.4. Permacultura

Una de los más relevantes cambios en la transformación de la agricultura es la permacultura que brinda una agricultura sustentable; de acuerdo con Holmgren (s.f) quien dice que la permacultura “Es el diseño consciente de paisajes que imitan los patrones y las relaciones de

la naturaleza, mientras suministran alimento, fibras y energía abundantes para satisfacer las necesidades locales”.

Otro de los grandes expositores de permacultura es Eugenio Grass (2009) quien define la permacultura como una estructura conceptual y un sistema emergente de diseño, más que una especificación técnica o solución de comportamiento. Su enfoque es el rediseño y la integración del estilo de vida, subsistencia y uso de suelo en sintonía con las realidades ecoenergéticas de hoy en día. La permacultura es muy amplia en su aplicación, se puede trabajar en un ambiente natural o en contextos urbanos.

2.4.1. Permacultura urbana

Es una forma alternativa de producción y distribución de alimentos que aprovecha los recursos locales disponibles (residuos sólidos, agua, espacios etc.) para generar productos de autoconsumo. Se refiere a producir alimentos en áreas urbanas, y a rediseñar o remodelar los edificios para que no solo ahorren sino que produzcan su propia energía, usando estrategias conocidas y seguras para la producción hortícola. (El camino de la permacultura, s.f.)

2.5.Cultivos

De acuerdo al Recinto Universitario de Puerto Rico (s.f.) se pueden trabajar dos tipos de cultivo; cultivo hortícola y cultivo agronómico, de los cuales se elige el que mejor se adapta a las necesidades y condiciones ambientales.

2.5.1. Los cultivos hortícolas

Son manejados intensivamente, sembrados generalmente en áreas de menor escala, y por tener un valor mayor por unidad de área sembrada (por ejemplo: hortalizas, frutas, farináceos, café y ornamentales) perfectamente se cultivan en un huerto urbano.

3.3.2. Los cultivos agronómicos

Reciben un manejo menos intensivo, con mayor mecanización y menos mano de obra, se siembran en una escala más grande, y su valor por unidad de área sembrada es menor (por ejemplo: granos, leguminosas, algodón, caña de azúcar, heno).

3.4. Huertos urbanos (HU)

Es el cultivo de plantas de diferentes especies en un entorno de jardinería urbana, normalmente en pequeñas áreas, y que también se conoce como la horticultura urbana o agricultura urbana (Ecolify dictionary, s.f.)

En la actualidad los HU tienen la potencialidad de ser un instrumento de mejora social y ambiental, colaborando con la rehabilitación y sostenibilidad urbana, autonomía alimentaria, y un eficaz metabolismo urbano, con el propósito de mejorar la calidad de vida de la población local (M. Alonso y A. Hernández 2011). Los cultivos cosechados en estos sistemas son para el autoconsumo en la familia, con un gran impacto económico; reduciendo las compras de vegetales en los supermercados.

3.5. Situación global del agua

Para el 2015 según la ONU la población mundial es 7,300 millones de habitantes, y se estima que alcanzará los 8,500 millones en 2030 y los 9,700 millones en 2050. Enfrentando en este comienzo del siglo veintiuno con una grave crisis del agua, la cual parece indicar que esta empeorando y que continuará haciéndolo, a no ser que se emprenda una acción correctiva. Se trata de una crisis de gestión de los recursos hídricos, esencialmente causada por la utilización de métodos inadecuados. La verdadera tragedia de esta crisis, sin embargo, es su efecto sobre la vida cotidiana de las poblaciones pobres, que sufren el peso de las enfermedades relacionadas con el agua, viviendo en entornos degradados y a menudo peligrosos, luchando por conseguir una educación para sus hijos, por ganarse la vida y por solventar sus necesidades básicas de alimentación (FAO, s.f.).

De todos los habitantes de la Tierra más de 1,100 millones no tienen garantizado el acceso al agua potable y 2,400 millones no disponen de servicios básicos de saneamiento (Gleason Espindola 2014).

3.7.2. Situación del agua en México

En México, alrededor de 12 millones de habitantes poseen limitado acceso a recursos hídricos, y 24 millones carecen de alcantarillado. Además, hay una gran cantidad de cuerpos de agua, superficiales y subterráneos muy contaminados (CEMDA *et.al* 2006)

Ante la problemática actual del agua, unas de las mejores y más beneficiosas alternativas es hacer uso del agua de lluvia, se pueden captar cantidades considerables de agua que sustentaran la mayor parte del año. Sin embargo, esto no es muy aceptado por algunos organismos gubernamentales.

3.8. Captación de Agua

La captación consiste en recolectar y almacenar agua proveniente de diversas fuentes para su uso benéfico. El agua captada y conducida a estanques reservorios puede aumentar significativamente el suministro de ésta para el riego de huertos, bebederos de animales, la acuicultura y usos domésticos (Auburn.edu s.f.).

La captación de lluvia para la agricultura se basa en la lluvia de diseño, que es la cantidad total de agua precipitada que ocurre durante el ciclo vegetativo del cultivo. El volumen de la lluvia de diseño sobre el área de captación proveerá la escorrentía superficial necesaria para satisfacer las necesidades de agua para las plantas (Critchel y Siegert 1996).

3.8.1. Sistema de captación de agua de lluvia

Es el conjunto de tuberías, accesorios y equipos que captan y recolectan la lluvia que cae sobre una superficie para conducirla a un dispositivo de almacenamiento para su uso posterior (Gleason Espindola 2014)

Los techos, por su condición impermeable, producen un volumen de escorrentía cercano al volumen de lluvia. El hecho de que estén en posición elevada e inclinada facilita la captación y almacenamiento del agua. Canaletas colocadas en la parte inferior del plano inclinado recogen la escorrentía del techo y, por una tubería, la conducen hacia la estructura de almacenamiento, generalmente en estanques o cisternas, de donde el agua es retirada para su utilización (Gutiérrez Ginez 2015).

De acuerdo a UNATSABAR (2001) el sistema de captación de aguas lluvia (SCALL) está compuesto de los siguientes elementos (captación, recolección y conducción, interceptor, almacenamiento).

- a) **Captación:** está conformado por el techo de la edificación, el mismo que debe tener la superficie y pendiente adecuadas.
- b) **Recolección y conducción:** conduce el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento. Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo.
- c) **Interceptor:** Conocido también como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse posteriormente.
- d) **Almacenamiento:** Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario de las personas beneficiadas con este sistema, en especial durante el período de sequía

III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Descripción del lugar

El presente trabajo se realizó en el Instituto de Investigaciones Tecnológicas del Agua Lic. Arturo Gleason Santana A. C. en Zapopan, Loma Bonita, calle 2701, área conurbada de Guadalajara Jalisco, México. La descripción más amplia de la propuesta metodológica se presenta en el respectivo informe técnico del trabajo adjunto a este documento. Sin embargo, en este apartado se describe de forma breve cómo se llevó a cabo el estudio.

Coordenadas del sitio 20°38'10.1"N 103°24'01.1"W

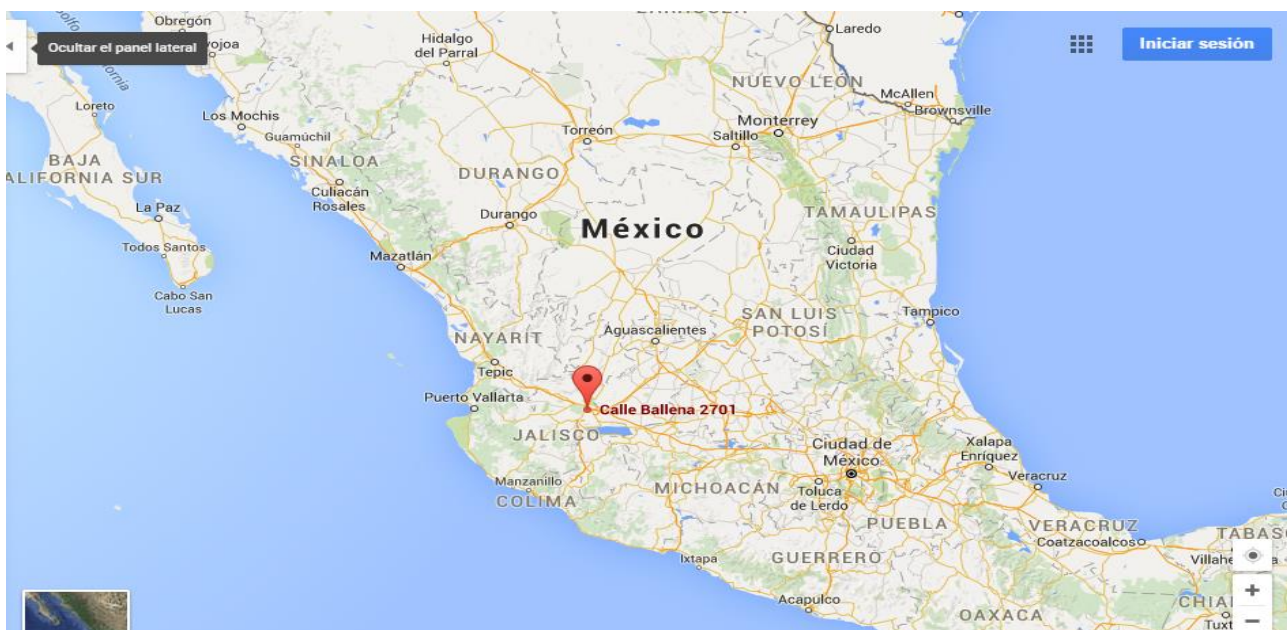


Figura 1 Mapa de lugar de practica

Fuente: Captura de google map. Fabricio M

3.2. Metodología

Para llevar a cabo el estudio se propuso una metodología específica con base al método científico para cada uno de los objetivos específicos propuestos para este capítulo.

Para desarrollar la investigación se establecieron los siguientes cinco objetivos particulares.

- Objetivo I. Identificar las características de las metodologías más eficientes de cálculo de sistemas de captación de agua de lluvia para riego de cultivos.
- Objetivo II. Proponer un huerto hortícola doméstico recomendado para el estado de Jalisco, como caso de referencia para aplicar los principales métodos de cálculo de sistemas de captación de agua de lluvia para demanda exterior.
- Objetivo III. Seleccionar las variables de cálculo de sistemas de captación de agua de lluvia con la que se obtengan mejores rendimientos de captación y uso.
- Objetivo IV. Desarrollar un método que permita diseñar un sistema de captación de agua de lluvia con base a la demanda hídrica dada por las especies vegetativas.
- Objetivo V. Desarrollar un método que permita dimensionar cualitativa y cuantitativamente un huerto urbano en base a la oferta de agua de lluvia del SCALL

La definición de estos objetivos conduce al planteamiento de la metodología y herramientas que facilitaron la realización del estudio. A continuación, se presenta de una manera breve el desarrollo de cada uno de estos objetivos particulares.

Objetivo 1. Identificar las características de las metodologías más eficientes de cálculo de sistemas de captación de agua de lluvia para el uso de riego de cultivos.

En el desarrollo de este objetivo se realizó un estudio descriptivo cualitativo de algunos planteamientos teóricos y metodológicos que se han hecho sobre el cálculo de sistemas de captación de agua de lluvia para uso exterior. Después se realizó el análisis de aquellas que establecen metodologías de cálculo, haciendo especial énfasis en los términos que las integran. Se hizo el análisis en orden cronológico a fin de determinar si existe alguna evolución en los planteamientos metodológicos que reflejen mayor eficiencia en el diseño de un sistema.

Se realizó el análisis de las siguientes fuentes:

- a) Guía de diseño para captación de agua de lluvia (OPS/CEPIS 2004).
- b) Manual de cosecha de agua de lluvia de Texas (Krisna 2005).
- c) Manual de captación de agua de lluvia para centros urbanos (Adler *et.al* 2008)
- d) Captación de agua de lluvia: Planteamiento de sistemas (Kniffen *et.al* 2012)
- e) Captación y almacenamiento de agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe (Food and Agriculture Organization 2013)

Objetivo 2. Proponer un huerto doméstico recomendado para el estado de Jalisco, como caso de referencia para aplicar los principales métodos de cálculos de sistemas de captación de agua de lluvia para demanda exterior.

Para el correcto diseño e instalación de un huerto doméstico es necesario el seguimiento de ciertos elementos que permitirán que el huerto sea eficaz y eficiente, pudiendo obtener de él la máxima producción en un tiempo constante y sin necesidad de grandes dimensiones de

espacio. Para el desarrollo de un huerto doméstico es necesario contar con aspectos tan importantes como: espacio, agua, luz solar, un planeamiento adecuado.

El desarrollo de este objetivo se abordó en tres apartados que son los siguientes.

- Conocer los criterios básicos, factores y aspectos a seguir para el diseño e instalación de un huerto doméstico.
- Identificar las especies vegetativas óptimas para un huerto doméstico.
- Diseñar un plan de siembra por cada cultivo que permita mantener una cosecha constante durante todo el año.

Objetivo 3. Seleccionar las variables de cálculo de sistemas de captación de agua de lluvia con la que se obtengan mejores rendimientos de captación y uso.

La selección de un método de cálculo para sistemas de captación de agua de lluvia se toma por la capacidad de estos al aprovechar al máximo la oferta de agua con las probabilidades más bajas de déficit a lo largo del tiempo. En el desarrollo de este objetivo se realizó una aplicación de los métodos en el caso de referencia planteado en este trabajo. El caso de referencia es una propuesta de un huerto doméstico recomendado para una vivienda en el estado de Jalisco, la propuesta ha sido desarrollada en el objetivo II.

Cada método fue aplicado haciendo uso de la siguiente información.

Caso de estudio

Huerto doméstico propuesto para viviendas en el estado Jalisco integrado por una lista de 15 especies vegetativas seleccionadas por formar parte de una dieta saludable y estar dentro de los cultivos más consumidos en el estado de Jalisco. Para cada cultivo se ha propuesto un

calendario de siembra que permite mantener una cosecha constante durante todo el año en un área total cultivable de 15.35m².

Tabla 1 Especies vegetativas propuestas para el huerto en Jalisco, México

Lista de especies vegetativas recomendadas para un huerto doméstico.		
Pepino	Lechuga	Zanahoria
Chile serrano	Chile de árbol	Rábano
Chile verde	Brócoli	Jitomate
Repollo	Calabacita	Calabaza
Chile Jalapeño	Coliflor	Cebolla

Fuente: IITAAC 2015

Se propone una vivienda supuesta para la implementación del sistema de captación de agua de lluvia y huerto urbano. La vivienda cuenta con un techo hipotético de teja asfáltica de concreto de 90 m² con una pendiente del 2%. A un costado de la vivienda se encuentra un árbol cuyas ramas cubren 8 m² del techo. El área de jardín disponible para el huerto es de 20 m².

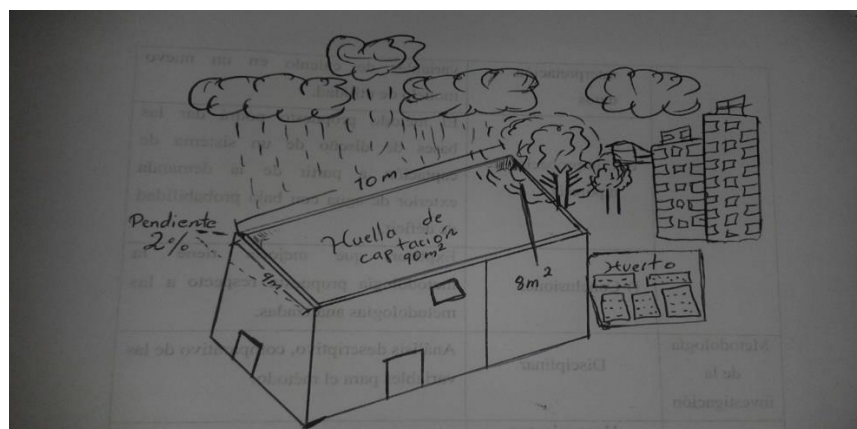


Figura 2 Esquema de propuesta de casa como caso de estudio

Fuente: Fabricio M

Para una mayor eficiencia del sistema de captación se toman en cuenta los siguientes datos

- Coeficiente de escurrimiento: 0.85 de acuerdo al techo de tejas asfálticas véase tabla 2.
- Factor de seguridad: 0.95 por las pérdidas que pueden surgir en el traslado del agua a consideración
- Evapotranspiración

Tabla 2 Coeficientes de escurrimiento altos y bajos para varias superficies de captación.

Superficie	Carácter de la superficie	Coeficiente de escurrimiento	
		Alto	Bajo
Techo	Metal, grava, tejas asfálticas	0.95	0.75
Pavimento	Concreto, asfalto	0.95	0.70
	Ladrillo	0.85	0.70
	Grava	0.70	0.25
Suelo	Plano (2% o menos) descubierto	0.75	0.20
	Plano (2% o menos) con vegetación	0.60	0.10
Césped, Suelo arenoso	Plano (2% o menos)	0.10	0.05
	Promedio (2% a 7%)	0.15	0.10
Césped Suelo pesado	Plano (2% o menos)	0.17	0.13
	Promedio (2% a 7%)	0.22	0.18

Fuente: ARCSA 2012

Tabla 3. Evapotranspiración promedio mensual en mm de la ciudad de Guadalajara en periodo de 2001 a 2010.

EVAPOTRANSPIRACIÓN													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ar
ETo	153	171	271	307	322	267	210	181	174	178	166	148	

Fuente: IITAAC 2015

Tabla 4 Precipitación: Periodo de 2001 a 2010

Latitud 20°41°
Longitud 103°21°
Altitud 1583 msnm

Precipitación en mm

Estado: Jalisco
Estación: Guadalajara

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2001	0.0	0.0	1.1	0.0	28.7	303.8	387.3	157.3	121.7	46.6	3.2	0.3	1050.0
2002	19.7	13.6	0.0	0.0	18.2	134.4	227.3	164.4	168.9	79.8	39.9	0.0	866.2
2003	0.8	0.0	0.0	0.0	8.7	211.2	344.4	150.7	259.5	35.7	16.7	0	1027.7
2004	37.1	0.5	6.6	0.0	104.0	440.9	181.6	303.7	467.5	22.0	0.0	8.4	1572.3
2005	3.2	20.3	2.6	0.0	7.0	94.7	345.7	254.8	143.2	70.5	0.0	0.0	942.0
2006	1.4	0.0	0.0	0.0	3.0	221.6	181.0	353.0	145.3	162.0	14.0	10.6	1091.9
2007	14.0	11.5	0.0	1.5	5.4	122.5	374.8	191.5	231.1	80.9	18.7	1.4	1053.3
2008	0.0	0.0	0.0	5.0	3.6	342.5	330.1	158.3	218.5	33.9	0.0	0.0	1091.9
2009	3.3	0.0	0.0	0.1	43.0	105.8	184.9	107.8	182.3	50.7	0.5	17.9	696.3
2010	43.4	117.0	0.0	0.0	55.6	292.7	326.5	154.0	244.5	0.0	0.0	0.0	1233.7
SUMA	122.9	162.9	10.3	6.6	277.2	2,270.1	2,883.6	1,995.5	2,182.5	582.1	93.0	38.6	10,625.3
MEDIA	12.3	16.3	1.0	0.7	27.7	227.0	288.4	199.6	218.3	58.2	9.3	3.9	1062.5
MAX.	43.4	117.0	6.6	5.0	104.0	440.9	387.3	353.0	467.5	162.0	39.9	17.9	1572.3
MIN.	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	94.7	181.0	107.8	121.7	0.0	0.0	0.0	696.3

Fuente: IITAAC 2015

Habiendo realizado la aplicación de cada método se identificó las variables que presentan mayor eficiencia en cálculo de sistemas de captación de agua de lluvia y que podrían ser utilizadas para la propuesta metodológica.

Objetivo 4 Desarrollar un método que permita diseñar un sistema de captación de agua de lluvia con base a la demanda hídrica dada por las especies vegetativas.

Las variables seleccionadas por sus características de eficiencia en el cálculo de un SCALL son las que pueden conformar una propuesta metodológica de cálculo.

La propuesta debe lograr determinar los valores más reales de oferta y demanda de cada caso de aplicación. El adecuado ordenamiento de las variables permite un proceso claro para la determinación del balance hídrico y volúmenes mínimos de almacenamiento de un sistema de captación

El desarrollo de este objetivo concierne al buen uso de las variables seleccionadas en el objetivo III, que consistió en hacer un análisis de cada variable presentada por las metodologías analizadas. En este objetivo se realizó un ordenamiento de variables formando un patrón de fórmula como propuesta considerando que las variables sean las efectivas para su aplicación y los cálculos que se consideraron muy efectivos fueron escritos en la propuesta sin alteración.

Objetivo 5 Desarrollar un método que permita dimensionar cualitativa y cuantitativamente un huerto urbano en base a la oferta de agua de lluvia del SCALL

Uno de los principales factores al momento de diseñar un huerto es conocer con exactitud o aproximadamente la cantidad de agua disponible para suplir la demanda de agua del huerto a plantar. Para el desarrollo de este método como propuesta se usó el modelo de referencia de huerto domestico para el estado de Jalisco, con el objetivo de conocer que variaciones cualitativas y cuantitativas puede tener cuando la oferta de agua disminuye o aumenta, teniendo la premisa de que el sistema de captación de agua de lluvia debe abastecer ininterrumpidamente el huerto.

Las variables seleccionadas por sus características de eficiencia en el cálculo de un SCALL son las que pueden conformar una propuesta metodológica de cálculo. La propuesta debe lograr determinar los valores más reales de oferta y demanda de cada caso de aplicación. La adecuada selección de las variables permitió un proceso claro y ordenado para la determinación del balance hídrico y volúmenes mínimos de almacenamiento de un sistema. La propuesta de ordenamiento de las variables se plantea según su aplicación en determinación de oferta, demanda, balance hídrico, volumen de almacenamiento, dimensionamiento de superficie de captación.

IV. RESULTADOS

Habiendo desarrollado cada uno de los objetivos particulares planteados se obtuvo como resultado la elaboración de un documento, bajo el título Propuesta metodológica para dimensionamiento de sistemas de captación de agua de lluvia como suministro para huertos domésticos en Jalisco, México.

4.1.Objetivo I

Los métodos analizados han presentado cierta semejanza en cuanto a sus enfoques de cálculo. Todos los métodos engloban en sus fórmulas relaciones entre la oferta y la demanda de agua. En la tabla 5 se hace una comparación de fórmulas de cada método para poder observar cuáles de esos términos dan valores que contribuyen a la eficiencia del método en el cumplimiento de un buen balance entre la oferta y la demanda de agua de lluvia.

Tabla 5 Términos identificados en las fórmulas de cálculo de oferta de agua

Cálculo de oferta						
	Términos	Guía, método, autor				
		Guía de diseño para captación de agua de lluvia (OPS/CEPIS, 2004)	Manual de cosecha de agua de lluvia de Texas (Krishna, 2005).	Manual de captación de agua de lluvia para centros urbanos (Adler, Carmona, & Bojall, 2008)	Captación y almacenamiento de agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. (Food and Agriculture Organization, 2013)	Captación de agua de lluvia: Planteamiento de sistemas (Kniffen, Clayton, Kingman, & Jaber, 2012)
Precipitación	Precipitación promedio	✓	✓	✓	✗	✓
	Precipitación media	✗	✓	✗	✗	✗
	Precipitación P50	✗	✗	✗	✓	✗
	Precipitación P75	✗	✗	✗	✓	✗
Superficie de captación	Área de techo	✓	✓	✓	✓	✗
	Huella de techo	✗	✗	✗	✗	✓
Factores de ajustes	Coefficiente de escurrentia	✓	✓	✓	✓	✓
	Factor de seguridad	✗	✗	✗	✗	✓
Sistema internacional de unidades		✓	✗	✓	✓	✗

Fuente: IITAAC 2015

En la tabla 6 se presentan todos los términos identificados en las fórmulas de cálculo de demanda de agua, para comparar que términos coinciden en los distintos métodos.

Tabla 6 Términos identificados en las fórmulas de cálculo de demanda de agua

Cálculo de demanda exterior						
	Términos	Guía, método autor				
		Guía de diseño para captación de agua de lluvia (OPS/CEPIS, 2004)	Manual de cosecha de agua de lluvia de Texas (Krishna, 2005).	Manual de captación de agua de lluvia para centros urbanos (Adler, Carmona, & Bojaili, 2008)	Captación y almacenamiento de agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. (Food and Agriculture Organization, 2013)	Captación de agua de lluvia: Planteamiento de sistemas (Kniffen, Clayton, Kingman, & Jaber, 2012)
Demanda interior		✓	✓	✓	✓	✓
Requerimientos de agua	Eto	✗	✗	✗	✓	✓
	Etc	✗	✗	✗	✓	✓
	Kc	✗	✗	✗	✓	✓
Demanda mensual	Área de cultivo	✗	✗	✗	✓	✓
	Coefficiente de cultivo	✗	✗	✗	✓	✓
	Días de mes	✗	✗	✗	✓	✓
Sistema Internacional de unidades		✓	✗	✓	✓	✗

Fuente: IITAAC 2015

Tabla 7 Términos para el cálculo de balance hídrico

Cálculo de balance hídrico					
Terminos	Guía método. Autor				
	Guía de diseño para captación de agua de lluvia (OPS/CEPIS 2004)	Manual de cosecha de agua de lluvia (Krishna 2005)	Manual de captación de agua de lluvia para centros urbanos (Adler et al. 2008)	Captación y almacenamiento de agua de lluvia (FAO 2013)	Captación de agua de lluvia planteamiento de sistemas (Kniffen et al. 2012)
Balance anual	✓	✓	✓	✓	✓
Balance mensual	✓	✓	✗	✗	✓
Determinación de volumen mínimo de tanque.	✓	✓	✓	✓	✓
Indicadores de deficit	✓	✗	✗	✗	✓
Ajuste de superficie de captación	✓	✗	✗	✓	✓
Almacenamiento de inicio	✗	✓	✗	✗	✓
Almacenamiento de reserva	✗	✓	✓	✗	✓
Sistema internacional de unidades	✓	✗	✓	✓	✗

Fuente: IITAAC 2015

Precipitación P75:

Es el promedio de precipitación reduciendo el porcentaje de pérdidas a un 25% que se obtiene de aplicar un segundo promedio de aquellos valores que estén por debajo del promedio P50 un ejemplo: valores de 3,5,6,10,12 la suma equivale a 36 y el promedio es 7.12 a los valores que se encuentran por debajo de este promedio como lo es 3,5,6 dicha sumatoria es 14 a estos se le aplica un segundo promedio quedando en 4.7 y este es la **P75** que se refiere que del 100% de la precipitación se contara únicamente con el 25% para reducir el déficit del sistema el 75% es de ganancia.

Discusión

Los cinco métodos presentados en este análisis presentan coincidencias en la conformación de sus fórmulas al contener algunos términos básicos tales como coeficientes de esorrentía, balance anual oferta-demanda, determinación de volumen mínimo. Se observa que hay una serie de términos propuestos en algunos métodos que no son usadas por los demás y que, de acuerdo al análisis realizado, su uso logra reducir la probabilidad de déficit de agua por variaciones en la precipitación. Por ejemplo, el uso de precipitación P75 en el método descrito por la FAO (2013). Otra variable interesante es la presentada tanto en el método de CEPIS como en el de FAO que permite determinar una superficie de captación necesaria para una demanda de agua determinada.

Las tablas comparativas de términos de las relaciones de cálculo para sistemas de captación permiten observar cuales de ellas podrían servir para proponer un modelo de utilidad que sirva como base para diseños más precisos, eficientes y económicos. Una forma de comprobar las diferencias entre los métodos es aplicándolos en un caso de estudio con condiciones dadas.

4.2.Objetivo II

1. Conocer los criterios básicos, factores y aspectos a seguir para el diseño e instalación de un huerto doméstico.

De acuerdo al desarrollo de este apartado se realizó una búsqueda informática acerca de las diferentes formas de abordar el diseño e instalación de un huerto. Como resultado de este objetivo se identificaron cuatro aspectos que son de vital importancia en el diseño e instalación de un huerto urbano. A raíz de estos aspectos giran una serie de actividades que se deben realizar en el huerto urbano.

Aspectos de vital importancia en huerto urbano son.

- Sol
- Agua
- Suelo
- Espacio de ubicación del huerto

Teniendo en cuenta la importancia de los anteriores aspectos se pueden realizar una serie de actividades para el diseño e instalación de un huerto que se mencionan a continuación.

- Hacer una correcta elección del espacio a destinar para el huerto, tomando en cuenta las horas de luz que este recibe, la disponibilidad del agua, y la cantidad y calidad de tierra.
- La selección de las especies que se cultivaran en el huerto urbano.
- Hacer uso de calendario de siembra para cosecha de un año por cultivo, para conocer las dimensiones y cantidades de espacio y de plantas requeridas
- Hacer la distribución en el espacio del huerto para cada cultivo a Sembrar.
- Se prepara la tierra y los espacios para siembra,

- Obtener la semilla que sea de buena calidad
- Realizar la siembra según el calendario anual del cultivo.
- Realizar actividades de limpieza de malezas como también la fertilización y el riego constante.
- Es muy importante agregar materiales orgánicos al huerto.

2. Identificar las especies vegetativas óptimas para un huerto doméstico.

Como resultado se obtuvo una lista (tabla 1) de 15 especies vegetativas que fueron seleccionadas como modelo de estudio para la propuesta del huerto doméstico, pero esto no significa que sea límite, el dueño del huerto puede elegir que cultivos sembrara en su espacio disponible.

3. Diseñar un plan de siembra por cada cultivo que permita mantener una cosecha constante durante todo el año.

En el desarrollo de este apartado se obtuvieron resultados que son equivalentes a un plan de siembra por cada cultivo que permita mantener una cosecha constante durante todo el año que se representa como calendario de siembra de ese cultivo.

Calendarios de siembra para cultivos en modelo de huerto urbano.

Uno de los principales objetivos del huerto urbano es mantener una cosecha constante. Para esto es necesario poseer una buena distribución del espacio disponible en el huerto para la siembra y ubicación de cada cultivo. Para mantener una cosecha constante de vegetales en el huerto el principal criterio es realizar calendarios de siembra.

De las especies vegetativas presentadas en la tabla 1 se realizó una revisión bibliográfica de cada una de ellas para identificar manejo agronómico y características particulares de cada especie y con base a esta información se presenta una propuesta de calendarios de siembra por cultivo para mantener una cosecha continua de un año en modelo de huerto doméstico.

En el calendario de siembra se indica el inicio de la siembra con las letra (S) el desarrollo vegetativo o crecimiento de la planta con las letras (DV), la cosecha se representa con una letra (C), es necesario saber que se debe practicar la rotación de cultivo dentro del huerto para evitar el agotamiento del suelo en este calendario también se incluye rotación de cultivo que se presenta con las letras (RDC), se indica los espacios que utilizaran para la siembra esto se refiere que cada espacio está destinado por mes, y una vez habiendo cubierto la siembra en los espacios requeridos y cosechando el primer espacio este se vuelve a sembrar y sigue en el mismo orden. Véase los calendarios en anexos

El número de plantas sugeridas por cada siembra en los espacios destinados y distribuidos por mes según el calendario están basados en consideración de cuanto puede consumir una familia normal de cinco personas, considerando también que pueda tener la oportunidad de compartir con sus vecinos o vender un poco de la producción.

A continuación, se presenta un ejemplo tabla 8.

a) Calendario de siembra de Jitomate.

En este calendario de siembra se muestra que para el cultivo de jitomate por un año se necesita un área de suelo de 1.25 m² una siembra de 50 cm entre planta y 50 cm entre surco. Su respectiva distribución es en 5 espacios, cada uno contiene una planta de jitomate, la siembra se realizará cubriendo el primer espacio con una planta de jitomate y cada mes cubriendo los siguientes espacios uno a la vez. Este orden permite que al cabo de 6 meses el

orden de siembra inicia nuevamente en el espacio uno. Manteniendo esta producción por un año y luego realizar rotación de cultivo.

Tabla 8 Calendario de siembra Jitomate

CALENDARIO DE SIEMBRA DE JITOMATE PARA UN AÑO												
ESPACIO DE SIEMBRA	MES DE SIEMBRA											
	ME S 1	ME S 2	ME S 3	ME S 4	ME S 5	ME S 6	ME S 7	ME S 8	ME S 9	ME S 10	ME S 11	ME S 12
EP1	S	DV	DV	C	C	S	DV	DV	C	C	S	DV
EP2		S	DV	DV	C	C	S	DV	DV	C	C	S
EP3			S	DV	DV	C	C	S	DV	DV	C	CH A
EP4				S	DV	DV	C	C	S	DV	DV	CH A
EP5					S	DV	DV	C	C	S	DV	DV
SEGUNDO CICLO												
EP1	DV	C	C									
EP2	DV	DV	C	C								
EP3	RDC											
EP4												
EP5												
SIMBOLOGIA												
SIEMBRA					S							
ROTACION DE CULTIVOS					RDC							
DESARROLLO VEGETATIVO					DV							
COSECHA					C							
ESPACIO DE SIEMBRA					EP1, EP2, EP3...							

Fuente : IITAAC 2015

b) Calendario de siembra de repollo.

Para la producción constante de repollo por un año según se muestra en este calendario de siembra es requerido 2.94 m^2 de área de suelo. En una distribución de 4 espacios de siembra cada uno por mes, la siembra a 35 cm entre planta comenzando con el primer mes en el espacio 1. Siguiendo este orden de siembra en espacios designados un espacio por mes sembrando 5 plantas por mes, al quinto mes la siembra regresa al espacio número 1. Esta distribución permite mantener una producción constante por un año cosechando 5 plantas por mes (**Anexo 1**).

c) Calendario de siembra de coliflor.

Para una producción constante de Coliflor por un año de acuerdo al siguiente calendario de siembra es necesario un pequeño espacio con un área de tan solo 2.94 m^2 bien distribuido en 4 espacios de siembra, cubriendo con 5 plantas cada espacio a una distancia de 35 cm entre planta, comenzando la siembra en el mes 1 y en el espacio 1, siguiendo la siembra en orden un espacio por cada mes llegando así que al 5 mes el espacio número 1 ya está disponible para la siembra su cosecha se realizó en mes 4 (**Anexo 2**)

d) Calendario de siembra de zanahoria.

El siguiente calendario muestra un plan de siembra para una producción constante de zanahoria durante todo el año, en un pequeño espacio de un área de 0.64 m^2 distribuidos en tres espacios donde cada uno corresponde a un mes. La siembra se inicia con el primer espacio en el mes 1. Y en continuación se siembra un espacio por cada mes con una densidad de población de 32 zanahorias por mes que serían 8 por semana a una distancia de 8 cm entre planta. Siendo así en el mes 4 la siembra inicia nuevamente en espacio 1 (**Anexo 3**)

e) Calendario de siembra chile verde.

El mantener una cosecha continua por todo el año de chile verde es factible según el calendario de siembra que a continuación se presenta. En un área de suelo de 0.36 m^2 distribuido en cuatro espacios cada uno por mes. Donde la siembra comienza con el primer espacio en el mes 1 colocando una planta por mes cubriendo así los espacios disponibles a una distancia de 30 cm entre planta (**Anexo 4**).

f) Calendario de siembra de chile jalapeño.

Para una cosecha constante de chile jalapeño por todo un año es posible según el calendario propuesto a continuación que revela que en un espacio con área de 0.36 m^2 distribuido en cuatro espacios de siembra, cada uno por mes, donde se siembra una planta por cada mes a una distancia de 30 cm entre planta. Esto permitirá que al mes 5 la siembra continúe en el espacio 1 (**Anexo 5**).

g) Calendario de siembra de chile serrano.

El mantener una cosecha continua por todo el año de chile serrano es factible según el calendario de siembra que a continuación se presenta. En un área de suelo de 0.64 m^2 distribuido en cuatro espacios cada uno por mes. Donde la siembra comienza con el primer espacio en el mes 1 colocando una planta por mes cubriendo así los espacios disponibles a una distancia de 40 cm entre planta. Y al 5 mes la siembra regresa al espacio 1 (**Anexo 6**).

h) Calendario de siembra de chile de árbol.

El calendario siguiente muestra un plan de siembra para una cosecha constante por todo un año de chile de árbol dentro de un huerto urbano. Esto es posible en un área de 0.81 m^2 con una distribución de 4 espacios de siembra donde cada uno es organizado por mes y colocando

una planta por cada uno de los espacios a una distancia de 45 cm. La siembra inicia en el mes 1 con el espacio 1 y en continuación cada espacio por mes será sembrado así, de esta manera al llegar al mes 5 la siembra comienza nuevamente en el espacio 1 (**Anexo 7**).

i) Calendario de siembra de rábano.

El rábano es un cultivo de ciclo muy corto que en un mismo mes es posible cosechar el cultivo, pero según la propuesta de este calendario de siembra de rábano para un año. La siembra se realiza en un área de 0.1 m² distribuida en dos espacios uno por cada mes. Y sembrando 40 plantas por mes donde puedes sembrar cada 15 días 20 plantas. Donde permite que en un mes siembra y en el otro mes se cosecha sin embargo es necesario aclarar que el rábano se puede cosechar a los 22 días, pero en este plan deja un laxo de tiempo para que el horticultor permita un mejor desarrollo de su planta y tenga un poco más de tiempo para que su cosecha sea gradualmente (**Anexo 8**).

j) Calendario de siembra de pepino.

El mantener una cosecha constante de pepino implica poseer una buena práctica y orden de siembra para ello el calendario que a continuación se presenta muestra un plan de siembra para todo el año. En un área de 0.27 m² con una distribución de tres espacios cada uno por mes donde se puede sembrar 1 planta en cada espacio por mes a una distancia de 30 cm. Hay que recordar que para el cultivo de pepino es necesario levantar un tutoreo que esto consiste en colocar estacas junto a la plantas y colocar cuerda entre ellas para que la planta puede crecer guiándose en las cuerdas y no se extienda sobre el suelo (**Anexo 9**).

k) Calendario de siembra de cebolla.

El siguiente calendario de siembra presenta un plan para mantener una cosecha constante de cebolla durante todo el año en un área de 0.6 m² distribuida en 4 espacios cada uno por mes donde la siembra inicia en el espacio 1 en mes 1 y en continuación sembrando cada espacio según el mes que indique el calendario. La plantación se realiza a una distancia de 10 cm entre plantas, colocando 15 cebollas por mes en el espacio destinado **(Anexo 10)**.

l) Calendario de siembra de la calabacita.

La calabacita es una planta de tipo rastrero por lo cual es requerido un espacio con buenas dimensiones. Pero sin embargo el siguiente calendario presenta un plan de siembra para mantener una cosecha constante durante todo el año en una pequeña de área de suelo de tan solo 1.08 m² distribuido en tres espacios donde cada uno corresponde a un mes de siembra. Y las plantas se colocan a una distancia de 60 cm entre ellas. Pero para el buen funcionamiento de este calendario se debe realizar un tutoreo que resista el peso de la planta **(Anexo 11)**.

m) Calendario de siembra de calabaza.

La calabaza es una planta de tipo rastrero por lo cual es requerido un espacio con buenas dimensiones. Pero sin embargo el siguiente calendario presenta un plan de siembra para mantener una cosecha constante durante todo el año en una pequeña de área de suelo de tan solo 1.08 m² distribuido en tres espacios donde cada uno corresponde a un mes de siembra. Las plantas se colocan a una distancia de 60 cm entre ellas. Pero para el buen funcionamiento de este calendario se debe realizar un tutoreo que resista el peso de la planta **(Anexo 12)**.

n) Calendario de siembra de lechuga.

El siguiente calendario presenta un plan de siembra para una producción constante de lechuga durante todo el año requiriendo de un área de suelo de tan solo 1.92 m^2 distribuido en tres espacios de siembra cada uno por mes donde la plantación se hace cada mes según lo indica el calendario y sembrando en cada espacio 5 plantas por mes a 30 cm entre ellas **(Anexo 13)**.

o) Calendario de siembra de papa.

La papa es cultivo donde la parte comestible son sus raíces. El siguiente calendario de siembra presenta un plan para mantener una constante cosecha durante todo el año en una área de tan solo 0.36 m^2 distribuida en 4 espacios de siembra cada uno organizado por mes según el calendario. Donde la siembra inicia en el espacio 1 en el primer mes y así en continuación cada espacio según su mes correspondiente colocando una planta por cada mes a 30 cm entre ellas **(Anexo 14)**.

De acuerdo a los calendarios de siembra presentados anteriormente se detalla un dato de área en m^2 requerido por cada cultivo y habiendo realizado la suma de las áreas de todos los cultivos propuestos da un total de 15.35 m^2 de área cultivable

5.3 Objetivo III

En este apartado se presentan tablas y gráficas con los resultados obtenidos de la aplicación de los métodos de cálculo al caso de estudio de diseño y dimensionamiento de un sistema de captación para huertos domésticos.

En la tabla 9 se aprecian los principales valores obtenidos en el dimensionamiento del sistema de captación.

Tabla 9 Rendimientos de métodos de cálculo de SCALL para huerto urbano

Estadística de rendimiento de métodos de cálculo de sistemas de captación para uso de huerto domestico						
Método	Tipo de precipitación	Oferta (m ³)	Demanda (m ³)	Techo mínimo (m ²)	Tanque mínimo requerido (m ³)	Probabilidad de déficit (%)
Guía de diseño para captación de agua de lluvia (OPS/CEPIS 2004)	Promedio	81.3	27.54	No permite calcular	9.15	50
Manual de cosecha de agua de lluvia (Krishna 2005)	Promedio	81.29	27.54	No permite calcular	No permite calcular	50
	Mediana	83.88	27.54			50
Captación de agua de lluvia para centros urbanos (Adler <i>et.al</i> 2008)	Promedio	76.5	27.54	No permite calcular	27.54	50
Captación y almacenamiento de agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar (FAO 2013)	Promedio P75	58.96	27.54	42.03	27.54	25
Captación de agua de lluvia: planteamiento de sistemas (Kniffen <i>et.al</i> 2012)	Promedio	7.21	27.54	No permite calcular	10	50

Discusión

El método de cálculo de la FAO (2013) presenta un valor de oferta de agua de lluvia menor, pero con una probabilidad de déficit menor que los demás métodos, pero si embargo (CEPIS 2004 y Kniffen 2012). Estos logran determinar los volúmenes más exactos y mínimos de almacenamiento para garantizar el abasto ininterrumpido a lo largo del año.

Selección de variables

a) Cálculo de oferta

- **Sistema de unidades de medida:** El sistema de unidades usado en los métodos y que mejor se adapta para su aplicación en México es el Sistema Internacional de unidades.
- **Precipitación:** De las variables de precipitación usadas en los métodos la que mejores rendimientos puede tener es aquella con menores probabilidades de déficit y corresponde a la usada por la FAO: Precipitación P75.
- **Superficie de captación:** El método que presenta el mejor concepto sobre como considerar las dimensiones de un área de captación para cálculo de sistemas es el de Kniffen 2012. La huella de captación en m^2 es una variable con criterios más sólidos de uso que la variable de área de captación.

b) Factores de ajuste

- **Coefficiente de escorrentía**
Es una variable usada por todos los métodos planteados en la investigación, pero el que presenta mejor capacidad de adaptación en el usado por Kniffen 2012. Sus valores de coeficiente van de 0.05 hasta 0.95 dependiendo de la superficie de captación, mientras que métodos como el IRRI ó la FAO dan valores constantes.
- **Coefficiente de seguridad**
El método de Kiffen 2012 es el único que propone el uso de un coeficiente de seguridad. Es dado por apreciación del diseñador y contempla su uso ante incidencia de elementos que puedan alterar el proceso de captación y que sean ajenos a variaciones en precipitación o pérdidas por escorrentía.

c) Cálculo de demanda exterior

Los métodos de Kniffen y la FAO son los únicos que describen como calcular demanda de agua exterior para uso en riego de cultivos o jardines. La demanda de agua de una planta esta medida en base a su evapotranspiración.

Ambos métodos proponen una fórmula de cálculo de demanda $ET_c = ETo \times Kc$. Sin embargo la FAO toma los valores para calcular demanda por días por ciclo de cultivo, mientras que Kniffen lo hace por meses por área de cultivo. Por lo tanto el cálculo más adaptable sería el de Kniffen mediante la siguiente relación:

$ET_c \times \text{área de plantación} = \text{Requerimiento de agua de la planta.}$

En cálculo de demanda de agua para especies variadas se puede usar la siguiente relación:

- $\text{Requerimiento de agua planta "N"} + \text{requerimiento de agua planta "N1"} = \text{Demanda exterior mensual.}$ Los requerimientos de agua usados en esta relación pueden ser tantos como el número de especies que se tengan en el huerto.

d) Rango temporal

Para hacer uso de valores de demanda exterior de agua en cálculo de sistemas se ha encontrado mayor facilidad de uso en cálculo mensual presentado por Kniffen. Es complicado realizar un balance oferta demanda con rangos temporales de demanda exterior de diez días como los planteados por la FAO a pesar de que en términos de estimación de demanda estos sean más exactos.

e) Balance hídrico del sistema

La fórmula que presenta más exactitud para el balance hídrico entre la oferta y la demanda es la usada por el CEPIS.

$$V_i \text{ (m}^3\text{)} = A_i \text{ (m}^3\text{)} - D_i \text{ (m}^3\text{)}$$

Donde

V_i : volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes “i”.

A_i : volumen de agua que se captó en el mes “i”.

D_i : volumen de agua demandada por los usuarios para el mes “i”.

Calculo de agua captable

$$Aa_i = Aa_{(i-1)} + \frac{Pp_i \times Ce \times Ac}{1000}$$

Aa_i : oferta acumulado al mes “i”.

Pp_i : precipitación promedio mensual (litros/m²)

Ce : coeficiente de escorrentía

Ac : área de captación (m²)

Calculo de demanda agua

$$Da_i = Da_{(i-1)} + \frac{(Nu \times Nd_i \times Dd_i)}{1000}$$

Da_i : demanda acumulada al mes “i”.

Nu : número de usuarios que se benefician del sistema.

Nd : número de días del mes analizado

Dd_i : demanda mensual (m³)

f) Cálculo de tanque de almacenamiento.

El método de estimación de volumen de almacenamiento usado por el CEPIS es el que mejores resultados obtuvo en esta investigación. Sus estimaciones son muy precisas y su probabilidad de déficit estará siempre en función del cálculo de la oferta y el uso designado en el cálculo de la demanda. La estimación del volumen se realiza restando el volumen de diferencia entre oferta y demanda del último mes antes del inicio del temporal, a la mayor diferencia entre oferta demanda presentada en el año, esto siempre que no exista déficit en ninguno de los balances mensuales. Cuando exista déficit en alguno de los balances mensuales se deberá sumar un valor positivo igual al presentado en los meses con déficit, siempre que el acumulado de demanda no haya superado al acumulado de oferta.

g) Dimensionamiento de techo.

La fórmula para dimensionamiento de techo de captación más adecuada es la usada por la FAO. La relación es la siguiente:

$$Ac = \frac{VT}{CxPm}$$

Donde

Ac = Área de captación – m²

VT = Volumen total de la estructura (volumen de tanque de almacenamiento m³)

C = Coeficiente de esorrentía

Pm = Precipitación promedio anual – mm

De ella se puede mejorar haciendo uso de los valores de coeficiente de esorrentía propuestos por Kniffen 2012.

5.4. Objetivo IV

El método propuesto para cálculo de sistemas de captación para riego de huertos integrado con las variables seleccionadas puede lograr valores cercanos a los dados por las metodologías analizadas, pero con probabilidades de déficit más bajos. Esta característica puede marcar la diferencia entre poder satisfacer las demandas de agua en un sitio determinado ininterrumpidamente. Lo anterior es de suma importancia en zonas áridas o semiáridas con poca precipitación y altas probabilidades de variación en la misma.

La propuesta metodológica desarrollada en este objetivo se compone de las siguientes relaciones.

Cálculo de oferta

$$Pc = P75 \times Hc \times Ce \times Fs$$

Cálculo demanda

$$Det = SUMA(Ramc_i: Ramc_f)$$

$$Ramc = ETc \times Ac$$

$$ETc = Kc \times ETo$$

Cálculo de balance hídrico de sistema

$$Pc_m = Pc_{(m-1)} + P75 \times Hc \times Ce \times Fs$$

$$De_m = De_{(m-1)} + SUMA(Ramc_i: Ramc_f)$$

Cálculo de tanque de almacenamiento

$$Va = (Dmáx - Dfin) + (Dd)$$

Cálculo de superficie de captación

$$Hc = \frac{Dec}{CexP75}$$

5.5. Objetivo V

En el desarrollo de este objetivo se obtuvo como resultado el siguiente formato del método para dimensionamiento de huertos domésticos en base a la oferta de agua

Este método puede ser aplicable en cualquier lugar, pero para ello se es necesario conocer las variables solicitadas en el método tanto del lugar como de los cultivos a sembrar

En la tabla 10 se muestra un ejemplo del método como propuesta de dimensionamiento de huertos doméstico con los datos.

Huella de captación de 25 m²

Factor de escurrimiento de 0.85 tabla 2

Factor de seguridad de 0.95 del caso planteado para estudio

Datos de evaporación, precipitación de Guadalajara véase tabla 3 y 4 y las especies vegetativas tabla 1

Tabla 10 Método de dimensionamiento de huertos urbanos

Cálculo de oferta

$$Pc = P75 \times Hc \times Ce \times Fs$$

Datos

Huella de captación	=	25
Coefficiente de escorrentia	=	0.85
Factor de seguridad	=	0.95

Método de dimensionamiento de huertos según la oferta de agua de lluvia

					Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Precipitación P75					227	288.4	199.6	218.3	58.2	9.3	3.9	12.3	16.3	1	0.7	27.7
Mes de siembra a voluntad					mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12
Mes del año																
Evapotranspiración promedio Eto					267.1	210.4	180.7	174	177.9	165.9	148.2	152.5	170.7	271.1	306.5	321.6
No Cultivo	Especie	Kc	Coefficiente de ocupación	N# plantas por unidad	Unidades de cultivo según calendario											
					1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
C1	Jitomate	0.85	0.25	2	113.5175	178.84	230.393	295.8	302.4	282.03	251.94	259.25	290.2	460.9	521.1	546.72
					1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
c2	Repollo	0.8	0.12	2	51.2832	80.794	104.083	133.632	136.6	127.41	113.82	117.12	131.1	208.2	235.4	246.989
					1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4

c3	coliflor	0.9	0.12	3	86.5404	136.34	175.64	225.504	230.6	215.01	192.07	197.64	221.2	351.3	397.2	416.794
					1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
c4	zanahoria	0.9	0.01	8	19.2312	30.298	39.0312	37.584	38.43	35.834	32.011	32.94	36.87	58.56	66.2	69.4656
					1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
C5	Chile verde	0.85	0.09	1	20.43315	32.191	41.4707	53.244	54.44	50.765	45.349	46.665	52.23	82.96	93.79	98.4096
					1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
C6	chile jalapeño	0.85	0.09	1	20.43315	32.191	41.4707	53.244	54.44	50.765	45.349	46.665	52.23	82.96	93.79	98.4096
					1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
C7	Chile serrano	0.85	0.16	1	36.3256	57.229	73.7256	94.656	96.78	90.25	80.621	82.96	92.86	147.5	166.7	174.95
					1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
C8	Chile de arbol	0.85	0.2	1	45.407	71.536	92.157	118.32	121	112.81	100.78	103.7	116.1	184.3	208.4	218.688
					1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
C9	rabano	0.82	0.003	10	6.57066	10.352	8.89044	8.5608	8.753	8.1623	7.2914	7.503	8.398	13.34	15.08	15.8227
					1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C10	pepino	0.78	0.09	1	18.75042	29.54	38.0554	36.6444	37.47	34.939	31.211	32.117	35.95	57.09	64.55	67.729
					1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
C11	cebolla	0.88	0.01	6	14.10288	22.218	28.6229	36.7488	37.57	35.038	31.3	32.208	36.05	57.26	64.73	67.9219
					1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C12	calabacita	0.77	0.36	1	74.04012	116.65	150.27	144.698	147.9	137.96	123.24	126.82	142	225.4	254.9	267.443
					1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
C13	calabaza	0.8	0.36	2	153.8496	242.38	312.25	300.672	307.4	286.68	256.09	263.52	295	468.5	529.6	555.725
					1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

C14	lechuga	0.8 8	0.09	2	42.3086 4	66.6 55	85.86 86	82.68 48	84.5 4	78.8 36	70.4 25	72.4 68	81.1 2	128. 8	145. 6	152.8 24
					1	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
C15	papa	0.7 7	0.09	1	18.5100 3	29.1 61	37.56 75	48.23 28	49.3 1	45.9 87	41.0 81	42.2 73	47.3 2	75.1 5	84.9 6	89.14 75
					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C16		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C17		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C18		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C19		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Densidad de cultivo				42												
año 1	Oferta mensual				4582.56 25	5822 .1	4029. 43	4406. 93	117 5	187. 74	78.7 31	248. 31	329. 1	20.1 9	14.1 3	559.1 94
	demanda total				721.303 55	1136 .4	1459. 5	1670. 23	170 8	1592 .5	1422 .6	1463 .8	163 9	260 2	294 2	3087. 04
	Diferencia				3861.25 895	4685 .7	2569. 93	2736. 71	-533 -1405	- 1405	- 1344	- 1216	- 1309	- 2582	- 2928	- 2527. 84
	Acumulado				3861.25 895	8547	11116 .9	13853 .6	133 21	1191 6	1057 2	9356 .7	804 7	546 5	253 7	9.334 87

$$\begin{aligned}
\text{Volumen mínimo de almacenamiento} &= \text{Acumulado mayor} - \text{Acumulado de último mes} \\
&= 13853.598 - 9.33487 \\
&= 13844.2631
\end{aligned}$$

	Balance con tanque mínimo de almacenamiento						
Volumen tanque			138 44				

Oferta	117 5	187. 74	78.7 31	248. 31	329. 1	20.1 9	14.1 3	559.1 94
Demanda	170 8	1592 .5	1422 .6	1463 .8	163 9	260 2	294 2	3087. 04
Volumen en balance	133 12	1190 7	1056 3	9347 .4	803 8	545 6	252 8	0

Fuente: IITAAC 2015

El ejemplo anterior muestra que con una huella de captación de 25 m² se puede mantener una densidad de 42 plantas. Esto se refiere que por cada mes se plantaran 42 plantas en el huerto dividiendo como corresponda por cultivo. Con un tanque de almacenamiento mínimo de 13,844 litros se podrá dar sustento a este huerto con esta densidad de plantas sin tener déficit hídrico. Este método hace uso de los calendarios de siembra para multiplicar las plantas de acuerdo al ciclo de vida y su demanda de agua.

Discusión general

El desarrollo de la investigación para desarrollar una propuesta metodológica que permita calcular y dimensionar sistemas de captación de agua de lluvia y huertos hortícolas urbanos para que puedan funcionar ininterrumpidamente a lo largo del año cubriendo y satisfaciendo, en equilibrio, la oferta y demanda hídrica de ambas aplicaciones, ha sido realizado acorde al método científico planteado al inicio de la investigación.

El proceso de desarrollo del planteamiento metodológico inició con un análisis cuantitativo y cualitativo de cinco metodologías de cálculo de sistemas de captación de agua de lluvia. Con la información recolectada sobre los métodos se identificaron los términos y variables que componen cada uno de ellos. Los criterios para conocer cuantitativamente cuál de los métodos es más eficiente fue a través de su aplicación en el caso de estudio generado en esta investigación: huerto doméstico recomendado para el estado de Jalisco. Las propuestas metodológicas toman las variables que mejores rendimientos otorgan al cálculo de sistemas. Se logró establecer un proceso sencillo para conocer el número de plantas que un sistema de captación de agua de lluvia puede sostener durante un año. Así como en las metodologías analizadas, la nueva propuesta busca el mejor rendimiento entre el balance hídrico oferta-demanda.

V. CONCLUSIONES

La propuesta metodológica es realizada a manera de modelo de utilidad de las metodologías analizadas. El aumento de términos en las fórmulas, el uso del sistema internacional de unidades, así como el uso de valores con alta probabilidad de incidencia, hacen de esta propuesta una forma más eficiente y realista para el cálculo y dimensionamiento de sistemas. El método se puede usar tanto para cálculo con valores de demanda exterior como interior. La probabilidad de déficit se reduce de un 50% a un 25%.

El método de dimensionamiento de huertos en base a la oferta de agua de lluvia representa una alternativa para cubrir parcial o totalmente las necesidades alimenticias hortícolas de los habitantes en área urbana. El método garantiza el sustento seguro y constante de agua para la producción de las especies vegetales que el horticultor asigne y delimite según el potencial de captación del sitio determinado. Además se garantiza usar el tanque mínimo necesario para reserva de agua durante los meses con menos precipitaciones. Esto impactará positivamente en la reducción y optimización de los costos de instalación de un sistema.

Los resultados de este análisis fortalecen las bases técnicas de la ciencia de la captación de agua de lluvia. El generar métodos de cálculo más especializados contribuye a reducir el riesgo de mal funcionamiento de los sistemas de captación de agua, esto impacta en la aceptación de esta tecnología como una fuente confiable de abastecimiento de agua.

VI. BIBLIOGRAFIA

CEMDA et.al. (2006). www.cemda.org.mx. Obtenido de www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/.../agua-mexico_001.pdf

Critchel y Siegert (1996). Captación y almacenamiento de agua de lluvia en(línea) disponible en <http://www10.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2013/11790.pdf>.

DefinicionABC . (s.f.). . Obtenido de ... via Definicion ABC <http://www.definicionabc.com/economia/autoconsumo.php>

Ecolify dictionary. (s.f.). Obtenido de <http://www.ecolife.com/define/urban-gardening.html>

Eugenio Gras 2009 Cosecha de agua y tierra diseño con permacultura México disponible en documento.

FAA y UNSE. (2003). Horticultura y olericultura.

FAO (2000) Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia

FAO. (14 de octubre de 2010). *Departamento de desarrollo economico y social*. . Obtenido de <http://www.fao.org/economic/es-policybriefs/briefs-detail/es/c/45120/>

Generacion Verde. (s.f.). *generacionverde*. Obtenido de <http://generacionverde.mx/2013/11/01/que-es-un-cultivo-organico/>

Gleason Espindola, J. A. (2014). *Sistemas de agua sustentables en la ciudades*. Guadalajara Jalisco Mexico: TRILLAS.

grupo Xaxeni. (s.f.). *www.cosechandonatural.com*. Obtenido de https://www.cosechandonatural.com.mx/que_es_un_cultivo_organico_articulo10.html

GTZ y Academia colombiana de ciencias exactas y físicas naturales. (1990). inventario preliminar de gases de efecto invernadero.

Gutiérrez Ginez . et. al (2015) Un paso hacia el futuro compartiendo un ciclo disponible en línea <http://solucionesparaelfuturo.com.mx/proyectos/034-07-D.pdf>

M. Alonso y A. Hernández (2011), Historia de los huertos urbanos en (línea) Madrid España disponible en http://oa.upm.es/12201/1/INVE_MEM_2011_96634.pdf.

Olmgren, D. (s.f.). *Esencia de la permacultura* . Obtenido de http://tierramor.org/PDF-Docs/EsenciaPC_EBook.pdf

UNATSABAR (2001) Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural, Guía de Diseño para Captación de aguas lluvias (en línea) Lima Perú disponible en <http://www.aguasinfronteras.org/PDF/AGUA%20DE%20LLUVIA.pdf>

ANEXOS

Anexo 1 Calendario de siembra de repollo

CALENDARIO DE SIEMBRA DE REPOLLO PARA UN AÑO												
ESPACIO DE SIEMBRA	MES DE SIEMBRA											
	ME S1	ME S2	ME S3	ME 4	ME S5	ME S6	ME S7	ME S8	ME S9	MES 10	MES 11	MES 12
EP1	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C
EP2		S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV
EP3			S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV
EP4				S	DC	DV	C	S	DV	DV	C	S
SEGUNDO CICLO												
EP1	RD C											
EP2	C	RD C										
EP3	DV	C	RD C									
EP4	DV	DV	C	RD C								

SIMBOLOGIA	
SIEMBRA	S
ROTACION DE CULTIVOS	RDC
DESARROLLO VEGETATIVO	DV
COSECHA	C
ESPACIO DE SIEMBRA	EP1, EP2, EP3.....

Anexo 2 Calendario de siembra de coliflor.

ESPACIO DE SIEMBRA	CALENDARIO DE SIEMBRA DE COLIFLOR PARA UN AÑO											
	MES DE SIEMBRA											
	ME S1	ME S2	ME S3	ME S4	ME S 5	ME S6	ME S7	ME S8	ME S9	MES 10	MES 11	MES 12
EP1	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C
EP2		S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV
EP3			S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV
EP4				S	DC	DV	C	S	DV	DV	C	S
SEGUNDO CICLO												
EP1	RD C											
EP2	C	RD C										
EP3	DV	C	RD C									
EP4	DV	DV	C	RD C								

SIMBOLOGIA	
SIEMBRA	S
ROTACION DE CULTIVOS	RDC
DESARROLLO VEGETATIVO	DV
COSECHA	C
ESPACIO DE SIEMBRA	EP1, EP2, EP3.... .

Anexo 3 Calendario de zanahoria

ESPACIO DE SIEMBRA	CALENDARIO DE SIEMBRA DE ZANAHORIA PARA UN AÑO											
	MES DE SIEMBRA											
	ME S1	ME S2	ME S3	ME S4	ME S5	ME S6	ME S7	ME S8	ME S9	ME S10	ME S11	ME S12
EP1	S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C
EP2		S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C	S	DV
EP3			S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C	S
	SEGUNDO CICLO											
EP1	RD C											
EP2	C	RD C										
EP3	DV	C	RD C									

SIMBOLOGIA	
SIEMBRA	S
DESARROLLO VEGETATIVO	DV
COSECHA	C
ESPACIO DE SIEMBRA	EP1, EP2, EP3...
ROTACION DE CULTIVO	RDC

Anexo 4 calendario de siembra de chile verde

CALENDARIO DE SIEMBRA DE CHILE VERDE PARA UN AÑO												
ESPACIO DE SIEMBRA	MES DE SIEMBRA											
	ME S1	ME S2	ME S3	MES 4	ME S5	ME S6	ME S7	ME S8	ME S9	MES 10	MES 11	MES 12
EP1	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C
EP2		S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV
EP3			S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV
EP4				S	DC	DV	C	S	DV	DV	C	S
SEGUNDO CICLO												
EP1	RD C											
EP2	C	RD C										
EP3	DV	C	RD C									
EP4	DV	DV	C	RDC								

SIMBOLOGIA	
SIEMBRA	S
ROTACION DE CULTIVOS	RDC
DESARROLLO VEGETATIVO	DV
COSECHA	C
ESPACIO DE SIEMBRA	EP1, EP2, EP3.....

Anexo 5 Calendario de siembra de chile jalapeño

	CALENDARIO DE SIEMBRA DE CHILE JALAPEÑO PARA UN AÑO											
ESPACIO DE SIEMBRA	MES DE SIEMBRA											
	ME S1	ME S2	ME S3	MES 4	ME S5	ME S6	ME S7	ME S8	ME S9	MES 10	MES 11	MES 12
EP1	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C
EP2		S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV
EP3			S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV
EP4				S	DC	DV	C	S	DV	DV	C	S
	SEGUNDO CICLO											
EP1	RD C											
EP2	C	RD C										
EP3	DV	C	RD C									
EP4	DV	DV	C	RDC								

SIMBOLOGIA	
SIEMBRA	S
ROTACION DE CULTIVOS	RDC
DESARROLLO VEGETATIVO	DV
COSECHA	C
ESPACIO DE SIEMBRA	EP1, EP2, EP3.....

Anexo 6 Calendario de siembra de chile serrano

CALENDARIO DE SIEMBRA DE CHILE SERRANO PARA UN AÑO												
ESPACIO DE SIEMBRA	MES DE SIEMBRA											
	ME S1	ME S2	ME S3	MES 4	ME S5	ME S6	ME S7	ME S8	ME S9	MES 10	MES 11	MES 12
EP1	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C
EP2		S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV
EP3			S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV
EP4				S	DC	DV	C	S	DV	DV	C	S
SEGUNDO CICLO												
EP1	RD C											
EP2	C	RD C										
EP3	DV	C	RD C									
EP4	DV	DV	C	RDC								

SIMBOLOGIA	
SIEMBRA	S
ROTACION DE CULTIVOS	RDC
DESARROLLO VEGETATIVO	DV
COSECHA	C
ESPACIO DE SIEMBRA	EP1, EP2, EP3.....

Anexo 7 Calendario de siembra de chile de árbol

CALENDARIO DE SIEMBRA DE CHILE ÁRBOL PARA UN AÑO												
ESPACIO DE SIEMBRA	MES DE SIEMBRA											
	ME S1	ME S2	ME S3	MES 4	ME S5	ME S6	ME S7	ME S8	ME S9	MES 10	MES 11	MES 12
EP1	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C
EP2		S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV
EP3			S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV
EP4				S	DC	DV	C	S	DV	DV	C	S
SEGUNDO CICLO												
EP1	RD C											
EP2	C	RD C										
EP3	DV	C	RD C									
EP4	DV	DV	C	RDC								

SIMBOLOGIA	
SIEMBRA	S
ROTACION DE CULTIVOS	RDC
DESARROLLO VEGETATIVO	DV
COSECHA	C
ESPACIO DE SIEMBRA	EP1, EP2, EP3.....

Anexo 8 Calendario de siembra de rabano

CALENDARIO DE SIEMBRA DE RABANO PARA UN AÑO EN MODELO DE HUERTO URBANO.												
ESPACIO DE SIEMBRA	MES DE SIEMBRA											
	ME S1	ME S2	ME S3	ME S4	ME S5	ME S6	ME S7	ME S8	ME S9	MES 10	MES 11	MES 12
EP1	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C
EP2		S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S
EP1	RD C											
EP2	C	RD C										

SIMBOLOGIA	
SIEMBRA	S
ROTACION DE CULTIVOS	RDC
DESARROLLO VEGETATIVO	DV
COSECHA	C
ESPACIO DE SIEMBRA	EP1, EP2, EP3.....

Anexo 9 Calendario de siembra de pepino

ESPACIO DE SIEMBRA	CALENDARIO DE SIEMBRA DE PEPINO PARA UN AÑO											
	MES DE SIEMBRA											
	ME S1	ME S2	ME S3	ME S4	ME S5	ME S6	ME S7	ME S8	ME S9	ME S10	ME S11	ME S12
EP1	S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C
EP2		S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C	S	DV
EP3			S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C	S
	SEGUNDO CICLO											
EP1	RD C											
EP2	C	RD C										
EP3	DV	C	RD C									

SIMBOLOGIA	
SIEMBRA	S
DESARROLLO VEGETATIVO	DV
COSECHA	C
ESPACIO DE SIEMBRA	EP1, EP2, EP3...
ROTACION DE CULTIVO	RDC

Anexo 10 Calendario de siembra de cebolla

CALENDARIO DE SIEMBRA DE CEBOLLA PARA UN AÑO												
ESPACIO DE SIEMBRA	MES DE SIEMBRA											
	ME S1	ME S2	ME S3	ME S4	ME S5	ME S6	ME S7	ME S8	ME S9	MES 10	MES 11	MES 12
EP1	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C
EP2		S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV
EP3			S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV
EP4				S	DC	DV	C	S	DV	DV	C	S
SEGUNDO CICLO												
EP1	RD C											
EP2	C	RD C										
EP3	DV	C	RD C									
EP4	DV	DV	C	RDC								

SIMBOLOGIA	
SIEMBRA	S
ROTACION DE CULTIVOS	RDC
DESARROLLO VEGETATIVO	DV
COSECHA	C
ESPACIO DE SIEMBRA	EP1, EP2, EP3.....

Anexo 11 Calendario de siembra de calabacita

ESPACIO DE SIEMBRA	CALENDARIO DE SIEMBRA DE CALABACITA PARA UN AÑO											
	MES DE SIEMBRA											
	ME S1	ME S2	ME S3	ME S4	ME S5	ME S6	ME S7	ME S8	ME S9	ME S10	ME S11	ME S12
EP1	S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C
EP2		S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C	S	DV
EP3			S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C	S
	SEGUNDO CICLO											
EP1	RD C											
EP2	C	RD C										
EP3	DV	C	RD C									

SIMBOLOGIA	
SIEMBRA	S
DESARROLLO VEGETATIVO	DV
COSECHA	C
ESPACIO DE SIEMBRA	EP1, EP2, EP3...
ROTACION DE CULTIVO	RDC

Anexo 12 Calendario se siembra de calabaza

ESPACIO DE SIEMBRA	CALENDARIO DE SIEMBRA DE CALABAZA PARA UN AÑO											
	MES DE SIEMBRA											
	ME S1	ME S2	ME S3	ME S4	ME S5	ME S6	ME S7	ME S8	ME S9	ME S10	ME S11	ME S12
EP1	S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C
EP2		S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C	S	DV
EP3			S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C	S
	SEGUNDO CICLO											
EP1	RD C											
EP2	C	RD C										
EP3	DV	C	RD C									

SIMBOLOGIA	
SIEMBRA	S
DESARROLLO VEGETATIVO	DV
COSECHA	C
ESPACIO DE SIEMBRA	EP1, EP2, EP3...
ROTACION DE CULTIVO	RDC

Anexo 13 Calendario de siembra de lechuga

ESPACIO DE SIEMBRA	CALENDARIO DE SIEMBRA DE LECHUGA PARA UN AÑO											
	MES DE SIEMBRA											
	ME S1	ME S2	ME S3	ME S4	ME S5	ME S6	ME S7	ME S8	ME S9	ME S10	ME S11	ME S12
EP1	S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C
EP2		S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C	S	DV
EP3			S	DV	C	S	DV	C	S	DV	C	S
	SEGUNDO CICLO											
EP1	RD C											
EP2	C	RD C										
EP3	DV	C	RD C									

SIMBOLOGIA	
SIEMBRA	S
DESARROLLO VEGETATIVO	DV
COSECHA	C
ESPACIO DE SIEMBRA	EP1, EP2, EP3...
ROTACION DE CULTIVO	RDC

Anexo 14 Calendario de siembra de papa

ESPACIO DE SIEMBRA	CALENDARIO DE SIEMBRA DE PAPA PARA UN AÑO											
	MES DE SIEMBRA											
	ME S1	ME S2	ME S3	MES 4	ME S5	ME S6	ME S7	ME S8	ME S9	MES 10	MES 11	MES 12
EP1	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV	C
EP2		S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV	DV
EP3			S	DV	DV	C	S	DV	DV	C	S	DV
EP4				S	DC	DV	C	S	DV	DV	C	S
	SEGUNDO CICLO											
EP1	RD C											
EP2	C	RD C										
EP3	DV	C	RD C									
EP4	DV	DV	C	RDC								

SIMBOLOGIA	
SIEMBRA	S
ROTACION DE CULTIVOS	RDC
DESARROLLO VEGETATIVO	DV
COSECHA	C
ESPACIO DE SIEMBRA	EP1, EP2, EP3.....



Anexo 15 Huerto doméstico con reciclaje



Anexo 16 Presentación SCALL en UNA



Anexo 17 Presentación SCALL en UNA