

TESIS PROFESIONAL

MANEJO SUSTENTABLE DEL RECURSO HÍDRICO EN LA ZONA AGRÍCOLA ACUITZIO - TIRIPETÍO, DEL ESTADO DE MICHOACÁN

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

P.I.C. JOSÉ ANTONIO HURTADO CALIX

ASESOR:

M.C. RICARDO RUIZ CHÁVEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

DICIEMBRE 2018

MORELIA MICH.



AGRADECIMIENTOS.

M.C. Ricardo Ruiz Chávez.

Por su gran energía y entusiasmo a la hora de emprender nuevos retos, por su lealtad y honestidad como ser humano, y por brindarme el apoyo incondicional y motivación para seguir emprendiendo cada día mis sueños, tanto en el ámbito personal como laboral.

M.C. Guillermo Benjamín Pérez Morales.

Por el apoyo y disposición con las revisiones a lo largo de la elaboración de mi tesis. La confianza y su grandeza como ser humano y profesor.

A mis amigos.

De fraternidad y lealtad a Eder A. Padilla, Martin Salto, Francisco R. Ayala, Pedro E. Acosta, Emilio A. Damas, Emmanuel Salinas, Fernando Peralta, Víctor M. Báez, Brenda L. Ayala, Carmen V. Ayala y a todos aquellos que han estado en mi formación académica y vida personal, que han sumado parte de sus experiencias para llegar a alcanzar esta primera meta.

A mi novia Cinthya García Pérez.

Por el apoyo y el amor incondicional que me ha brindado, por creer en mí, y hacerme saber que *“hay carretillas que solo hacen ruido y no llevan nada, más en cambio hay carretillas que no suenan y llevan muchas cosas cargadas”*. Y que puedo con todo lo que me proponga, ya que tengo esa capacidad y más para lograr grandes cosas, solo debo empezar y terminarlo.

DEDICATORIA.

A mi padre Arturo Hurtado Ayala.

Por enseñarme que lo que se obtiene en la vida es trabajando, con esfuerzo, dedicación y un gran corazón para llegar a obtener grandes resultados. Por el carácter que se debe de tener en la toma de decisiones, por la fuerza de salir a delante día a día, por eso. Y por mucho más, ya que siempre he de seguir aprendiendo de ti.

A mi madre Francisca Calix Páez.

Por el trabajo duro, incansable de cada día, por transmitirme el amor y la confianza de que en cada paso que daba, ellos estaban detrás de mí. Por enseñarme a ser constante y trabajar duro para obtener lo que se quiere. Por las noches de desvelo para poder seguir con mis estudios. Que al igual con mi padre me han brindado su amor, cariño y confianza todos los días.

A mi hermano Mario Arturo Hurtado Calix.

Por el ejemplo de seguir preparándome con mi formación académica, por su cariño, paciencia y amistad que me ha brindado, y por su aportación económica que me brindó a lo largo de mi carrera de Ingeniería Civil.

A mis abuelas Lucila Ayala Saucedo y Rosaura Páez Gómez.

Por su amor, bendiciones, cariño y apoyo que me han brindaron toda mi vida, por sus experiencias de vida aportadas a mis conocimientos y enseñarme que se debe trabajar duro para alcanzar las metas deseadas.

ÍNDICE.

RESUMEN.	1
ABSTRACT.	2
1. INTRODUCCIÓN.	3
2. OBJETIVO	4
2.1. OBJETIVO GENERAL.	4
2.2. OBJETIVOS PARTICULARES.....	4
3. ANTECEDENTES	5
3.1. HISTORIA.	5
3.2. UBICACIÓN DEL MUNICIPIO.	6
4. PROBLEMÁTICA EN LA ZONA AGRÍCOLA ACUITZIO - TIRIPETÍO.	9
5. MARCO FÍSICO.	10
5.1. LOCALIZACIÓN.....	10
5.2. TOPOGRAFÍA.....	12
5.3. HIDROGRAFÍA.	14
5.4. GEOLOGÍA.	16
5.5. EDAFOLOGÍA.....	18
5.6. USO DEL SUELO.	19
5.7. CLIMA.	21
6. DESARROLLO.	23
6.1. USO CONSUNTIVO.....	25
6.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN.	26
6.3. FACTORES QUE AFECTAN A LA ET.	27
6.4. MÉTODO DE BLANEY – CRIDDLE MODIFICADO.....	27
6.5. ESTADO ACTUAL DE LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS DE LA POBLACIÓN.	32
6.6. PROPUESTA DE DESARROLLO PARA LA ZONA AGRÍCOLA EN LA PRODUCCIÓN DE LOS DIVERSOS CULTIVOS PARA SU APROVECHAMIENTO.....	48
6.7. APROVECHAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL PARA EL USO AGRÍCOLA.	64
6.8. USO EN RIEGO AGRÍCOLA.	64

6.8.1. RIEGO NO RESTRINGIDO.....	64
6.8.2. RIEGO RESTRINGIDO.....	65
6.9. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES CONFORME A LA NORMATIVA VIGENTE NOM-001-SEMARNET-1996.....	65
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
8. BIBLIOGRAFÍA.....	70
WEBGRAFÍA.....	71
9. ANEXOS.....	73

RESUMEN.

El presente trabajo tiene como finalidad, elaborar un proyecto sustentable sobre el manejo del recurso hídrico en la zona agrícola ACUITZIO – TIRIPETÍO. La cual, amerite el aprovechamiento óptimo necesario para la producción de los cultivos dentro de las épocas de estiaje y de lluvias, y con este se tenga un crecimiento exponencial tanto en su producción, como en el empleo que se genere por trabajar estas tierras de manera más adecuada.

De igual manera, se pretende brindar recomendaciones de trabajo y operación para una mayor eficiencia en la producción; garantizando de un 90%, hasta un 99 % de su mejoría, en los sistemas locales convencionales, para su mejor manejo y operación; logrando así, reducir en gran medida los desperdiciados de agua por el uso de otros métodos menos eficientes.

La finalidad principal del presente trabajo, es lograr el aprovechamiento de la zona agrícola ACUITZIO – TIRIPETÍO, promoviendo que aumente la producción y el manejo más adecuado del agua, con las estrategias implementadas que se deriven del presente trabajo, ya sea con las rotaciones de los cultivos y el uso eficiente del agua.

Palabras clave: (sustentabilidad, riego, cultivo, producción, agua).

ABSTRACT.

The present work has as purpose, to elaborate a sustainable project on the management of the hydric resource in the agricultural zone ACUITZIO - TIRIPETÍO. Which, merits the optimum use necessary for the production of crops within the periods of low water and rain, and with this there is an exponential growth both in its production, and in the employment generated by working these lands in a way more appropriate

In the same way, it is intended to provide work and operation recommendations for greater efficiency in production; guaranteeing 90%, up to 99% of its improvement, in conventional local systems, for better management and operation; thus achieving, largely, reducing wasted water by the use of other less efficient methods.

The main purpose of this work is to achieve the use of the agricultural zone ACUITZIO - TIRIPETÍO, promoting increased production and better management of water, with the implemented strategies derived from this work, either with the rotations of the crops and the efficient use of water.

Keywords: (sustainability, irrigation, cultivation, production, water).

1. INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo contiene varias propuestas de desarrollo para la producción de los cultivos implementados en la ZONA AGRÍCOLA ACUITZIO – TIRIPETÍO, con el fin de aprovechar al máximo dicha zona productora, siendo fuente de economía para los pobladores del municipio de Acuitzio del Canje, Michoacán. Dichas propuestas consisten en la rotación de los diferentes cultivos y el cambio de conducción del agua por medio de los canales revestidos de concreto, tal como reutilizar el agua para uso agrícola en los cultivos que la norma especifique; ya que, al reutilizar el agua, esta contiene nutrientes que ayuda al desarrollo de los cultivos.

Como bien se sabe, la disponibilidad del agua es un tema que actualmente está en boga, ya que sabemos que el agua es fundamental para la vida del ser humano, por desgracia en estos tiempos se ha hecho un abuso de este recurso, sin observar que el porcentaje que se tiene actualmente es menor al que se contaba años pasados. Por esta razón es viable adaptar sistemas de aprovechamiento, que redunden en estrategias para reducir este consumo excesivo; de igual manera, analizar la posibilidad de utilizar las aguas tratadas que muchas de ellas están destinadas para el uso agrícola, riego de áreas verdes, entre otras más. Por eso, en el presente trabajo se hablará de algunos planes estratégicos para reducir este consumo y aprovecharlo sin generar un desperdicio.

Por lo tanto, la presente tesis brinda un plan que ayudará al municipio y a los cuerpos de agua presentes en dicha población, de tal manera que las autoridades del ayuntamiento pueden darles seguimiento a dichas propuestas establecidas en este trabajo y se traduzca en un beneficio económico, social y sustentable para la población y la región en sí.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar una propuesta de proyecto para la sustentabilidad del recurso hídrico dentro de la zona agrícola Acuitzio – Tiripetío, mediante la rotación de cultivos y manejo eficiente de los canales de suministro para disminuir los consumos de agua.

2.2. OBJETIVOS PARTICULARES.

Aprovechar el recurso hídrico necesario para la producción de los cultivos de la zona agrícola Acuitzio-Tiripetío.

Reducir el consumo innecesario de agua en los sistemas de riego para implementar la sustentabilidad para las generaciones futuras en visión del consumo humano y agrícola.

Implementar estrategias de manejo y operación del sistema de riego para el mejor desarrollo y producción de los cultivos.

Promover el reúso del agua tratada para la producción de los cultivos propuestos, verificando su calidad.

3. ANTECEDENTES

3.1. HISTORIA.

El municipio de Acuitzio del Canje tiene por toponimia, Acuitzio “Lugar de Culebras” la cual es la traducción de la lenga purépecha. Juan Alvarado lo denominó Pueblo prehispánico.

Antes del imperio purhépecha nos data la historia sobre los primeros asentamientos humanos, donde unas tribus de idioma náhuatl fueron la que fundaron probablemente dentro del siglo XII, un centro ceremonial cerca del actual Acuitzio, el cual fue denominado Coatepec. Es posible que los aztecas, al seguir su peregrinación hasta el lugar que les indicaran sus dioses, abandonaron este sitio. Es de suponer que Coatepec o Acuitzio, fue sometido por Hiquíngare, Irepan y Tanganxoan, en sus expediciones por Tiripetío y demás lugares cercanos. A raíz de la conquista, Acuitzio quedó dentro de la encomienda de Tiripetío, otorgada por Hernán Cortés a Juan Alvarado. La evangelización de los pueblos de la región, estuvo a cargo de los frailes Agustinos del convento de Tiripetío. Acuitzio conservó la advocación, conocida como San Nicolás.

En el año de 1632, se contaba con 20 familias indígenas y tenía un hospital sin renta fija. Los vecinos arrendaban tierras, donde sembraban:

- Trigo
- Maíz
- Frijol
- Avena
- Sorgo
- Janamargo (Chicharos)
- Garbanzo

y los productos los destinaban al sostenimiento del hospital.

En 1822, tenía 2,085 habitantes, quienes se dedicaban a la agricultura y la ganadería en sus tierras comunales y trabajaban como peones en las haciendas cercanas.

En los primeros años del México independiente, Acuitzio fue instituido como cabecera municipal y se instaló en Ayuntamiento.

Por decreto del 26 de abril de 1856, el Gobernador Don Miguel Silva Macías, lo elevó a la categoría de Municipio.

Durante la guerra de intervención francesa, en Acuitzio se llevó a cabo un canje (intercambio) de prisioneros de guerra, entre franceses y belgas por mexicanos (figura 3.1) por el General Vicente Riva Palacio. Durante esta acción, el 5 de diciembre de 1865, participó por el ejército republicano el teniente Linearte y por parte de las fuerzas intervencionistas, el capitán belga Visart de Bocarmé. El 16 de diciembre de 1901, por acuerdo del Congreso del Estado, se le otorgó a la cabecera municipal la denominación de “Acuitzio del Canje”, en conmemoración de aquel acontecimiento.



Fuente: INBA, 2018.

Figura 3.1.- Canje de prisioneros entre Belgas y Franceses.

3.2. UBICACIÓN DEL MUNICIPIO.

El Estado de Michoacán, junto con Colima, Jalisco y Nayarit, forman la Región denominada Centro Occidente; limitando al norte con Jalisco, Guanajuato y Querétaro; al este con Querétaro, México y Guerrero; al oeste con Jalisco y Colima y al sur con Guerrero y el Océano Pacífico. En cuanto a su extensión territorial, el área varía de acuerdo a la fuente: según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, tiene una superficie aproximada de 58,836 km² que equivale al 3.04% del total de la república y un perímetro aproximado de 3,777.8 km.; de acuerdo con las cartas municipales del Atlas Geográfico, la superficie es de

aproximadamente 60, 185.72 km² y, según la Dirección General de Estudios del Territorio Nacional, la extensión superficial estatal es de aproximadamente 59, 928 km² (figura 3.2). Por su dimensión ocupa el 16° sitio, entre las 32 entidades de la República Mexicana.

El municipio de Acuitzio se localiza en el centro del Estado de Michoacán y tiene una extensión aproximada de 106.06 km² y representa el 0.30 por ciento de la extensión total estatal. Se encuentra ubicado en la parte central del territorio michoacano (figura 3.3), colindando con los municipios de: Morelia al norte, Tacámbaro al sur, Madero al Oriente y Huiramba al Poniente. Los Municipios más cercanos e intercomunicados son Charo, Turicato, Nocupétaro, Ario de Rosales, Santa Clara, Pátzcuaro. Lagunillas y Quiroga. La cabecera municipal es Acuitzio del Canje; al municipio lo comunica la carretera federal No. 14 Morelia-Pátzcuaro con desviación al estatal número 53, en Tiripetío-Acuitzio-Villa Madero.



Fuente informativa: Periódico Oficia del Gobierno constitucional del estado de Michoacán de Ocampo 2016

Figura 3.2.- Ubicación geográfica de estado de Michoacan.



Fuente informativa: Periódico Oficia del Gobierno constitucional del estado de Michoacán de Ocampo 2016

Figura 3.3.- Ubicación geográfica de estado del municipio de Acuitzio del Cajé.

4. PROBLEMÁTICA EN LA ZONA AGRÍCOLA ACUITZIO - TIRIPETÍO.

El municipio de Acuitzio del canje se caracteriza por su agricultura para el sustento de su población ya que desde el año de 1632 donde se contaba con 20 familias indígenas arrendaban las tierras, donde las cuales sembraban Trigo, Maíz, Frijol, Avena, Sorgo y dichos productos los destinaban al sostenimiento del hospital.

En el año de 1822, ya cuando había un número mayor de habitantes y sus oficios eran destinados hacia la agricultura y ganadería hasta la fecha del día de hoy, pero con menor impacto.

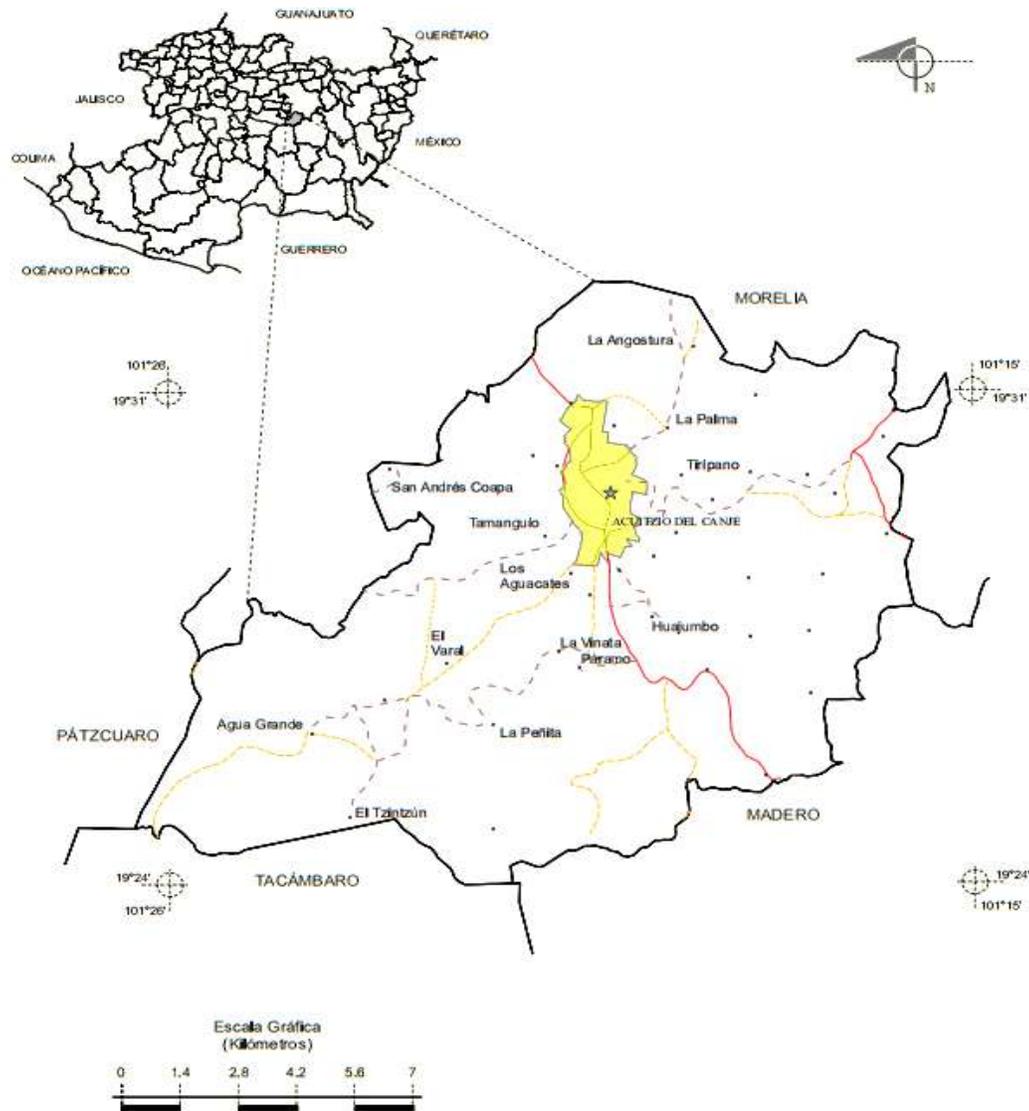
Alrededor del año 2015, en la zona de “Los Planes”, los cultivos mencionados anteriormente, fueron remplazados algunos de los sembradíos por fresas, y estos cambios de cultivo en la zona tuvieron un impacto económico en la población; desafortunadamente estas parcelas fueron arrendadas y después estos dejaron de producir el cultivo asignado.

De esta manera, nace la intención de proyectar un aprovechamiento para las tierras que se tienen, proyectando el sembrado de los distintos cultivos, pero con un enfoque de sustentabilidad en el recurso hídrico, el cual, garantice el crecimiento efectivo de cada una de las plantas a producir.

5. MARCO FÍSICO.

5.1. LOCALIZACIÓN.

El municipio de Acuitzio de canje está ubicado en el centro del Estado de Michoacán (figura 5.1), con las coordenadas de $19^{\circ}30'$ de latitud norte y en los $101^{\circ}20'$ de longitud oeste, con una altura de 2080 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte, este y oeste con la ciudad de Morelia; al este y sur con Villa Madero; al sur con Tacámbaro, y al suroeste, con Huiramba (figura 5.2). La distancia entre la capital del estado es de 35 Km.



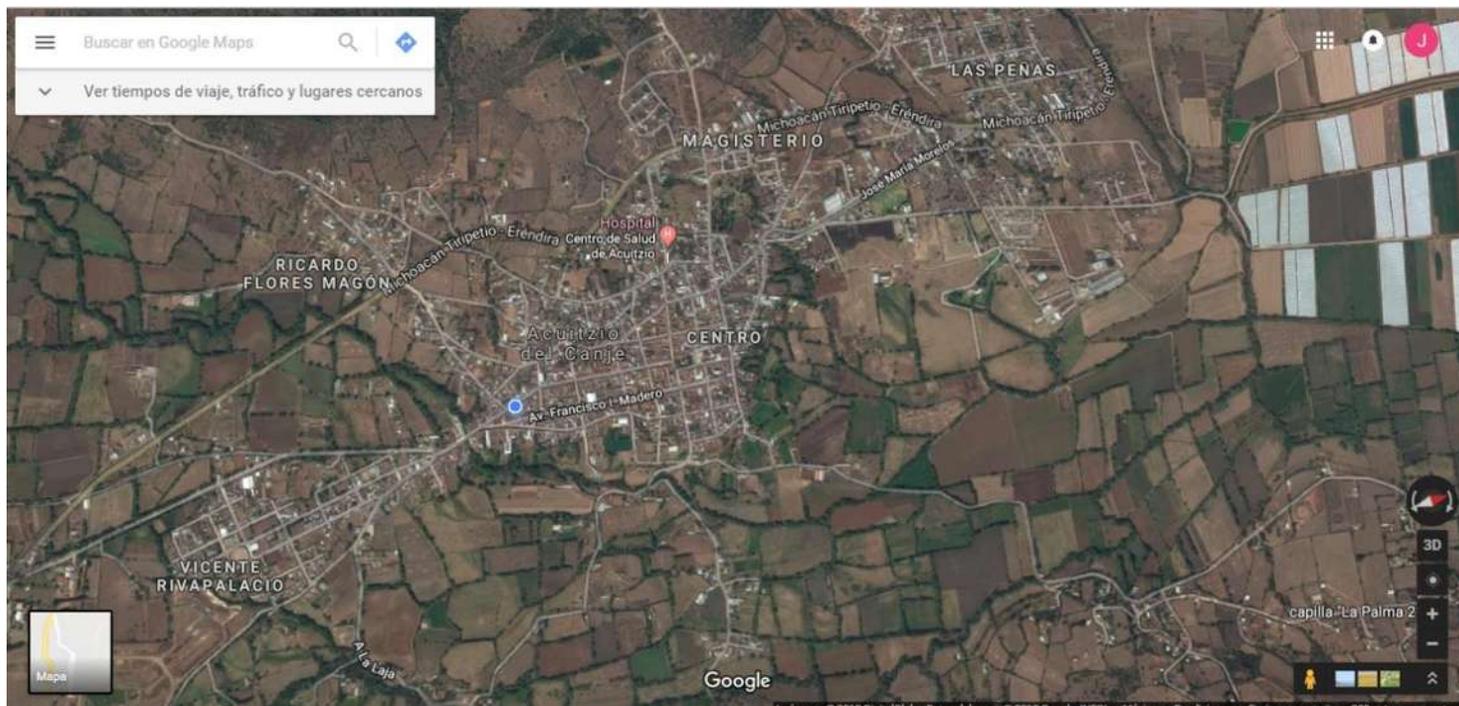
Fuente informativa: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal

Figura 5.1.- Ubicación geográfica de estado de Michoacán y municipio de Acuitzio del Cajé.



Fuente informativa: Google Earth 2018

Figura 5.2.- Macrolocalización.



Fuente informativa: Google Maps 2018

Figura 5.3.- Microlocalización.

En la figura 5.4 se muestra la zona agrícola Acuitzio – Tiripetío del Estado de Michoacán en la cual se propone dicha tesis para el manejo sustentable del recurso hidrico.



Fuente informativa: Google Maps.2018

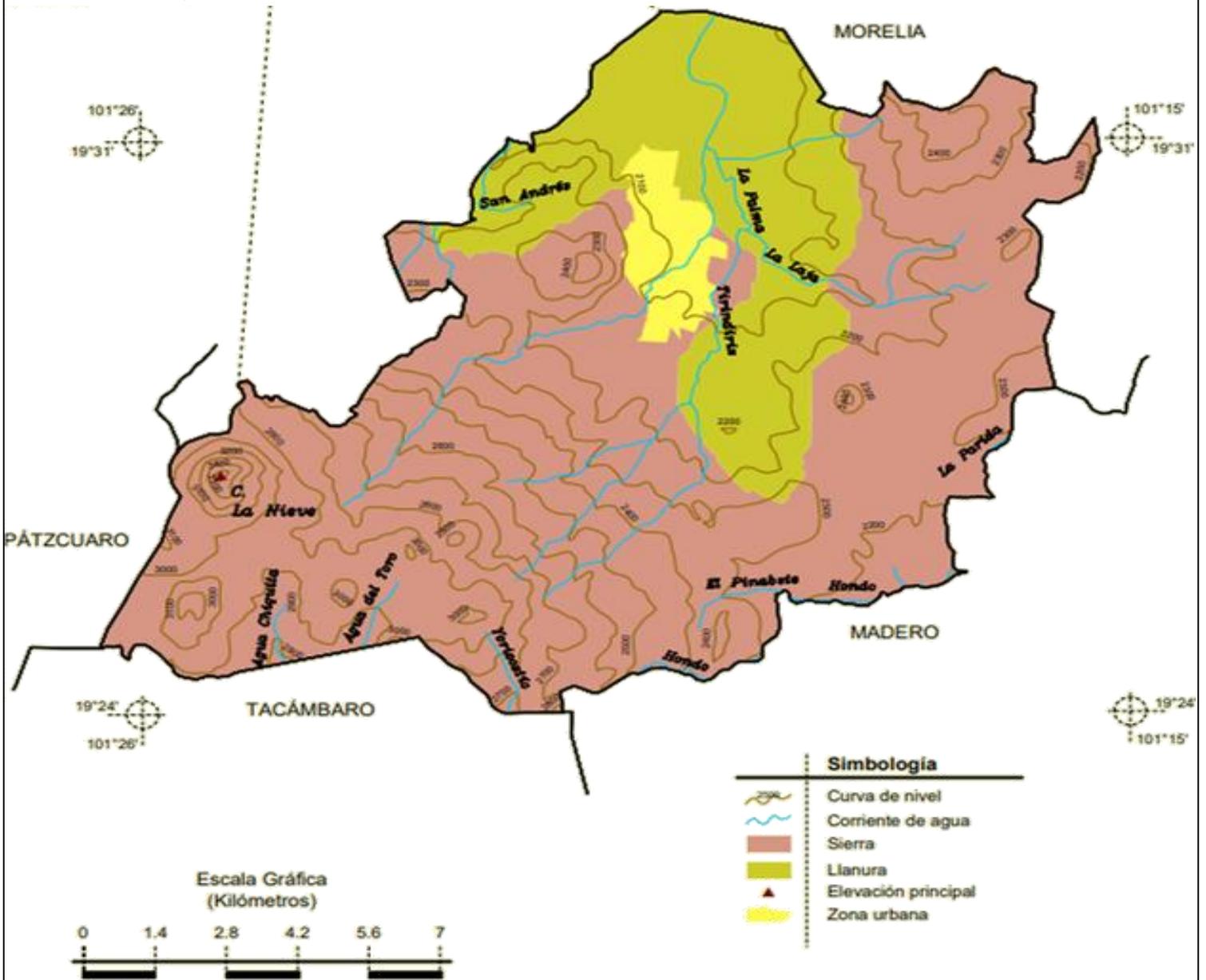
Figura 5.4.- Zona agrícola Acuitzio – Tiripetío.

5.2. TOPOGRAFÍA.

El municipio de Acuitzio del canje se encuentra topográficamente entre las curvas de nivel 2500 y 2100 msnm (figura 5.5.), se compone por un valle que está limitado al norte por el cerro del Águila e ingresa al territorio municipal por la parte centro norte; ya que en el valle se ubica la cabecera municipal y las demás localidades, como lo son: Cútzaro, Corralo, Huajumbo, La Campana y los Aguacates, con un rango de 2 a 15 % de pendientes.

El resto de la superficie municipal se compone por terrenos de montaña y lomerío, los cuales dan origen a los cerros que rodean a la cabecera como son: Cerro de la Nieve (3,420 msnm), La Alberca (3,060 msnm), La Trampa (3,040 msnm), La Calavera (3,020 msnm), La Peñita (3,020 msnm), El Pozole (2,500 msnm), El Zopilote (2,500 msnm), El Melón (2,480 msnm), Viejo (2,440 msnm), El Cocinero (2,340 msnm), y el Divisadero (2,280 msnm) siendo los cerros más importantes, y

como dato la comunidad del Tzintzún es la que se ubica más elevada con una cota de 2,800 msnm.



Fuente informativa: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.2009

Figura 5.5.- Topografía del municipio de Acuitzio del Canje.

5.3. HIDROGRAFÍA.

El Municipio de Acuitzio del Canje se encuentra dentro de dos regiones hidrológicas las cuales son: la del Lerma-Santiago (RH-12), Cuenca Lago de Pátzcuaro-Cuitzeo y Yuriria, Subcuenca Lago de Cuitzeo (78.02% del territorio municipal) y la del Balsas (RH-18), Cuenca Rio Tacámbaro, Subcuencas Rio Carácuaro (13.51%) y Rio Tacámbaro (8.47%).

Se tienen dos ríos que fluyen de sur a norte: La Palma y San Andrés, diversos arroyos: La Laja, Tirindiz, Hondo, Tirípano y El Pinabete (figura 5.6); así como un sinnúmero de escurrimientos intermitentes. En cuanto a aguas subterráneas la mayor parte del territorio municipal se asienta en material consolidado con posibilidades bajas, existiendo posibilidades medias al norte de Acuitzio del Canje y material no consolidado con posibilidades bajas al sur de la propia cabecera.

La zona de Acuitzio es privilegiada en cuanto a recursos hidrológicos, ya que existen ríos y un sinnúmero de arroyos, perennes e intermitentes y, sobre todo, manantiales que son los que constituye principalmente: Ojo de Agua Chiquito, Ojo de Agua Grande, La Palmita y La Alameda.

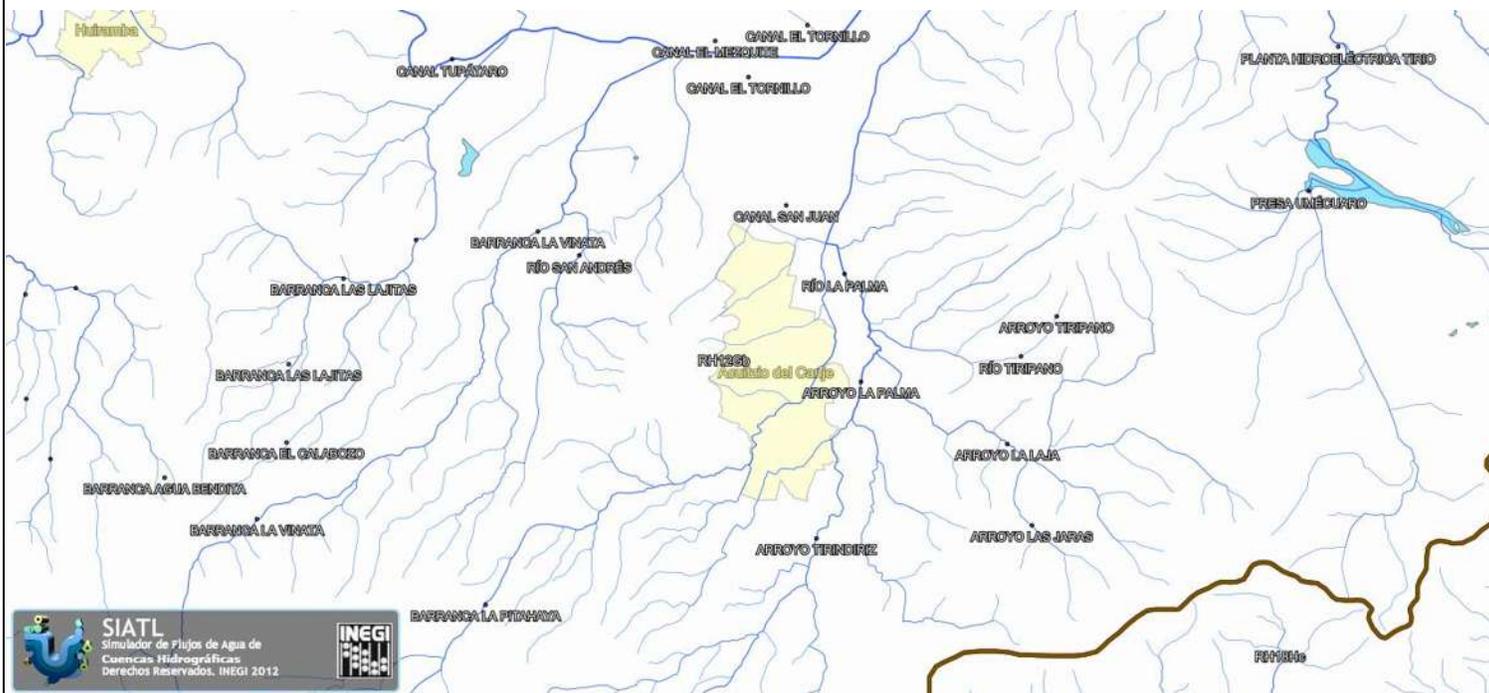
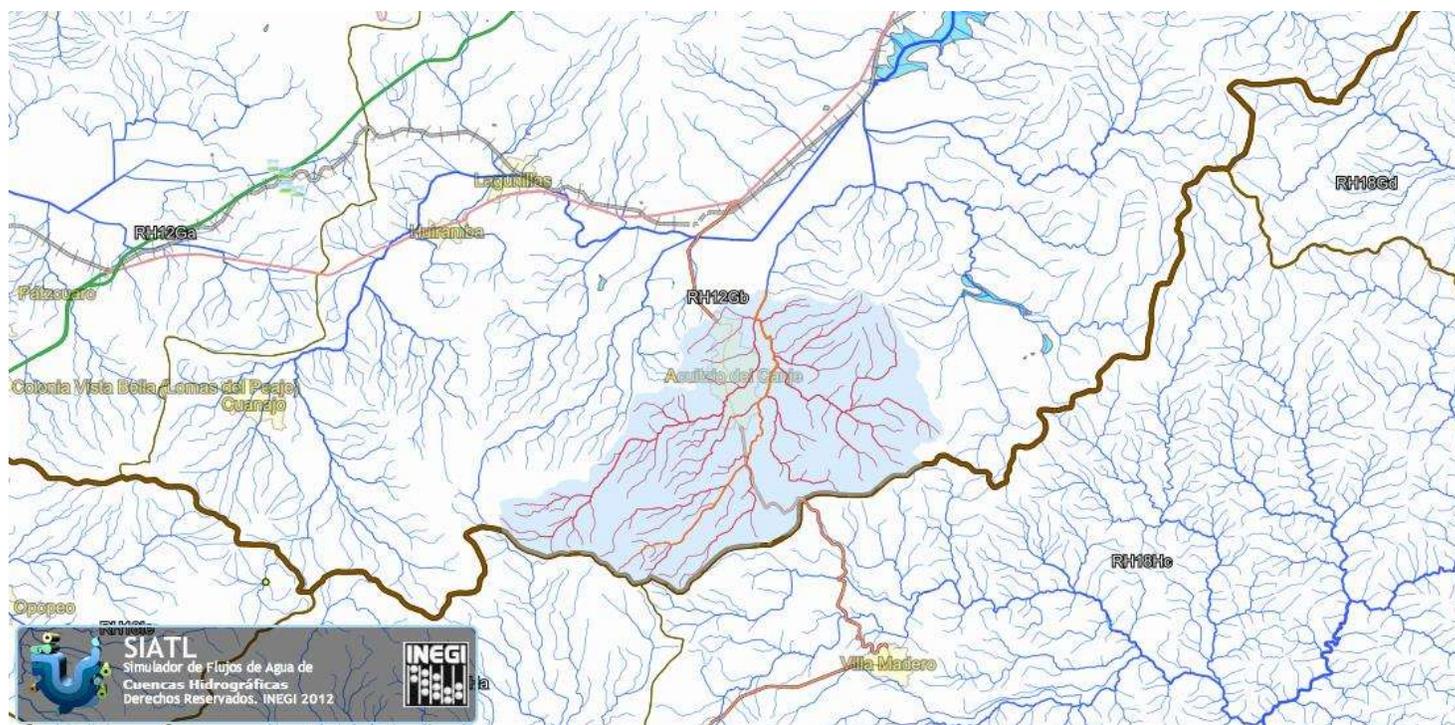


Figura 5.6.- Hidrografía del municipio de Acuitzio del Canje.

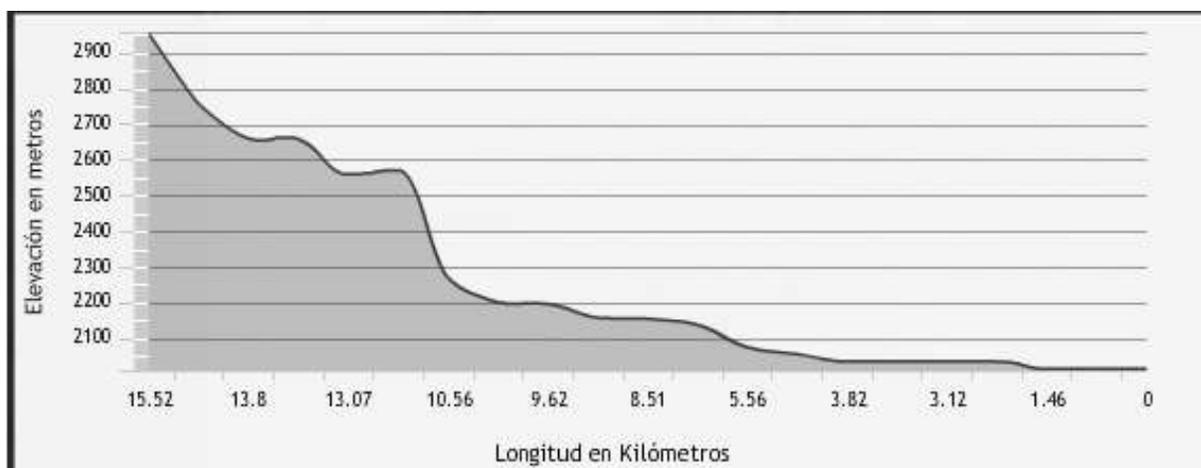
Además, se tiene como cuenca de aportación de aproximadamente un área de 135,493.17 Km² y un perímetro de 3,190.07 Km, tal como se muestra en la figura 5.7. El coeficiente de escurrimiento es del 10 al 20 %. Dicha cuenca, tiene el nombre de Lago de Pátzcuaro – Cuitzeo y Lago de Yuriria según la fuente de información del SIATL 2018.



Fuente informativa: SIATL (INEGI) 2018.

Figura 5.6.- Hidrografía del municipio de Acuitzio del Canje.

Como datos de dicha cuenca, se tiene un perfil de elevaciones del cauce principal con una elevación máxima de 2,955 m, una elevación media de 2,486 m, tal como se muestra en la figura 5.7; y una mínima de 2,017 m, con una longitud de 15,528 m y una pendiente media de 6.04%; su tiempo de concentración es de 94.30 minutos, su área drenada es de 104.63 km².



Fuente informativa: SIATL (INEGI) 2018.

Figura 5.7.- Perfil de elevaciones de la cuenca del municipio de Acuitzio del Canje.

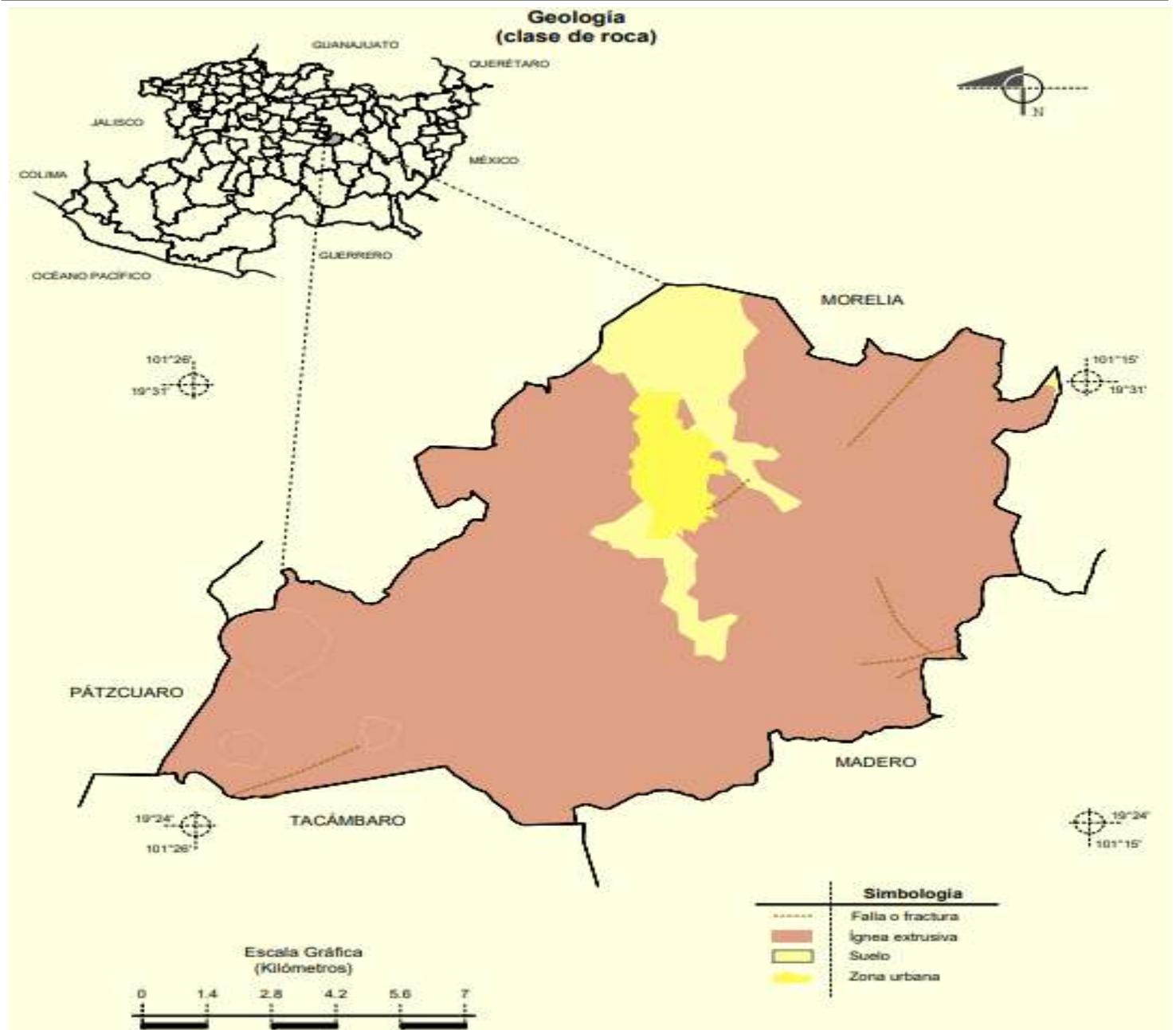
5.4. GEOLOGÍA.

El subsuelo en Acuitzio cuenta hacia el sur de la cabecera municipal dentro de las localidades de Los Aguacates y La Campana con un terreno de origen aluvial; prácticamente el resto del territorio es de origen basáltico, siendo sus características las siguientes: relieve tipo montaña, con espesor de capas de tipo masiva, fracturamiento intenso y permeabilidad alta y su edad geológica es del Cuaternario; debido al intemperismo, el basalto produce una arcilla de color café rojizo con material orgánico. También se localizan al suroeste del municipio cuatro áreas de Brecha volcánica (Bvb) que corresponden a macizos montañosos, principalmente el Cerro La Nieve. No se ubican fallas o fracturas que pudieran afectar a la mayor parte de las localidades, salvo la localizada cerca de Cútzaro y Páramo (figura 5.8); así como la de Rosa de Castilla. El subsuelo del ámbito de aplicación data del periodo Cuaternario, principalmente; compuesto por porcentajes aproximados como se ve en la tabla 5.1.

Tabla 5.1.- Tipo de roca.

ROCA	EDAD	% EN EL MUNICIPIO
Basalto (B)	Cuaternario	87.23
Aluvión (al) (suelo)	-	9.75
Brecha volcánica (Bvb)	Cuaternario	3.02
TOTAL		100

Fuente informativa: Estimaciones propias del INEGI 2018.



Fuente informativa: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos 2009

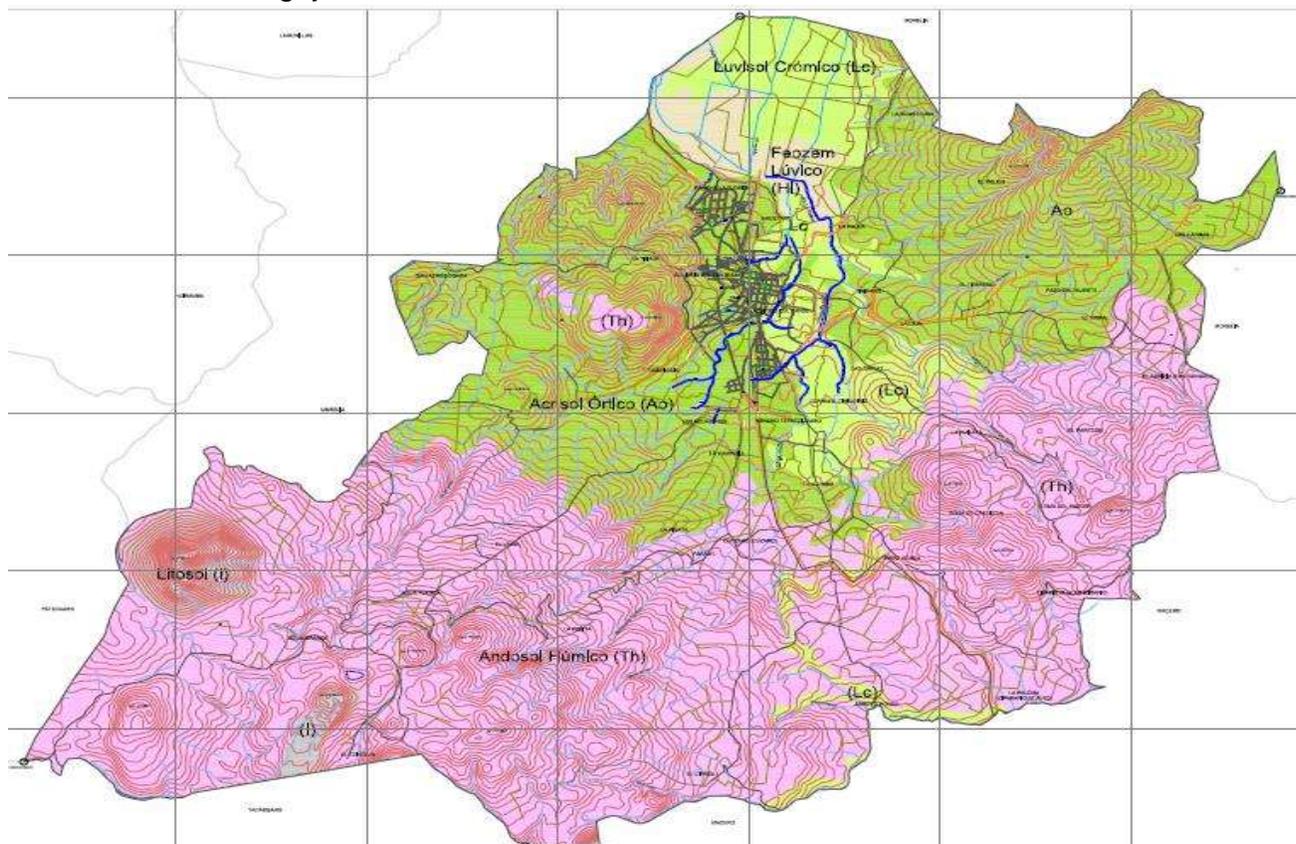
Figura 5.8.- Geología del municipio de Acuitzio del Canje.

5.5. EDAFOLOGÍA.

El suelo que se encuentra en el municipio se compone de cinco unidades: Acrisol órtico (Ao), Andosol húmico (Th), Luvisol crómico (Lc), Feozem lúvico (Hl) y Litosol (l) (figura 5.9), que, por su cercanía a localidades e importancia cuantitativa, se presentan sus características principales:

El Acrisol órtico (Ao) se presenta principalmente en la parte poniente y sur de la cabecera municipal, tiene un limitante de suelo mayor a un metro y espesor de 20 centímetros, textura fina, drenado y por su composición se considera un migajón arcilloso, sin representar problema para el desarrollo urbano.

El Andosol húmico (Th) se localiza en prácticamente la mitad del municipio, al sur del mismo, y corresponde a un suelo colapsable, por lo que se llegan a presentar asentamientos repentinos cuando se saturan de agua, ocasionando daños en edificaciones e infraestructura urbana; tiene un limitante de suelo mayor a un metro y espesor de 29 centímetros, textura media, muy drenado y por su composición se considera un migajón arenoso.



Fuente informativa: Conjunto de datos vectoriales, cartas E14A22, E14A23, E14A32 Y E14A33

Figura 5.9.- Geología del municipio de Acuitzio del Canje.

Los suelos se presentan casi en su totalidad hasta a una profundidad mayor a un metro, siendo su clasificación textural fina; compuesto por porcentajes aproximados tabla 5.2.

Tabla 5.2.- Tipo de suelo.

SUELO	COMPOSICIÓN %			% EN EL MUNICIPIO
	ARCILLA	LIMO	ARENA	
Andosol húmico (Th)	8	28	54	53.06
Acrisol órtico (Ao)	38	32	30	32.34
Luvisol crómico (Lc)	Sin datos analíticos			9.88
Litosol (l)	Sin datos analíticos			2.49
Feozem lúvico (Hl)	Sin datos analíticos			2.23
	TOTAL			100

Fuente informativa: Estimaciones propias del INEGI.

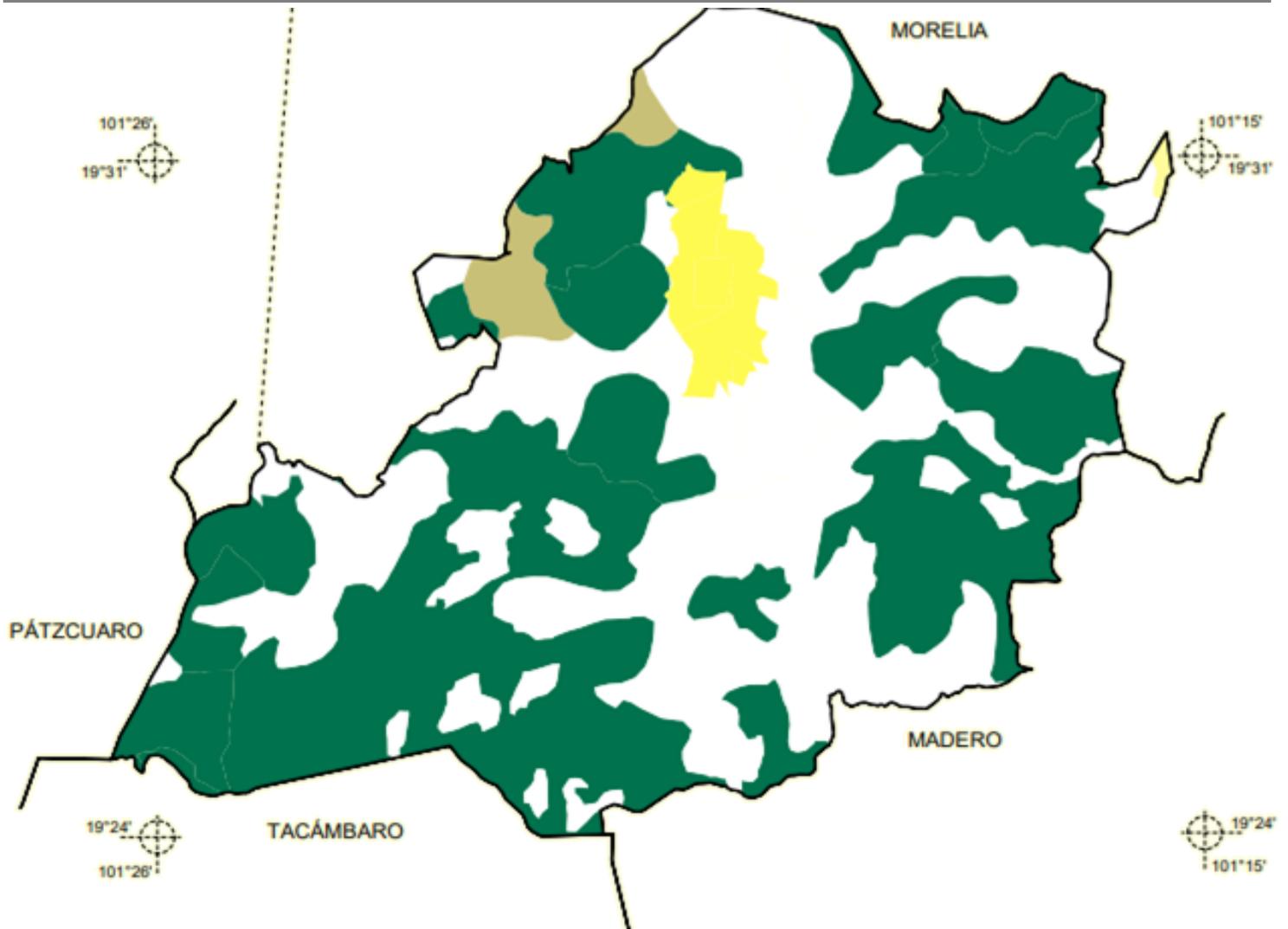
5.6. USO DEL SUELO.

En el municipio dominan los bosques: bosque mixto, pino, encino y cedro; bosque de coníferas, pino y oyamel (figura 5.10). Su fauna la conforman: tlacuache, liebre, ardilla, comadreja, armadillo, gato montés, tórtola, codorniz, cerceta, víbora de cascabel y pato. La superficie forestal maderable es ocupada por pinos y el colorín, y en el caso de la no maderable, por matorrales de distintas especies.

Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, cuaternario y plioceno, y corresponden principalmente a los del tipo podzólico; su uso es primordialmente agrícola y en menor proporción forestal y ganadero.

La fauna se compone principalmente de venado, cacomixtle, gato montés, ardilla, mapache y aves, como la cerceta, torcaza y el pato.

Simbología	
	Agricultura
	Pastizal
	Bosque
	No aplicable
	Zona urbana



Fuente informativa: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos 2009.

Figura 5.10 Uso del Suelo y Vegetación

5.7. CLIMA.

Su clima es templado con lluvias en verano, tiene una precipitación pluvial anual de 1,137.4 milímetros (figura 5.11) y temperaturas que oscilan de 4.0 a 34.2 grados centígrados y de acuerdo con el simulador SIATL del INEGI (figura 5.12) tenemos:

- Temperatura media anual: 16.6°C

Rasgo seleccionado: Clima de la Localidad Urbana	
Propiedad	Valor
Nombre	x41637569747a696f2064656c2043616e6a65
Clave de la Localidad	160010001
Clave climática	C(w2)(w)
Temp. Media Anual °C	16.6
Lluvia Media Anual mm.	1028

Fuente informativa: SIATL 2018

Figura 5.11.- Base de datos del INEGI con el SIATL.

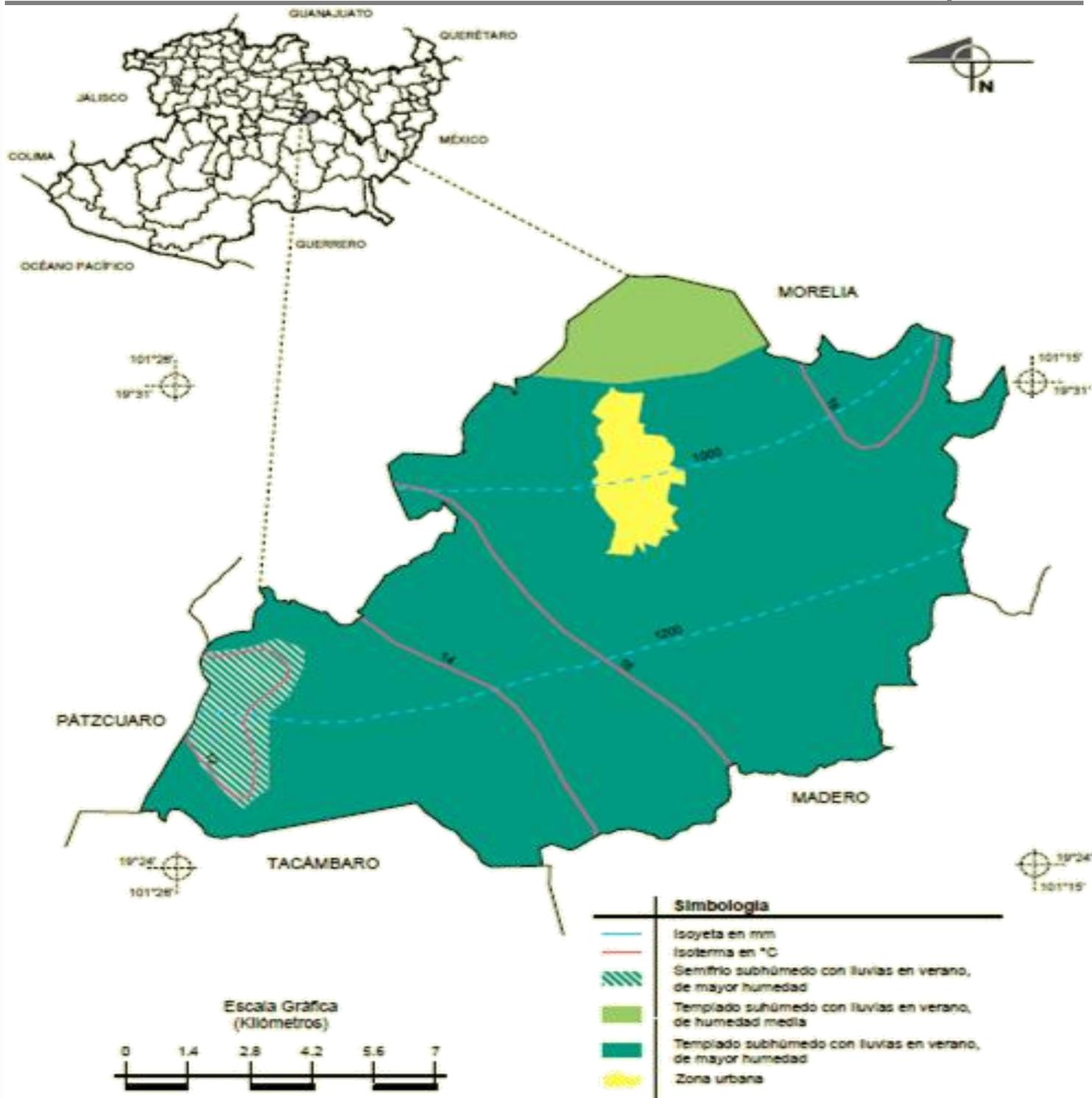
Y con la tabla 5.3 del manual de agua potable se considera el tipo de clima acorde a la temperatura media anual que nos proporciona el SIATL.

Tabla 5.3.- Clasificación del tipo de clima.

TEMPERATURA MEDIA ANUAL(°C)	TIPO DE CLIMA
Mayor de 22	Cálido
De 18 a 22	Semiárido
De 12 a 17.9	Templado
De 5 a 11.9	Semifrío
Menor a 5	Frio

Fuente informativa: Manual de agua potable, CONAGUA, 2007.

Ya que la temperatura es de 16° Centígrados y en base al manual de agua potable y la tabla con sus parámetros se puede decir que, el clima que predomina en el Municipio de Acuitzio del Canje es un clima templado.



Fuente informativa: Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos 2009.

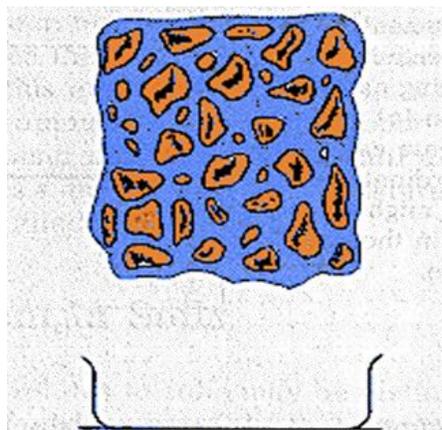
Figura 5.12.- Clima del municipio de Acuitzio del Canje.

6. DESARROLLO.

Para que el recurso hídrico en un sistema agrícola sea sustentable, se requiere tomar en cuenta las relaciones de planta, suelo y agua, para el desarrollo de los cultivos, como son los consumos de agua una planta para su crecimiento, a esto se le denomina como necesidades hídricas de los cultivos.

A esta necesidad se tiene que tomar en cuenta el agua disponible para el cultivo que va sujeto a los siguientes parámetros del suelo:

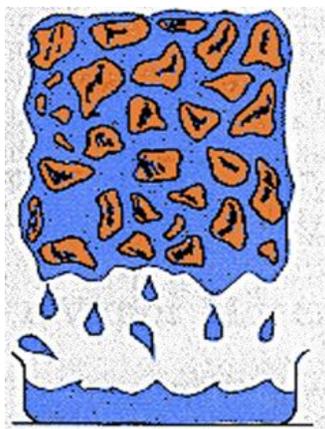
-Capacidad de campo: se entiende como el porcentaje de humedad que puede contener un suelo después de un riego. Esta condición se obtiene 2 días después del riego ya que, haya eliminado su exceso de agua por la acción de la gravedad, dependerá de la textura, grado de compactación y estructura del suelo (figura 6.1).



Fuente informativa: portalfruticola.com 2018.

Figura 6.1.- Capacidad de campo.

-Saturación: Cuando el suelo está seco además de las partículas que contiene, este presenta una gran cantidad de poros que están llenos de aire, cuando comienza a humedecerse todo el aire va siendo expulsado y el agua que va ingresando toma su lugar, hasta llegar a un punto en donde todos los poros están llenos y por acción de la gravedad comienza a escurrir libremente, es en ese instante cuando se dice que el suelo está saturado, y se expresa como el contenido de humedad que existe entre el suelo seco y el suelo saturado en % (figura 6.2).



Fuente informativa: portalfruticola.com 2018.

Figura 6.2.- Saturación.

-Porcentaje de marchitamiento permanente: Es cuando la planta no es capaz de seguir obteniendo humedad suficiente del suelo para hacer frente a sus necesidades hídricas.

En la tabla 6.1 se tiene los porcentajes de capacidad de campo y porcentajes de marchitamiento permanente de acuerdo a la textura del suelo.

Tabla 6.1.- Porcentajes de marchitamiento permanente (%P.M.P.) y capacidad de campo (%C.C.).

Textura	% C. C.	% P. M. P.
Arena	5 a 15	3 a 18
Migajones arenosos	10 a 20	6 a 12
Suelos francos	15 a 30	8 a 17
Migajones arcillosos	25 a 35	13 a 20
Arcillas	30 a 70	17 a 40

Fuente informativa: Apuntes de Obras Hidráulicas 2018.

-Humedad aprovechable: Se expresa como la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente donde es igual a tener un 100 % de humedad aprovechable y un 0% de marchitamiento. En otras palabras, es la lámina de agua máxima que se debe de aplicar para humedecer un suelo a una profundidad “z” sin que se desperdicie agua.

El suelo está compuesto por agua con un 25% de aproximación, el otro 25% corresponde a los vacíos que los ocupa el aire, un 5% de materia orgánica y el 45% restante de minerales de distintas características, las cuales llevan a producir nuestros alimentos.

En el año de 1977 la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) publicó en la serie de riego y drenaje No. 24 la denominación de las “Necesidades de los cultivos” como el enfoque de **Kc y ETo** donde los efectos del clima sobre los requerimientos de agua del cultivo vienen reflejados en la evapotranspiración del cultivo de referencia **ETo** y el efecto del cultivo se incorpora en el coeficiente de cultivo **Kc**.

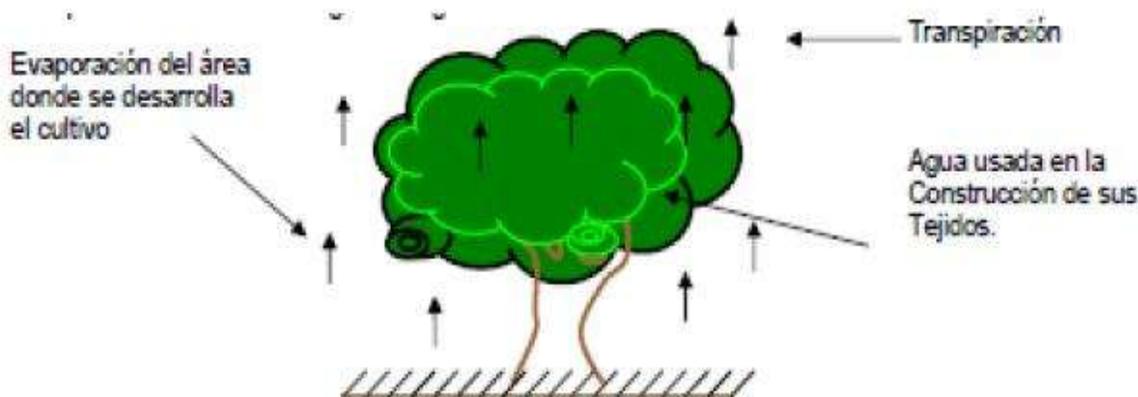
La Evapotranspiración Potencial (**ETP**) resulta del producto de **ETo** y **Kc**, también se conoce como la Evapotranspiración del cultivo y se denota como **ETc**, esto ayuda a definir el gasto que requiere determinada área cultivada en una misma zona, el cual se define como **Coficiente Unitario de Riego (C.U.R.)**, expresada en unidades de litros entre segundo y entre hectárea (**lt/s/ha**) lo cual quiere decir cuántos litros sobre segundo se necesitan para abastecer una hectárea de un determinado cultivo.

El conocimiento del C.U.R. es para calcular el gasto necesario para con ello diseñar los canales o tuberías que lleven el agua que requiere cada cultivo a dicha zona de producción.

6.1. USO CONSUNTIVO.

Por definición se tiene que el uso consuntivo es la cantidad de agua que requiere un cultivo para crecer, desarrollarse y producirse. Está constituido por el agua que transpiran las plantas a través de las hojas, el agua que se evapora directamente del suelo y el agua que constituye los tejidos de las plantas.

El uso consuntivo también se entiende como la cantidad de agua requerida por la planta para la formación de tejidos y el agua que transpira, más el agua evaporada en la superficie del suelo sobre la que se desarrolla a lo que se le denomina evapotranspiración potencial **ETP** (figura 6.3).



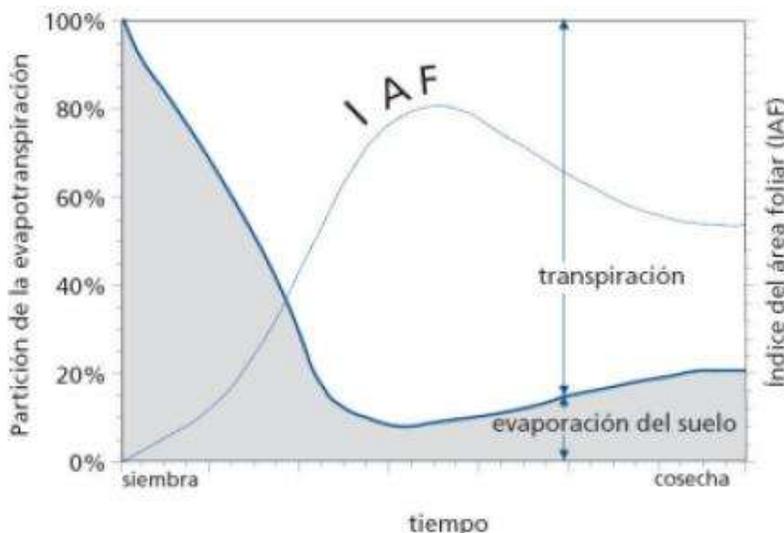
Fuente informativa: Apuntes de Obras Hidráulicas 2018.

Figura 6.3.- Uso consuntivo.

6.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN.

La evapotranspiración (**ET**) se expresa por lo regular en milímetros (mm) por unidad de tiempo. Esta unidad expresa la cantidad de agua perdida de una superficie cultivada en unidades de agua. La unidad de tiempo puede ser una hora, días, 10 días, mes o incluso un completo periodo de cultivo o un año.

Una representación gráfica de la variación de la transpiración de la planta y la evaporación del suelo, a lo largo del tiempo que dura el cultivo como se muestra en la figura 6.4.



Fuente informativa: Apuntes de Obras Hidráulicas

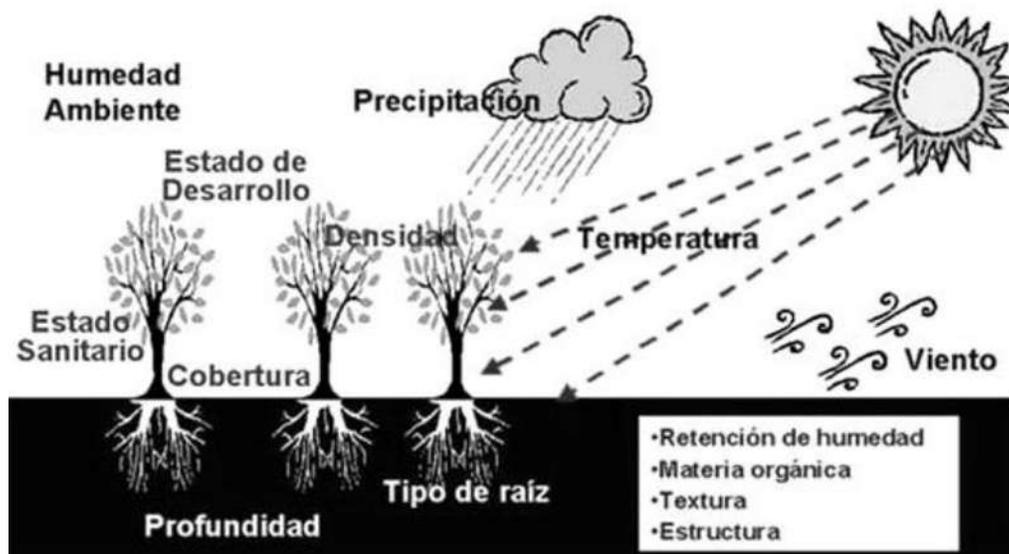
2018.

Figura 6.4. Importancia relativa de los dos componentes (E y T).

6.3. FACTORES QUE AFECTAN A LA ET.

- **Clima:** Temperatura, radiación solar, humedad relativa, viento, luminosidad duración de las etapas del crecimiento, latitud y precipitación.
- **Suelo:** Textura, estructura, profundidad del nivel freático, capacidad de retención de humedad, porosidad, infiltración.
- **Cultivo:** Especie, variedad, ciclo vegetativo, hábitos radiculares.
- **Agua:** Disponibilidad, practica de riego, capacidad de campo, etc.

Los que mayor afectan son la temperatura, la humedad, el viento, la altitud del lugar, luminosidad y el cultivo (figura 6.5).



Fuente informativa: Cátedra Climatología y Fenología Agrícolas 2018.

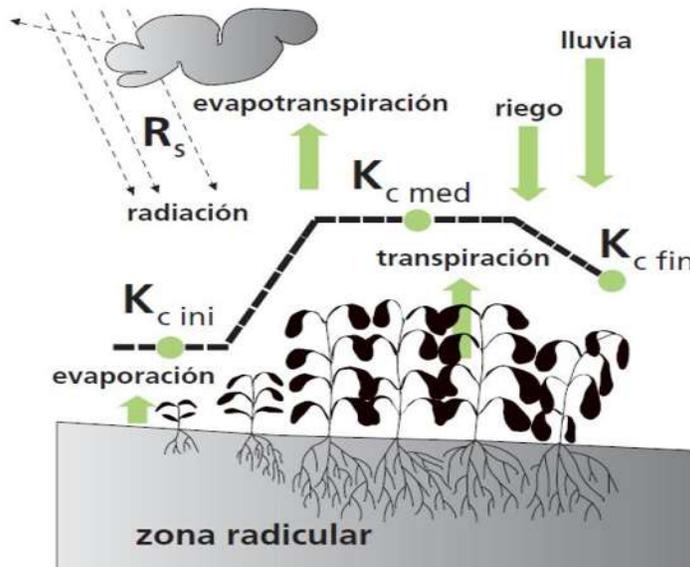
Figura 6.5. Interpretación de la Evapotranspiración.

6.4. MÉTODO DE BLANEY – CRIDDLE MODIFICADO.

Dado que la evapotranspiración potencial (**ETP**) es similar al uso consuntivo, es práctica común calcular la ETP y utilizarla para definir el C.U.R (figura 6.6).

Existen diversos métodos para determinar la ETP para este caso se hará con el método de Blaney – Criddle modificado (1977). Ya que se han realizado investigaciones por la Asociación Española de Ecología Terrestre para encontrar la

evapotranspiración en zonas de cultivo, como es la Evapotranspiración real, Evapotranspiración de referencia, etc., en las que se utilizan factores de corrección figura 6.7 y las cuales este método da resultados confiables y sobre todo en aquellas zonas que se carece de información a mayor detalle.



Fuente informativa: Apuntes de Obras Hidráulicas 2018.

Figura 6.6. Esquema de las variables que intervienen en el cálculo del Coeficiente Unitario de Riego (FAO).



Fuente informativa: Domingo F. Villagarcía L y Were- A. 2002.

Figura 6.7. Factores de corrección en el cálculo de la evapotranspiración.

Este método de Blaney – Criddle considera los siguientes elementos:

- Temperaturas medias mensuales
- Porcentaje medio mensual de horas de luz con respecto a la anual
- Factor del cultivo

Las fórmulas que proponen Joseph Blaney y Brian Criddle son:

$$ETP = K_g F$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial mensual expresada en cm.

K_g = Coeficiente global de desarrollo, que varía entre 0.5 y 1.2

F = Factor de temperatura

$$F = P \left(\frac{T + 17.8}{21.8} \right)$$

Siendo:

P = Porcentaje de horas de sol del mes con respecto al año.

T = Temperatura media mensual del aire en °C.

Como se puede apreciar se requiere de información climatológica de una o varias estaciones de medición cercanas a la zona de estudio, así como información de los tipos de cultivo que se pretenden desarrollar o los que ya existen en caso de sistemas de riego en producción.

Con la latitud de cada estación climatológica se determina el Porcentaje de horas de sol del mes con respecto al año (*P*) con la ayuda de la tabla 6.2 y en conjunto con la temperatura promedio se determina el factor de temperatura y luminosidad (*F*) y de conformidad con los valores consignados para el coeficiente global de desarrollo de cada cultivo de la tabla 6.3, consignando los valores máximos para los meses de mayor temperatura (abril a septiembre) y los valores mínimos para los demás meses, en aquellos casos en que existía un rango del coeficiente *K_g*.

Tabla 6.2.- Valores de Porcentajes de horas de sol del mes con respecto al año.

LATITUD NORTE (°)	MES											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0	8.5	7.66	8.49	8.21	8.5	8.22	8.5	8.49	8.21	8.5	8.22	8.5
5	8.32	7.57	8.47	8.29	8.65	8.41	8.67	8.6	8.23	8.42	8.07	8.3
10	8.13	7.47	8.45	8.37	8.81	8.6	8.86	8.71	8.25	8.34	7.91	8.1
15	7.94	7.36	8.43	8.44	8.98	8.8	9.05	8.83	8.28	8.2	7.75	7.88
16	7.93	7.35	8.44	8.46	9.07	8.83	9.07	8.85	8.27	8.24	7.72	7.83
17	7.86	7.32	8.43	8.48	9.04	8.87	9.11	8.87	8.27	8.22	7.69	7.8
18	7.83	7.3	8.42	8.5	9.09	8.92	9.16	8.9	8.27	8.21	7.66	7.74
19	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.2	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20	7.74	7.25	8.41	8.52	9.15	9	9.25	8.96	8.3	8.18	7.58	7.66
21	7.71	7.24	8.4	8.54	9.18	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62
22	7.66	7.21	8.4	8.56	9.22	9.09	9.33	9	8.3	8.13	7.5	7.55
23	7.62	7.19	8.4	8.57	9.24	9.12	9.35	9.02	8.3	8.11	7.47	7.5
24	7.58	7.17	8.4	8.6	9.3	9.2	9.41	9.05	8.31	8.09	7.43	7.46
25	7.53	7.14	8.39	8.61	9.33	9.23	9.45	9.09	8.32	8.09	7.4	7.42
26	7.49	7.12	8.4	8.64	9.38	9.3	9.49	9.1	8.31	8.06	7.36	7.31
27	7.43	7.09	8.38	8.65	9.4	9.32	9.52	9.13	8.32	8.03	7.36	7.31
28	7.4	7.07	8.39	8.68	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.27	7.27
29	7.35	7.04	8.37	8.7	9.49	9.43	9.61	9.19	8.32	8	7.24	7.2
30	7.3	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.33	7.99	7.19	7.15
31	7.25	7	8.36	8.73	9.57	9.54	9.72	9.24	8.33	7.95	7.15	7.09
32	7.2	6.97	8.37	8.76	9.62	9.59	9.77	9.27	8.34	7.95	7.11	7.05
33	7.15	6.94	8.36	8.78	9.68	9.65	9.82	9.31	8.35	7.94	7.07	6.98
34	7.1	6.91	8.36	8.8	9.72	9.7	9.88	9.33	8.36	7.9	7.02	6.92
35	7.05	6.88	8.35	8.83	9.77	9.76	9.94	9.37	8.37	7.88	6.97	6.85
36	6.99	6.85	8.35	8.85	9.82	9.82	9.09	9.4	8.37	7.85	6.92	6.79
38	6.87	6.79	8.34	8.9	9.92	9.95	10.1	9.47	8.38	7.8	6.82	6.66
40	6.76	6.72	8.33	8.95	10.02	10.08	10.22	9.54	8.39	7.75	6.72	7.52
42	6.63	6.65	8.31	9	10.14	10.22	10.35	9.62	8.4	7.69	6.62	6.37
44	6.49	6.58	8.3	9.06	10.26	10.38	10.49	9.7	8.41	7.63	6.49	6.21
46	6.34	6.5	8.29	9.12	10.39	10.54	10.64	9.79	8.42	7.57	6.36	6.04
48	6.17	6.41	8.27	9.18	10.53	10.71	10.8	9.89	8.44	7.51	6.23	5.86
50	5.98	6.3	8.24	9.24	10.68	10.91	10.9	10	8.46	7.45	6.1	5.65
52	5.77	6.19	8.21	9.29	10.85	11.13	11.2	10.12	8.49	7.39	5.93	5.43
54	5.55	6.08	8.18	9.36	11.03	11.38	11.43	10.26	8.51	7.3	5.74	5.18
56	5.3	5.95	8.15	9.45	11.22	11.67	11.69	10.4	8.52	7.21	5.54	4.89
58	5.01	5.81	8.12	9.55	11.46	12	11.98	10.55	8.51	7.1	4.31	4.56
60	4.67	5.65	8.08	9.65	11.74	12.39	12.31	10.7	8.51	6.98	5.04	4.22

Fuente informativa: Apuntes de Obras Hidráulicas 2018.

Tabla 6.3.- Valores de Coeficiente global de desarrollo "K_g".

Cultivo	Ciclo Vegetativo	Coeficiente global (K _g)
Aguacate	Perene	0.50 - 0.55
Ajonjolí	3 a 4 meses	0.80
Alfalfa	Entre Heladas	0.80 - 0.85
	En invierno	0.60
Algodón	6 a 7 meses	0.60 - 0.65
Arroz	3 a 5 meses	1.00 - 1.20
Cacahuate	5 meses	0.60 - 0.65
Cacao	Perene	0.75 - 0.80
Café	Perene	0.75 - 0.80
Camote	5 a 6 meses	0.60
Caña de Azúcar	Perene	0.75 - 0.90
Cártamo	5 a 8 meses	0.55 - 0.65
Cereales de grano pequeño (alpiste, avena, cebada, centeno, trigo)	3 a 6 meses	0.75 - 0.85
Cítricos	7 a 8 meses	0.50 - 0.65
Chile	3 a 4 meses	0.60
Esparrago	6 a 7 meses	0.60
Fresa	Perene	0.45 - 0.60
Frijol	3 a 4 meses	0.60 - 0.70
Frutales de hueso y pepita (hoja Caduca)	Entre Heladas	0.60 - 0.70
Garbanzo	4 a 5 meses	0.60 - 0.70
Girasol	4 meses	0.50 - 0.65
Gladiola	3 a 4 meses	0.60
Haba	4 a 5 meses	0.60 - 0.70
Hortalizas	2 a 4 meses	0.60
Jitomate	4 meses	0.70
Lechucda y col	3 meses	0.70
Lenteja	4 meses	0.60 - 0.70
Maíz	4 meses	0.60 - 0.70
Maíz	4 a 7 meses	0.75 - 0.85
Mango	Perene	0.75 - 0.80
Melón	3 a 4 meses	0.60
Nogal	Entre Heladas	0.70
Papa	3 a 5 meses	0.65 - 0.75
Palma datilera	Perene	0.65 - 0.80
Palma cocotera	Perene	0.80 - 0.90
Papaya	Perene	0.60 - 0.80
Plátano	Perene	0.80 - 1.00
Pastos de gramíneas	Perene	0.75
Pepino	3 meses	0.40 - 1.00
Remolacha	6 meses	0.65 - 0.75
Sandía	3 a 4 meses	0.60
Sorgo	3 a 5 meses	0.70
Soya	3 a 5 meses	0.60 - 0.70
Tabaco	4 a 5 meses	0.70 - 0.80
Tomate	4 a 5 meses	0.70 - 0.80
Zanahoria	2 a 4 meses	0.60

Fuente informativa: Apuntes de Obras Hidráulicas 2018.

6.5 ESTADO ACTUAL DE LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS DE LA POBLACIÓN.

Los pobladores de Acuitzio del Canje actualmente utilizan la zona agrícola “Los Planes” (figura 6.8) para sembrar los diversos cultivos como son:

- Maíz
- Fresa
- Garbanzo
- Janamargo
- Avena
- Frijol
- Sorgo
- Trigo
- Cebadas
- Tomate
- Trigo



Fuente informativa: Google Maps.2018

Figura 6.8.- Zona agrícola “Los Planes”.

Los cuales dichos cultivos se utilizan para consumo propio, para alimento de ganado y para generar semillas para volver a cultivar, de tal manera que al sembrar no sea un gasto sino una inversión para poder generar más dinero o sustento alimenticio.

Hoy en día los cultivos se han modificado, donde el 36.2 % de la zona agrícola es productora de plantíos de fresa y el restante es para los demás cultivos, esto ha modificado el Coeficiente Unitario de Riego (C.U.R.). de tal manera que es necesario hacer el siguiente análisis por el método de Blaney – Criddle.

Con base en los datos proporcionados por los ejidatarios del municipio de Acuitzio del Canje, dedicados a la cosecha de la Zona agrícola “Los Planes”, se tiene que, existen tres formas de sembrar un cultivo: para consumo humano, forraje para el ganado y para semilla; dichas formas dependen de los fines a los cuales se deseen obtener, por lo cual, se divide el cultivo y se hace un análisis por separado para su respectivo consumo en su ciclo vegetativo.

Para este caso se desea calcular el C.U.R. actual, con los cultivos del Maíz tanto como para consumo como para forraje, el Garbanzo, Janamargo, la Avena para consumo y para semilla, el Sorgo para silo y grano, trigo y fresa (tabla 6.4). en la zona de cultivo Acuitzio – Tiripetío.

Tabla 6.4.- Datos del Cultivo.

Cultivo	Ciclo vegetativo (Días)		Fechas de siembra		Superficie de riego (ha)	
	1er Ciclo	2do Ciclos	1er Ciclo	2do Ciclos	1er Ciclo	2do Ciclos
Maíz para consumo	90	120	20 Jun al 20 Sep	30 Mar al 30 Jul	21.335	54.739
Maíz para forraje	165		15 Jun al 1 Dic		26.938	
Garbanzo	90		20 Oct al 20 Ene		2.155	
Janamargo	90		20 Oct al 20 Ene		4.310	
Avena para consumo	120		1 Dic al 1 Abril		4.310	
Avena para semilla	150		15 Dic al 15 Mayo		2.155	
Frijol	150		15 Jun al 15 Nov		1.078	
Sorgo para silo	90		30 Abr al 30 Jul		2.155	
Sorgo para grano	180		30 Abr al 30 Octub		1.078	
Trigo	150		15 Dic al 15 May		1.078	
Cebadas de riego	150		1 Dic a 1 Mayo		1.078	
Tomate	60		15 Abr al 15 Jun		1.078	
Fresa	perene		1 Ene al 31 Dic		39.007	

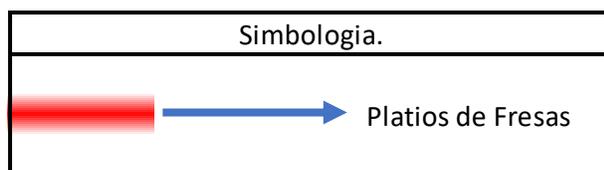
Para la superficie de áreas cultivadas, se hizo la consideración de contemplar que históricamente la zona agrícola se ha visto, que no todo el tiempo se cultiva lo mismo, es por la falta de datos, que se hace dicha consideración; donde por medio de un sistema satelital y un software de medición, se hace un conteo de las parcelas por hectárea, con la ayuda de las imágenes satelitales, se permitió ver que plantíos son, y tomar en cuenta esos cultivos. Por ejemplo, se puede cuantificar los sembradíos de fresas que se observan en la figura 6.8 y se aprecia en la siguiente tabla 6.5.

Tabla 6.5.- Medidas de las zonas de Cultivo.

Zonas de Cultivo	a	b	c
1	28345.53 m ²	26680.22 m ²	30443.70 m ²
2	27721.66 m ²	22263.86 m ²	25770.63 m ²
3	29634.35 m ²	24400.63 m ²	25316.30 m ²
4	29551.88 m ²	27446.54 m ²	25251.90 m ²
5	27136.18 m ²	26841.17 m ²	25664.44 m ²
6	52431.04 m ²	24134.97 m ²	24671.96 m ²
7	61539.10 m ²	54433.53 m ²	26688.28 m ²
8	26115.34 m ²	26013.10 m ²	24025.61 m ²
9	27009.41 m ²	26013.60 m ²	26886.33 m ²
10	57205.29 m ²	27596.97 m ²	21914.84 m ²
11	24592.15 m ²	38351.03 m ²	18619.77 m ²
12	30503.42 m ²	40113.53 m ²	16210.53 m ²

Total Cultivo por Zona	421785.35 m ²	364289.15 m ²	291464.29 m ²
------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Total de la Zona de cultivo	1077538.79 m ²	107.7539 ha
-----------------------------	---------------------------	-------------



Fresa cultivada	a	b	c	Total
	114790.62 m ²	125933.32 m ²	149378.78 m ²	390102.72 m ²

Ya obtenido los cultivos que están definidos, como es el caso de la fresa que corresponde a un 36.2% de la zona agrícola, se procede hacer una valorización en porcentaje de los cultivos, de acuerdo a lo que más se siembra por los agricultores del municipio.

Tabla 6.5,1.- Medidas de las zonas de Cultivo.

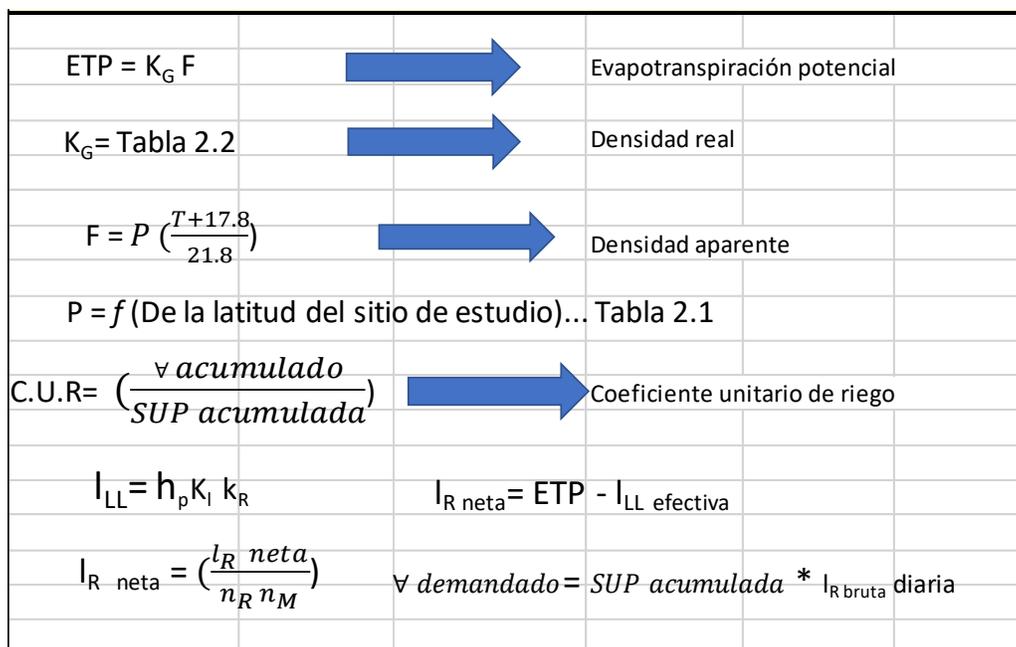
Actual Zona Agrícola.			
Maíz para consumo	19.80%	213352.68 m ²	21.335 ha
Maíz para forraje	25%	269384.70 m ²	26.938 ha
Garbanzo	2%	21550.78 m ²	2.155 ha
Janamargo	4%	43101.55 m ²	4.310 ha
Avena para consumo	4%	43101.55 m ²	4.310 ha
Avena para semilla	2%	21550.78 m ²	2.155 ha
Frijol	1%	10775.39 m ²	1.078 ha
Sorgo para silo	2%	21550.78 m ²	2.155 ha
Sorgo para grano	1%	10775.39 m ²	1.078 ha
Trigo	1%	10775.39 m ²	1.078 ha
Cebadas de riego	1%	10775.39 m ²	1.078 ha
Tomate	1%	10775.39 m ²	1.078 ha
Fresa	36.20%	390069.04 m ²	39.007 ha

La información climatológica (tabla 6.6) se obtuvo de la estación Acuitzio del Canje que se ubica dentro del municipio, con coordenadas: latitud N 19.4988888889 y longitud W -101.3388888889; teniendo la siguiente información:

Tabla 6.6.- Información Climatológica.

Mes	T media (°C)	hp media (mm)
Enero	13.561	15.707
Febrero	14.448	6.751
Marzo	16.521	9.773
Abril	18.680	10.642
Mayo	20.002	44.635
Junio	19.447	109.784
Julio	18.505	136.658
Agosto	18.586	123.004
Septiembre	18.282	142.116
Octubre	17.441	50.840
Noviembre	15.348	20.035
Diciembre	13.710	5.261

Para poder calcular el C.U.R. por el método de Blaney – Criddle se recurren a las fórmulas:



Fuente Informativa: Apuntes de Obras Hidráulicas 2018.

Con la información climatológica, se obtiene el porcentaje de horas de sol mensual, que resulta de los datos obtenidos de la estación del sitio analizar (tabla 6.7).

Tabla 6.7.- Porcentaje de horas de sol mensual.

Tabla 2.1. Valores de porcentaje de horas de sol del mes con respecto al año												
		MES										
LATITUD NORTE (°)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
19	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.2	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20	7.74	7.25	8.41	8.52	9.15	9	9.25	8.96	8.3	8.18	7.58	7.66

Mes	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	7.765	7.265	8.410	8.515	9.130	8.985	9.225	8.940	8.290	8.185	7.605	7.685
F	11.171	10.747	13.240	14.249	15.831	15.352	15.363	14.922	13.721	13.232	11.564	11.108

Una vez obtenido el factor de temperatura y luminosidad se procede a calcular el coeficiente de desarrollo de acuerdo a la tabla 6.8.

Tabla 6.8.- Coeficiente de desarrollo.

Cultivo	Ciclo vegetativo	Coeficiente global (K_G)	Épocas Frio	Épocas Calor
Maíz para consumo	4 a 7 meses	0.75 - 0.85	0.750	0.850
Maíz para forraje	4 a 7 meses	0.75 - 0.85	0.75	0.85
Garbanzo	4 a 5 meses	0.60 - 0.70	0.600	0.700
Janamargo	4 a 5 meses	0.60 - 0.70	0.600	0.700
Avena para consumo	3 a 6 meses	0.75 - 0.85	0.750	0.850
Avena para semilla	3 a 6 meses	0.75 - 0.85	0.750	0.850
Frijol	3 a 4 meses	0.60 - 0.70	0.600	0.700
Sorgo para silo	3 a 5 meses	0.7	0.700	0.700
Sorgo para grano	3 a 5 meses	0.70	0.7	0.7
Trigo	3 a 6 meses	0.75 - 0.85	0.75	0.85
Cebadas de riego	3 a 6 meses	0.75 - 0.85	0.75	0.85
Tomate	4 a 5 meses	0.70 - 0.80	0.7	0.8
Fresa	Perene	0.45 - 0.60	0.45	0.6

Fuente Informativa: Apuntes de Obras Hidráulicas 2018.

El coeficiente global mostrado en la tabla anterior dependerá de la temporada del lugar ya sea época de frio o de calor.

Ya que en Acuitzio del Canje la temperatura más alta se encuentra en el mes de mayo con 20 °C; es de mencionar, conforme a la CONAGUA, se asume que los meses cuya temperatura sea mayor de 20 °C, se deberán considerar como cálidos. Para este caso, el coeficiente global de desarrollo se utiliza de acuerdo a los meses cálidos, que son los de MAYO, JUNIO, JULIO Y AGOSTO.

Por lo cual se proceda hacer el cálculo de la evapotranspiración de la zona en estudio, correspondiente a los cultivos sembrados en dicha superficie.

Tabla 6.9.- Cálculo de la Evapotranspiración.

Mes	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	7.765	7.265	8.410	8.515	9.130	8.985	9.225	8.940	8.290	8.185	7.605	7.685
F	11.171	10.747	13.240	14.249	15.881	15.352	15.363	14.922	13.721	13.232	11.564	11.108
FACTOR DE MES	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.333	1.000	1.000	0.667	0.000	0.000	0.000
kg=	0.750	0.750	0.750	0.750	0.850	0.850	0.850	0.850	0.750	0.750	0.750	0.750
ETP (mm)=	0.000	0.000	0.000	106.867	134.568	173.984	130.586	126.833	68.606	0.000	0.000	0.000
FACTOR DE MES	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
kg=	0.750	0.750	0.750	0.750	0.850	0.850	0.850	0.850	0.750	0.750	0.750	0.750
ETP (mm)=	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	65.244	130.586	126.833	102.908	99.237	86.730	0.000
FACTOR DE MES	0.667	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.333	1.000	1.000
kg=	0.600	0.600	0.600	0.600	0.700	0.700	0.700	0.700	0.600	0.600	0.600	0.600
ETP (mm)=	44.683	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	26.463	69.384	66.649
FACTOR DE MES	0.667	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.333	1.000	1.000
kg=	0.600	0.600	0.600	0.600	0.700	0.700	0.700	0.700	0.600	0.600	0.600	0.600
ETP (mm)=	44.683	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	26.463	69.384	66.649
FACTOR DE MES	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
kg=	0.750	0.750	0.750	0.750	0.850	0.850	0.850	0.850	0.750	0.750	0.750	0.750
ETP (mm)=	83.781	80.602	99.303	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	83.312
FACTOR DE MES	1.000	1.000	1.000	1.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500
kg=	0.750	0.750	0.750	0.750	0.850	0.850	0.850	0.850	0.750	0.750	0.750	0.750
ETP (mm)=	83.781	80.602	99.303	106.867	67.284	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.656
FACTOR DE MES	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000
kg=	0.600	0.600	0.600	0.600	0.700	0.700	0.700	0.700	0.600	0.600	0.600	0.600
ETP (mm)=	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	53.730	107.541	104.451	82.327	79.390	34.692	0.000
FACTOR DE MES	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
kg=	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700
ETP (mm)=	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	110.820	107.541	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FACTOR DE MES	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
kg=	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
ETP (mm)=	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	110.820	107.461	104.451	96.048	92.621	0.000	0.000
FACTOR DE MES	1.000	1.000	1.000	1.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500
kg=	0.75	0.75	0.75	0.75	0.85	0.85	0.85	0.85	0.75	0.75	0.75	0.75
ETP (mm)=	83.781	80.602	99.303	106.867	67.284	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.656
FACTOR DE MES	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
kg=	0.75	0.75	0.75	0.75	0.85	0.85	0.85	0.85	0.75	0.75	0.75	0.75
ETP (mm)=	83.781	80.602	99.303	106.867	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	83.312
FACTOR DE MES	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
kg=	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7
ETP (mm)=	0.000	0.000	0.000	49.871	126.652	61.406	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FACTOR DE MES	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
kg=	0.45	0.45	0.45	0.45	0.6	0.6	0.6	0.6	0.45	0.45	0.45	0.45
ETP (mm)=	50.269	48.361	59.582	64.120	94.989	92.109	92.178	89.529	61.745	59.542	52.038	49.987
Suma ETP (mm)=	390.979	290.166	357.492	434.592	534.312	488.691	437.846	320.813	212.677	191.858	225.498	391.565

Ya calculada la evapotranspiración, se recurre a obtener las láminas de riego brutas (tabla 6.10) para el mes correspondiente de los cultivos sembrados, ya que el tipo de suelo que se tiene en esa zona es un feozem (Phaeozems). Se tiene que las características hidrológicas, de los Phaeozems según la página web: *Un Universo invisible bajo nuestros pies*; este tipo de suelo tiene una acumulación de arcilla la cual posee aún mejores propiedades de almacenamiento de agua, respecto a otros tipos de Phaeozems, si bien pueden padecer escasez de agua a lo largo de la estación seca. Los Phaeozems son suelos porosos, bien aireados con estructuras migajosas o de bloques, de moderados a fuertes, muy estables. En la capa en donde se lluvia la arcilla su cantidad comúnmente es mayor entre un 10-20% respecto al horizonte suprayacente. El cual se tiene un coeficiente de infiltración (K_i) del 20 %.

Para el coeficiente de aprovechamiento en la zona radicular (K_R) de la tabla 6.10 en base al cultivo se obtiene su valor.

Tabla 6.10.- Coeficiente radicular.

Cultivo	Profundidad radicular máxima ¹ (m)	Fracción de agotamiento ² (para ET = 5 mm día ⁻¹) p
a. Hortalizas Pequeñas		
Brócoli	0,4-0,6	0,45
Col de Bruselas	0,4-0,6	0,45
Repollo	0,5-0,8	0,45
Zanahorias	0,5-1,0	0,35
Coliflor	0,4-0,7	0,45
Apio (Céleri)	0,3-0,5	0,20
Ajo	0,3-0,5	0,30
Lechuga	0,3-0,5	0,30
Cebolla		
– seca	0,3-0,6	0,30
– verde	0,3-0,6	0,30
– semilla	0,3-0,6	0,35
Espinaca	0,3-0,5	0,20
Rábano	0,3-0,5	0,30
b. Hortalizas – Familia de la Solanáceas		
Berenjena	0,7-1,2	0,45
Pimiento Dulce (campana)	0,5-1,0	0,30
Tomate	0,7-1,5	0,40
c. Hortalizas – Familia de las Cucurbitáceas		
Melón	0,9-1,5	0,45
Pepino		
– cosechado fresco	0,7-1,2	0,50
– cosechado a máquina	0,7-1,2	0,50
Calabaza de Invierno	1,0-1,5	0,35
Calabacín (zucchini)	0,6-1,0	0,50
Melón dulce	0,8-1,5	0,40
Sandía	0,8-1,5	0,40
d. Raíces y Tubérculos		
Remolacha, mesa	0,6-1,0	0,50
Yuca o Mandioca		
– año 1	0,5-0,8	0,35
– año 2	0,7-1,0	0,40
Chirivía	0,5-1,0	0,40
Papa o patata	0,4-0,6	0,35
Camote o Batata	1,0-1,5	0,65
Nabos (y Rutabaga)	0,5-1,0	0,50
Remolacha Azucarera	0,7-1,2	0,55 ³

e. Leguminosas (Leguminosae)

Frijoles o judías verdes	0,5-0,7	0,45
Frijoles o judías, secos y legumbres	0,6-0,9	0,45
Frijoles o judías, lima del Perú, vainas largas	0,8-1,2	0,45
Garbanzo (Chick pea)	0,6-1,0	0,50
Habas – Frescas	0,5-0,7	0,45
– Secas/Semilla	0,5-0,7	0,45
Garbanzo hindú	0,6-1,0	0,45
Caupis (cowpeas)	0,6-1,0	0,45
Maní o cacahuete	0,5-1,0	0,50
Lentejas	0,6-0,8	0,50
Guisantes o arveja – Frescos	0,6-1,0	0,35
– Secos/Semilla	0,6-1,0	0,40
Soya o soja	0,6-1,3	0,50

f. Hortalizas perennas (con letargo invernal y suelo inicialmente desnudo o con mantillo)

Alcachofa	0,6-0,9	0,45
Espárragos	1,2-1,8	0,45
Menta	0,4-0,8	0,40
Fresas	0,2-0,3	0,20

g. Cultivos Textiles

Algodón	1,0-1,7	0,65
Lino	1,0-1,5	0,50
Sisal	0,5-1,0	0,80

h. Cultivos Oleaginosos

Ricino	1,0-2,0	0,50
Canola (colza)	1,0-1,5	0,60
Cártamo	1,0-2,0	0,60
Sésamo	1,0-1,5	0,60
Girasol	0,8-1,5	0,45

i. Cereales

Cebada	1,0-1,5	0,55
Avena	1,0-1,5	0,55
Trigo de Primavera	1,0-1,5	0,55
Trigo de Invierno	1,5-1,8	0,55
Maiz, (grano)	1,0-1,7	0,55
Maiz, (dulce)	0,8-1,2	0,50
Mijo	1,0-2,0	0,55
Sorgo – grano	1,0-2,0	0,55
– dulce	1,0-2,0	0,50
Arroz	0,5-1,0	0,20 ¹

Fuente informativa: FAO,2018.

Como se aprecia en la tabla anterior, los coeficientes se encuentran entre 45% y el 55%, se promedian y se tiene que el coeficiente radicular (K_R) es de 50%.

Tabla 6.10. Láminas de riego netas mensuales (mm).

Mes	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
$I_{LL} (mm) =$	1.571	0.675	0.977	1.064	4.463	10.978	13.666	12.300	14.212	5.084	2.004	0.526
CULTIVO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Maíz para consumo	0.000	0.000	0.000	105.803	130.104	159.346	116.920	114.533	59.131	0.000	0.000	0.000
Maíz para forraje	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	59.755	116.920	114.533	88.697	94.153	84.726	0.000
Garbanzo	43.636	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	24.769	67.380	66.123
Janamargo	43.636	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	24.769	67.380	66.123
Avena para consumo	82.211	79.926	98.326	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	82.786
Avena para semilla	82.211	79.926	98.326	105.803	65.052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.393
Frijol	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	48.241	93.875	92.150	68.115	74.306	33.690	0.000
Sorgo para silo	0.000	0.000	0.000	0.000	106.357	96.482	93.875	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sorgo para grano	0.000	0.000	0.000	0.000	106.357	96.482	93.875	92.150	81.836	87.537	0.000	0.000
Trigo	82.211	79.926	98.326	105.803	65.052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.393
Cebadas de riego	82.211	79.926	98.326	105.803	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	82.786
Tomate	0.000	0.000	0.000	49.339	122.188	55.917	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fresa	48.698	47.686	58.605	63.056	90.525	81.131	78.512	77.229	47.533	54.458	50.034	49.461
Suma Lamina neta	464.813	367.392	451.909	535.606	685.636	597.355	593.977	490.594	345.313	359.991	303.212	430.064

$K_f = 20.000\%$

$K_r = 50.000\%$

Posteriormente se proceda hacer el cálculo de mes más crítico de la zona de estudio, el cual depende de la eficiencia del riego y la eficiencia del manejo del agua misma que está ligado al sistema relativo, obtenido de la figura 6.9.

Para canales de tierra	η_{pr} Parcelaria (aplicación del riego) = 70 % η_{M} conducción (manejo) = 70% $\therefore \eta$ Distribución = 49 % o del sistema
Para canales revestidos de mampostería	η_{pr} Parcelaria = 70 % η_{M} conducción = 75% $\therefore \eta$ Distribución = 53 % o del sistema
Para canales revestidos de concreto	η_{pr} Parcelaria = 70 % η_{M} conducción = 85% $\therefore \eta$ Distribución = 60 % o del sistema

Fuente Informativa: Apuntes de Obras Hidráulicas 2018.

Figura 6.9. Parámetro para Coeficiente de Manejo del agua y riego

Como la zona agrícola es un ejido denominado “Los Planes”, y está compuesto por canales de tierra donde pasa el río, se tiene un coeficiente de manejo del agua de 70% y uno de eficiencia del riego de 70%. Ya con lo anterior se procedió a obtener las láminas de riego tal como se muestra en la tabla 6.11.

Tabla 6.10.- Laminas de riego brutas mensuales(mm).

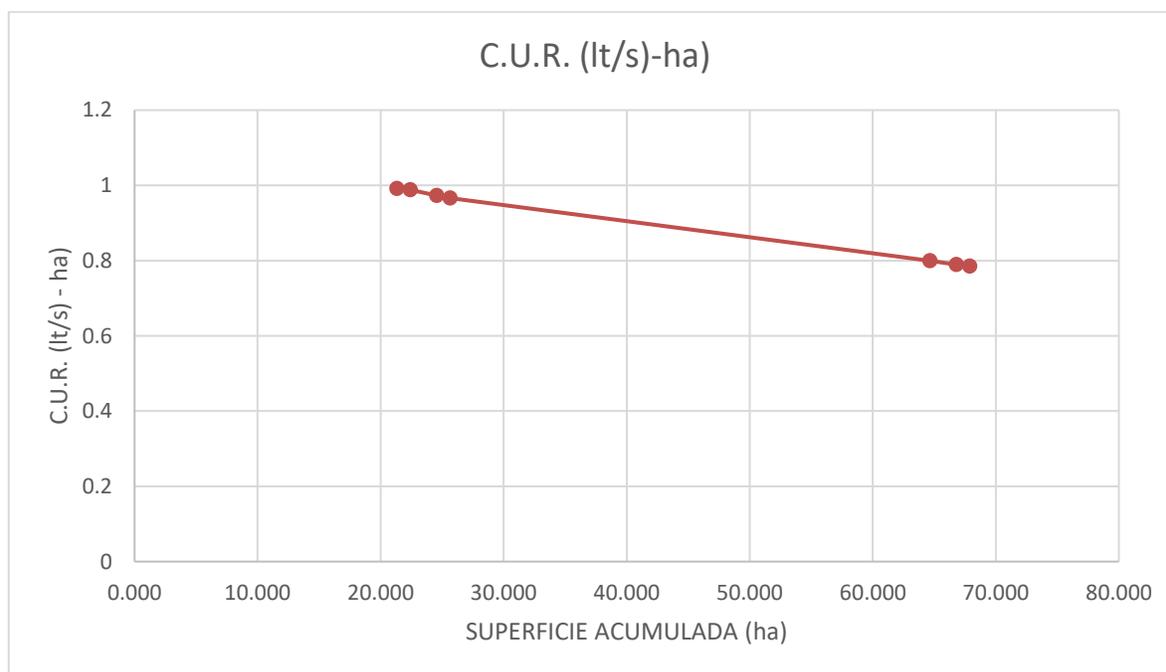
CULTIVO	$\eta_m = 70.000\%$												$\eta_R = 70.000\%$											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Maíz para consumo	0.000	0.000	0.000	215.924	265.518	325.197	238.612	233.740	120.676	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	265.518	325.197	238.612	233.740	120.676	0.000	0.000	0.000
Maíz para forraje	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	121.949	238.612	233.740	181.014	197.149	172.911	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	121.949	238.612	233.740	181.014	197.149	172.911	0.000
Garbanzo	89.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	50.548	137.511	134.945
Janamargo	89.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	50.548	137.511	134.945
Avena para consumo	167.777	163.115	200.665	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Avena para semilla	167.777	163.115	200.665	215.924	132.759	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	132.759	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	84.475
Frijol	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	98.451	191.582	188.062	139.010	151.644	68.755	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	98.451	191.582	188.062	139.010	151.644	68.755	0.000
Sorgo para silo	0.000	0.000	0.000	0.000	217.055	196.903	191.582	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	217.055	196.903	191.582	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sorgo para grano	0.000	0.000	0.000	0.000	217.055	196.903	191.582	188.062	167.013	178.647	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	217.055	196.903	191.582	188.062	167.013	178.647	0.000	0.000
Trigo	167.777	163.115	200.665	215.924	132.759	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	132.759	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	84.475
Cebadas de riego	167.777	163.115	200.665	215.924	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	168.950
Tomate	0.000	0.000	0.000	100.692	249.364	114.116	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	249.364	114.116	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fresa	99.384	97.318	119.601	128.686	184.746	165.573	160.229	157.610	97.007	111.139	102.111	100.941	0.000	0.000	0.000	0.000	184.746	165.573	160.229	157.610	97.007	111.139	102.111	100.941
Suma Lamina neta	948.597	749.779	922.263	1093.073	1399.256	1219.092	1212.199	1001.213	704.720	734.676	618.799	877.683	0.000	0.000	0.000	0.000	1399.256	1219.092	1212.199	1001.213	704.720	734.676	618.799	877.683

Dichos cálculos de las láminas de riego bruta reflejan que el mes más crítico es el de MAYO con 31 días. Y conforme a los resultados se obtiene el Coeficiente Unitario de Riego (C.U.R.) para los cultivos de dicho mes más desfavorable, como lo es el Maíz para consumo, el tomate, Sorgo para silo y grano, Fresa, Avena para semilla y Trigo que van con el ciclo vegetativo de la zona agrícola. Tal como se muestran en la tabla 6.11 y en la gráfica 6.1.

Tabla 6.11.- Coeficiente unitario de riego (C.U.R.).

CULTIVO	I _R Bruta (mm)	I _R B diaria (mm)	Superficie (ha)	Vol. (m ³)	Sup. Acum (h)	Vol. Acum (m ³)	C.U.R. (m ³ /s)-m ²)	C.U.R. (lt/s)-ha)
Maíz para consumo	265.518	8.565	21.335	1827389.745	21.335	1827389.745	9.913E-05	0.991332485
Tomate	249.364	8.044	1.078	86677.196	22.413	1914066.941	9.884E-05	0.988432762
Sorgo para silo	217.055	7.002	2.155	150893.528	24.568	2064960.469	9.728E-05	0.972814957
Sorgo para grano	217.055	7.002	1.078	75446.764	25.645	2140407.233	9.660E-05	0.96599037
Fresa	184.746	5.960	39.007	2324631.227	64.652	4465038.460	7.993E-05	0.799332181
Avena para semilla	132.759	4.283	2.155	92292.411	66.807	4557330.871	7.895E-05	0.789536506
Trigo	132.759	4.283	1.078	46146.206	67.885	4603477.077	7.849E-05	0.784871898

Gráfica 6.1.- Coeficiente unitario de riego (C.U.R.).



Posteriormente, se procede hacer el cálculo de los volúmenes de demanda con respecto a cada mes, tal como se muestra en la tabla 6.12.

Tabla 6.12.- Volúmenes mensuales demandados de riego (m³).

Cultivo	Volumen demandado (m ³)													Vol. Deman Mens (m ³)
	Maiz para consumo	Maiz para forraje	Garbanzo	Janamargo	Avena para consumo	Avena para semilla	Frijol	Sorgo para silo	Sorgo para grano	Trigo	Cebadas de riego	Tomate	Fresa	
ENERO	0.000	0.000	0.000	9306.656	11444.259	7008.239	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	38766.533	66525.687
FEBRERO	0.000	0.000	0.000	0.000	7030.522	3515.261	0.000	0.000	0.000	1757.630	1757.630	0.000	37960.768	52021.811
MARZO	0.000	0.000	0.000	0.000	8648.985	4324.493	0.000	0.000	0.000	2162.246	2162.246	0.000	46652.802	63950.772
ABRIL	118194.534	0.000	0.000	0.000	0.000	4653.328	0.000	0.000	0.000	2326.664	2326.664	1084.996	50196.282	178782.469
MAYO	145342.089	0.000	0.000	0.000	0.000	2861.065	0.000	4677.699	2338.850	1430.532	0.000	2686.993	72063.568	231400.797
JUNIO	247390.843	32851.121	0.000	0.000	0.000	0.000	1060.853	4243.411	2121.706	0.000	0.000	1229.647	64585.001	353482.582
JULIO	50908.442	64278.336	0.000	0.000	0.000	0.000	2064.371	4128.742	2064.371	0.000	0.000	0.000	62500.374	185944.638
AGOSTO	49869.022	62965.937	0.000	0.000	0.000	0.000	2026.438	0.000	2026.438	0.000	0.000	0.000	61478.649	178366.485
SEPTIEMBRE	25746.521	48762.351	0.000	0.000	0.000	0.000	1497.891	0.000	1799.626	0.000	0.000	0.000	37839.409	115645.798
OCTUBRE	0.000	51762.017	1089.350	2178.699	0.000	0.000	1634.025	0.000	1924.995	0.000	0.000	0.000	43351.974	101941.060
NOVIEMBRE	0.000	46579.529	2963.466	5926.933	0.000	0.000	740.867	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	39830.327	96041.122
DICIEMBRE	0.000	0.000	2908.180	5816.360	7282.020	1820.505	0.000	0.000	0.000	910.252	1820.505	0.000	39373.841	59931.663

MANEJO SUSTENTABLE DEL RECURSO HÍDRICO EN LA ZONA AGRÍCOLA ACUITZIO – TIRIPETÍO, DEL ESTADO DE MICHOACÁN.

6.6 PROPUESTA DE DESARROLLO PARA LA ZONA AGRÍCOLA EN LA PRODUCCIÓN DE LOS DIVERSOS CULTIVOS PARA SU APROVECHAMIENTO.

De acuerdo a los antecedentes históricos y de campo, se ha venido observando que existen una alta gama de producción de los diferentes cultivos, donde se aprecia que la zona agrícola está en constante cambio de rotación de cultivos, esto para poder satisfacer las necesidades de los pobladores, ya que la producción de alimento ya sea para consumo, venta o forraje se refleja en la cuestión monetaria, de tal manera que, con base en las consultas que se hicieron previamente a los agricultores, ganaderos y comerciantes, han hecho que se lleven a las siguientes propuestas de desarrollo en los cultivos, y analizar que coeficiente de riego es más apto, con el fin de obtener un recurso sustentable del agua que se utilizará para la producción de los sembradíos.

En el estado actual, los plantíos de fresas toman un porcentaje amplio, con un 36.2% con respecto al total de la zona de agrícola, y el resto se dedica a sembrar los demás cultivos, con el fin de satisfacer las necesidades propias. Como se menciona antes, Acuitzio del Canje se caracteriza por su agricultura y su ganado, esto hace que los plantíos que se cultivan no solo se utilizan para consumo, sino también para el forraje utilizado para la alimentación de su ganado.

Esto nos lleva hacer el siguiente análisis con los aspectos ya mencionados anteriormente.

Como **primera propuesta**, utilizar el 70% de la zona agrícola “Los Planes” para la producción de maíz para consumo y forraje (tabla 6.13), ya que se ha visto que es el principal cultivo que todos los agricultores siembran con mayor constancia en sus parcelas y el 30% restante utilizarlo para los demás cultivos.

Como **segunda propuesta**, utilizar el 50% de la superficie agrícola para la producción de maíz (tabla 6.14) y el 50% restante, asignarlo con base en la constancia que se tiene para sembrar los distintos cultivos, dando mayor valor a las que más se han cultivado.

Por lo tanto, el análisis queda expresado de la siguiente manera:

Tabla 6.13.- Propuesta 1.

Propuesta 70 % Maíz.				
Maíz para consumo	30%	323261.64 m ²	32.326 ha	
Maíz para forraje	40%	431015.52 m ²	43.102 ha	
Garbanzo	1%	10775.39 m ²	1.078 ha	
Janamargo	3%	32326.16 m ²	3.233 ha	
Avena para consumo	4%	43101.55 m ²	4.310 ha	
Avena para semilla	2%	21550.78 m ²	2.155 ha	
Frijol	1%	10775.39 m ²	1.078 ha	
Sorgo para silo	2%	21550.78 m ²	2.155 ha	
Sorgo para grano	1%	10775.39 m ²	1.078 ha	
Trigo	1%	10775.39 m ²	1.078 ha	
Cebadas de riego	1%	10775.39 m ²	1.078 ha	
Fresa	14%	150855.43 m ²	15.086 ha	

Tabla 6.14.- Propuesta 2.

Propuesta 50 % Maíz.				
Maíz para consumo	20%	215507.76 m ²	21.551 ha	
Maíz para forraje	30%	323261.64 m ²	32.326 ha	
Garbanzo	2%	21550.78 m ²	2.155 ha	
Janamargo	4%	43101.55 m ²	4.310 ha	
Avena para consumo	5%	53876.94 m ²	5.388 ha	
Avena para semilla	3%	32326.16 m ²	3.233 ha	
Frijol	1%	10775.39 m ²	1.078 ha	
Sorgo para silo	2%	21550.78 m ²	2.155 ha	
Sorgo para grano	1%	10775.39 m ²	1.078 ha	
Trigo	1%	10775.39 m ²	1.078 ha	
Cebadas de riego	1%	10775.39 m ²	1.078 ha	
Fresa	30%	323261.64 m ²	32.326 ha	

Para poder comprender mejor, se simula de manera esquemática la forma en que sería las hectáreas sembradas con los cultivos propuestos con los porcentajes mostrados en la figura 6.9. y figura 6.10.

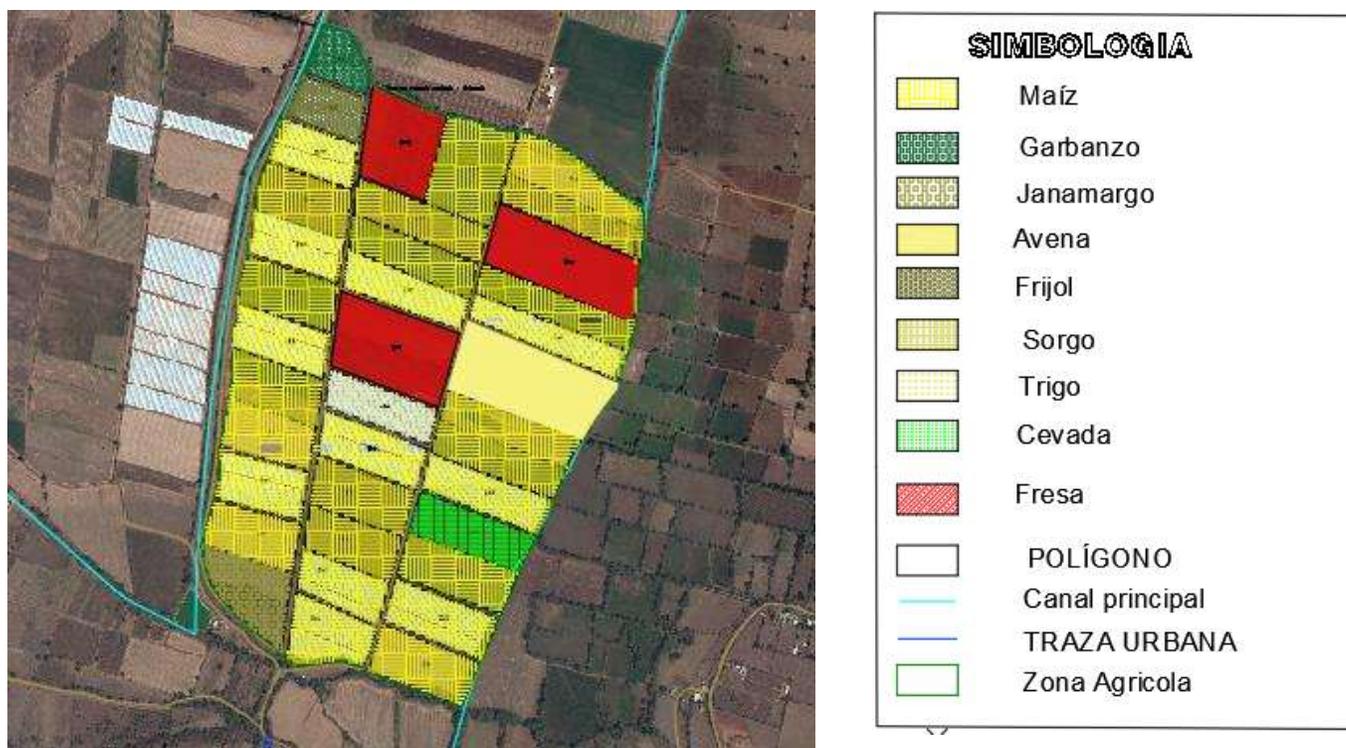


Figura 6.9.- Propuesta 70% de la superficie cultivado de Maíz.

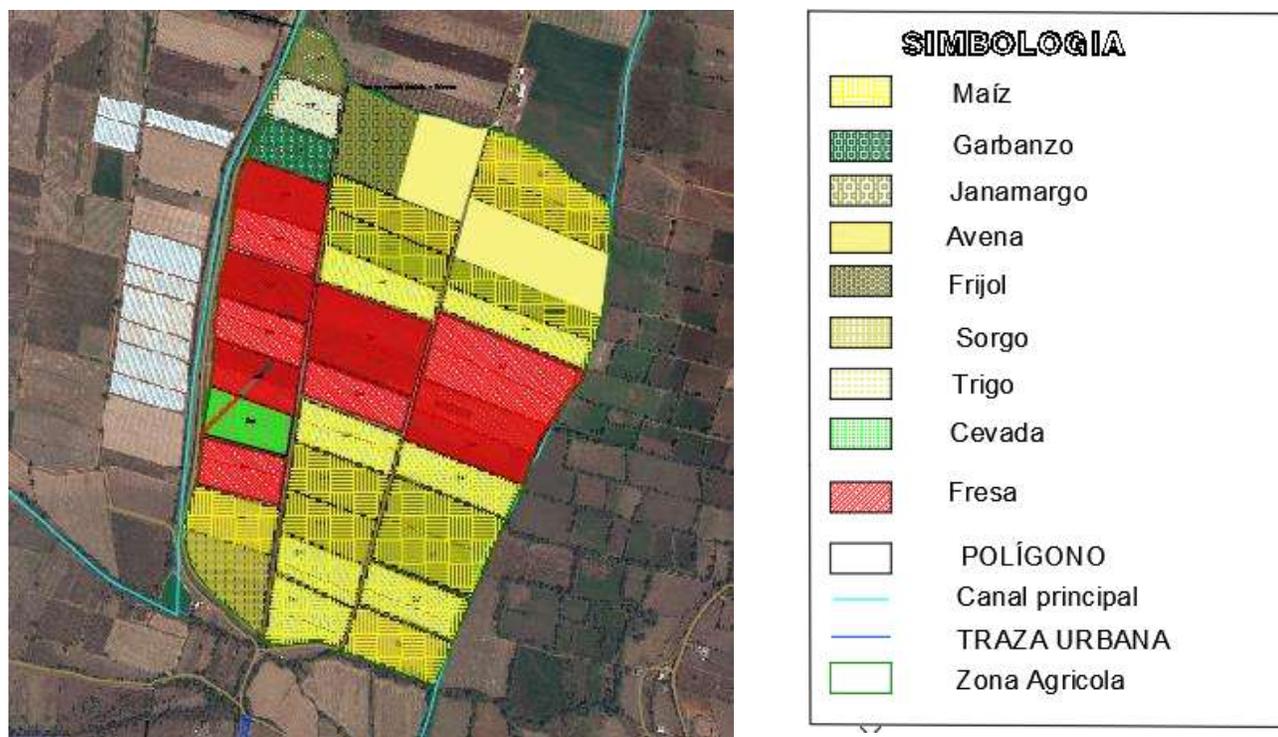


Figura 6.10.- Propuesta 50% de la superficie cultivado de Maíz.

Para el cálculo de las evapotranspiraciones de las dos propuestas, se utiliza la información que se requirió para el análisis actual del coeficiente unitario de riego (C.U.R.), como lo son los datos de las temperaturas promedios y las precipitaciones que se tienen por año de la estación climatológica, para poder obtener las horas efectivas del sol que se tiene conforme a las coordenadas.

Posteriormente, con los coeficientes globales de desarrollo (K_g) de cada cultivo, se obtiene los resultados respecto al análisis de las dos propuestas que se muestran en la tabla 6.15 y tabla 6.16.

Así mismo, se utiliza los mismos coeficientes de infiltración de acuerdo al tipo de suelo que se tiene en la zona, y el coeficiente de aprovechamiento radicular de los cultivos dado que son los mismos. Se manejan ambos datos para el cálculo de las láminas de riego netas mensuales, expresada en milímetros (mm) tal como se muestra en la tabla 6.17 y tabla 6.18.

Ahora bien, ya que como se puede apreciar en el análisis ACTUAL, dentro de la misma zona agrícola “Los Planes”, considerando que es el mismo suelo que se tiene para el análisis que se realizó anteriormente, se propone en las dos opciones modificar para el caso del manejo de riego por canales de tierra, sea por los mismos canales pero revestidos de concreto, para garantizar que la conducción sea de mejor eficiencia, ya que al modificar los coeficientes de manejo del agua que para canales revestidos de concreto es de 85% y el de eficiencia del riego de 70% esto ayuda a que los volúmenes de demanda bajen por el la eficiencia de dichos canales revestidos de concreto, como se puede apreciar en la tabla 6.19 y tabla 6.20.

Tabla 6.15.- Cálculo de la Evapotranspiración de la 1^{er} propuesta.

Mes	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEMBRE
P	7.765	7.265	8.410	8.515	9.130	8.985	9.225	8.940	8.290	8.185	7.605	7.685
F	11.171	10.747	13.240	14.249	15.831	15.352	15.363	14.922	13.721	13.232	11.564	11.108
FACTOR DE MES	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.333	1.000	1.000	0.667	0.000	0.000	0.000
Kg=	0.750	0.750	0.750	0.750	0.850	0.850	0.850	0.850	0.750	0.750	0.750	0.750
ETP (mm)=	0.000	0.000	0.000	106.867	134.568	173.984	130.586	126.833	68.606	0.000	0.000	0.000
FACTOR DE MES	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Kg=	0.750	0.750	0.750	0.850	0.850	0.850	0.850	0.850	0.750	0.750	0.750	0.750
ETP (mm)=	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	65.244	130.586	126.833	102.908	99.237	86.730	0.000
FACTOR DE MES	0.667	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.333	1.000	1.000
Kg=	0.600	0.600	0.600	0.600	0.700	0.700	0.700	0.700	0.600	0.600	0.600	0.600
ETP (mm)=	44.683	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	26.463	69.384	66.649
FACTOR DE MES	0.667	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.333	1.000	1.000
Kg=	0.600	0.600	0.600	0.600	0.700	0.700	0.700	0.700	0.600	0.600	0.600	0.600
ETP (mm)=	44.683	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	26.463	69.384	66.649
FACTOR DE MES	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
Kg=	0.750	0.750	0.750	0.750	0.850	0.850	0.850	0.850	0.750	0.750	0.750	0.750
ETP (mm)=	83.781	80.602	99.303	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	83.312
FACTOR DE MES	1.000	1.000	1.000	1.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500
Kg=	0.600	0.600	0.600	0.600	0.700	0.700	0.700	0.700	0.600	0.600	0.600	0.600
ETP (mm)=	83.781	80.602	99.303	106.867	67.284	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.656
FACTOR DE MES	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
Kg=	0.600	0.600	0.600	0.600	0.700	0.700	0.700	0.700	0.600	0.600	0.600	0.600
ETP (mm)=	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	53.730	107.541	104.451	82.327	79.390	34.692	0.000
FACTOR DE MES	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Kg=	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700
ETP (mm)=	0.000	0.000	0.000	0.000	110.820	107.461	107.541	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FACTOR DE MES	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000
Kg=	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
ETP (mm)=	0.000	0.000	0.000	0.000	110.820	107.461	107.541	104.451	96.048	92.621	0.000	0.000
FACTOR DE MES	1.000	1.000	1.000	1.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500
Kg=	0.75	0.75	0.75	0.75	0.85	0.85	0.85	0.85	0.75	0.75	0.75	0.75
ETP (mm)=	83.781	80.602	99.303	106.867	67.284	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.656
FACTOR DE MES	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
Kg=	0.75	0.75	0.75	0.75	0.85	0.85	0.85	0.85	0.75	0.75	0.75	0.75
ETP (mm)=	83.781	80.602	99.303	106.867	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	83.312
FACTOR DE MES	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Kg=	0.45	0.45	0.45	0.45	0.6	0.6	0.6	0.6	0.45	0.45	0.45	0.45
ETP (mm)=	50.269	48.361	59.582	64.120	94.989	92.109	92.178	89.529	61.745	59.542	52.038	49.987
Suma ETP (mm)=	390.979	290.166	357.492	384.721	407.660	427.285	437.846	320.813	212.677	191.858	225.498	391.565

Tabla 6.16.- Cálculo de la Evapotranspiración de la 2^{da} propuesta.

Mes	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	7.765	7.265	8.410	8.515	9.130	8.985	9.225	8.940	8.290	8.185	7.605	7.685
F	11.171	10.747	13.240	14.249	15.831	15.352	15.363	14.922	13.721	13.232	11.564	11.108
Maíz para consumo	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.333	1.000	1.000	0.667	0.000	0.000	0.000
	kg=	0.750	0.750	0.750	0.850	0.850	0.850	0.850	0.750	0.750	0.750	0.750
Maíz para forraje	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	65.244	130.586	126.833	102.908	99.237	86.730	0.000
	kg=	0.600	0.600	0.600	0.600	0.700	0.700	0.700	0.600	0.600	0.600	0.600
Garbanzo	44.683	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	26.463	69.384	66.649
	kg=	0.667	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.333	1.000	1.000
Janamaro	0.600	0.600	0.600	0.600	0.700	0.700	0.700	0.700	0.600	0.600	0.600	0.600
	kg=	44.683	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	26.463	69.384	66.649
Avena para consumo	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
	kg=	0.750	0.750	0.750	0.850	0.850	0.850	0.850	0.750	0.750	0.750	0.750
Avena para semilla	83.781	80.602	99.303	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	83.312
	kg=	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Frijol	0.750	0.750	0.750	0.750	0.850	0.850	0.850	0.850	0.750	0.750	0.750	0.750
	kg=	83.781	80.602	99.303	106.867	67.284	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.656
Sorgo para silo	0.600	0.600	0.600	0.600	0.700	0.700	0.700	0.700	0.600	0.600	0.600	0.600
	kg=	0.000	0.000	0.000	0.000	53.730	107.541	104.451	82.327	79.390	34.692	0.000
Sorgo para grano	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	kg=	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700
Trigo	0.000	0.000	0.000	0.000	110.820	107.461	107.541	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	kg=	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Cebadas de riego	0.000	0.000	0.000	0.000	110.820	107.461	107.541	104.451	96.048	92.621	0.000	0.000
	kg=	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Fresa	0.75	0.75	0.75	0.75	0.85	0.85	0.85	0.85	0.75	0.75	0.75	0.75
	kg=	83.781	80.602	99.303	106.867	67.284	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.656
	kg=	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	kg=	83.781	80.602	99.303	106.867	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	83.312
	kg=	0.45	0.45	0.45	0.45	0.6	0.6	0.6	0.45	0.45	0.45	0.45
	kg=	50.269	48.361	59.582	64.120	94.989	92.109	89.529	61.745	59.542	52.038	49.987
	kg=	390.979	290.166	357.492	384.721	407.660	427.285	437.846	212.677	191.858	225.498	391.565

Tabla 6.17. Láminas de riego netas mensuales (mm) de la 1^{er} propuesta.

Mes	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
$I_{LL} \text{ (mm)} =$	1.571	0.675	0.977	1.064	4.463	10.978	13.666	12.300	14.212	5.084	2.004	0.526
CULTIVO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Maíz para consumo	0.000	0.000	0.000	105.803	130.104	159.346	116.920	114.533	59.131	0.000	0.000	0.000
Maíz para forraje	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	59.755	116.920	114.533	88.697	94.153	84.726	0.000
Garbanzo	43.636	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	24.769	67.380	66.123
Janamargo	43.636	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	24.769	67.380	66.123
Avena para consumo	82.211	79.926	98.326	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	82.786
Avena para semilla	82.211	79.926	98.326	105.803	65.052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.393
Frijol	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	48.241	93.875	92.150	68.115	74.306	33.690	0.000
Sorgo para silo	0.000	0.000	0.000	0.000	106.357	96.482	93.875	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sorgo para grano	0.000	0.000	0.000	0.000	106.357	96.482	93.875	92.150	81.836	87.537	0.000	0.000
Trigo	82.211	79.926	98.326	105.803	65.052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.393
Cebadas de riego	82.211	79.926	98.326	105.803	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	82.786
Fresa	48.698	47.686	58.605	63.056	90.525	81.131	78.512	77.229	47.533	54.458	50.034	49.461
Suma Lamina neta	464.813	367.392	451.909	486.267	563.447	541.438	593.977	490.594	345.313	359.991	303.212	430.064

K_r = 20.000%K_a = 50.000%

Tabla 6.18. Láminas de riego netas mensuales (mm) de la 2^{da} propuesta.

Mes	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
I_{LL} (mm) =	1.571	0.675	0.977	1.064	4.463	10.978	13.666	12.300	14.212	5.084	2.004	0.526
CULTIVO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Maíz para consumo	0.000	0.000	0.000	105.803	130.104	159.346	116.920	114.533	59.131	0.000	0.000	0.000
Maíz para forraje	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	59.755	116.920	114.533	88.697	94.153	84.726	0.000
Garbanzo	43.636	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	24.769	67.380	66.123
Janamargo	43.636	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	24.769	67.380	66.123
Avena para consumo	82.211	79.926	98.326	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	82.786
Avena para semilla	82.211	79.926	98.326	105.803	65.052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.393
Frijol	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	48.241	93.875	92.150	68.115	74.306	33.690	0.000
Sorgo para silo	0.000	0.000	0.000	0.000	106.357	96.482	93.875	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sorgo para grano	0.000	0.000	0.000	0.000	106.357	96.482	93.875	92.150	81.836	87.537	0.000	0.000
Trigo	82.211	79.926	98.326	105.803	65.052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.393
Cebadas de riego	82.211	79.926	98.326	105.803	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	82.786
Fresa	48.698	47.686	58.605	63.056	90.525	81.131	78.512	77.229	47.533	54.458	50.034	49.461
Suma Lámina neta	464.813	367.392	451.909	486.267	563.447	541.438	593.977	490.594	345.313	359.991	303.212	430.064

K_r = 20.000 %K_r = 50.000 %

Tabla 6.19.- Láminas de riego brutas mensuales de la 1^{er} propuesta (mm).

CULTIVO	$n_m = 85.000\%$					$n_R = 70.000\%$						
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Maíz para consumo	0.000	0.000	0.000	177.820	218.662	267.809	196.504	192.492	99.380	0.000	0.000	0.000
Maíz para forraje	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	100.428	196.504	192.492	149.070	158.240	142.397	0.000
Garbanzo	73.338	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.628	113.244	111.132
Janamargo	73.338	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.628	113.244	111.132
Avena para consumo	138.169	134.330	165.254	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	139.136
Avena para semilla	138.169	134.330	165.254	177.820	109.331	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	69.568
Frijol	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	81.078	157.773	154.874	114.479	124.883	56.622	0.000
Sorgo para silo	0.000	0.000	0.000	0.000	178.751	162.155	157.773	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sorgo para grano	0.000	0.000	0.000	0.000	178.751	162.155	157.773	154.874	137.540	147.121	0.000	0.000
Trigo	138.169	134.330	165.254	177.820	109.331	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	69.568
Cebadas de riego	138.169	134.330	165.254	177.820	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	139.136
Fresa	81.845	80.144	98.495	105.976	152.143	136.354	131.953	129.796	79.888	91.526	84.091	83.128
Suma Lamina neta	781.198	617.465	759.510	817.255	946.970	909.980	998.281	824.528	580.357	605.027	509.599	722.797

Tabla 6.20.- Láminas de riego brutas mensuales de la 2^{da} propuesta (mm).

CULTIVO	$\eta_m = 85.000\%$												$\eta_r = 70.000\%$													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE		
Maíz para consumo	0.000	0.000	0.000	177.820	218.662	267.809	196.504	192.492	99.380	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	196.504	192.492	192.492	149.070	158.240	0.000	0.000	0.000	0.000
Maíz para forraje	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	100.428	196.504	192.492	149.070	158.240	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	196.504	192.492	149.070	158.240	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Garbanzo	73.338	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.628	113.244	113.244	111.132	111.132	111.132
Janamargo	73.338	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.628	113.244	113.244	111.132	111.132	111.132
Avena para consumo	138.169	134.330	165.254	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Avena para semilla	138.169	134.330	165.254	177.820	109.331	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	69.568
Frijol	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	81.078	157.773	154.874	114.479	124.883	56.622	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	157.773	154.874	114.479	124.883	56.622	0.000	0.000	0.000	0.000
Sorgo para silo	0.000	0.000	0.000	0.000	178.751	162.155	157.773	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	157.773	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sorgo para grano	0.000	0.000	0.000	0.000	178.751	162.155	157.773	154.874	137.540	147.121	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	157.773	154.874	137.540	147.121	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Trigo	138.169	134.330	165.254	177.820	109.331	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	69.568	69.568
Cebadas de riego	138.169	134.330	165.254	177.820	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	139.136	139.136
Fresa	81.845	80.144	98.495	105.976	152.143	136.354	131.953	129.796	79.888	91.526	84.091	83.128	83.128	83.128	83.128	83.128	83.128	131.953	129.796	79.888	91.526	84.091	83.128	83.128	83.128	83.128
Suma Lamina neta	781.198	617.465	759.510	817.255	946.970	909.980	998.281	824.528	580.357	605.027	509.599	722.797	722.797	722.797	722.797	722.797	722.797	998.281	824.528	580.357	605.027	509.599	722.797	722.797	722.797	722.797

Ya que el análisis de los cálculos de las láminas de riego brutas es igual para ambas propuestas, se aprecia perfectamente que el mes más crítico es el de julio con 31 días en ambos casos. Y conforme a los resultados, se obtiene el Coeficiente unitario de riego (C.U.R.) para los cultivos de dicho mes más desfavorable, como lo es el Maíz para consumo, maíz para forraje, Sorgo para silo y grano, Fresa y Frijol, que van con el ciclo vegetativo de la zona agrícola; tal como se muestran en la tabla 6.21 y gráfica 6.2, tabla 6.22 y gráfica 6.3.

Tabla 6.21.- Coeficiente unitario de riego (C.U.R.) 1^{er} Propuesta.

CULTIVO	$I_{R\text{ Bruta}}$ (mm)	$I_{R\text{ Diaria}}$ (mm)	Superficie (ha)	Vol. (m ³)	Sup. Acum (ha)	Vol. Acum (m ³)	C.U.R. (m ³ /s)-m ²)	C.U.R. (lt/s)-ha)
Maíz para forraje	196.504	6.339	43.102	2732134.215	43.102	2732134.215	7.337E-05	0.734
Maíz para consumo	196.504	6.339	32.326	2049100.662	75.428	4781234.877	7.337E-05	0.734
Sorgo para silo	157.773	5.089	2.155	109681.961	77.583	4890916.838	7.296E-05	0.730
Sorgo para grano	157.773	5.089	1.078	54840.980	78.660	4945757.818	7.277E-05	0.728
Frijol	157.773	5.089	1.078	54840.980	79.738	5000598.798	7.258E-05	0.726
Fresa	131.953	4.257	15.086	642124.890	94.823	5642723.688	6.887E-05	0.689

Gráfica 6.2.- Coeficiente unitario de riego (C.U.R.) 1^{er} Propuesta.

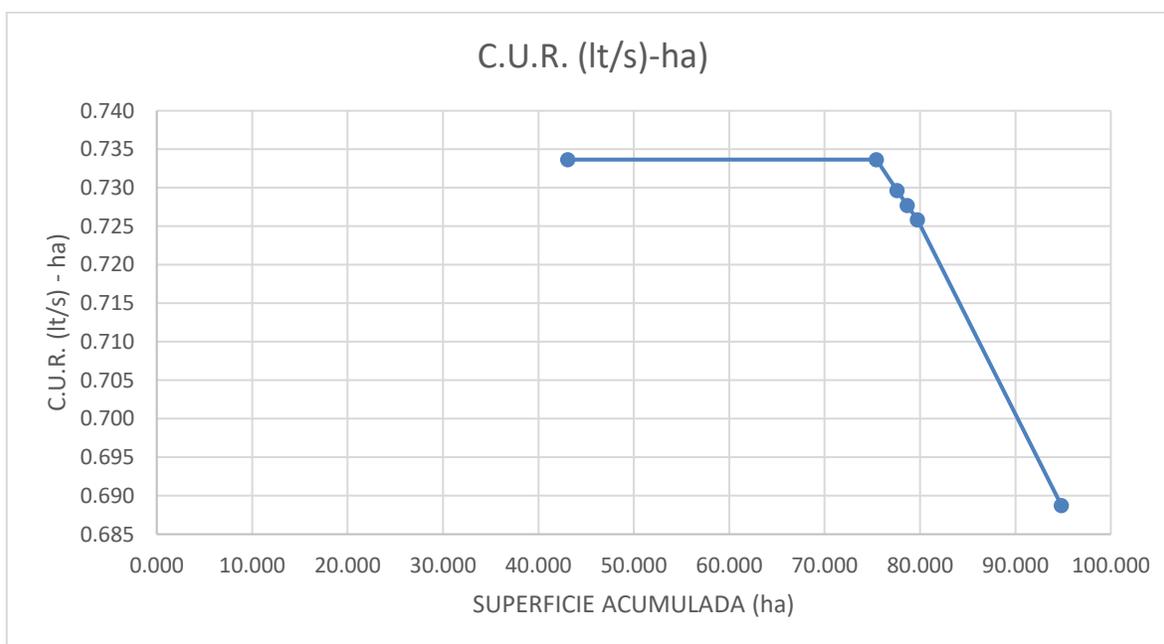
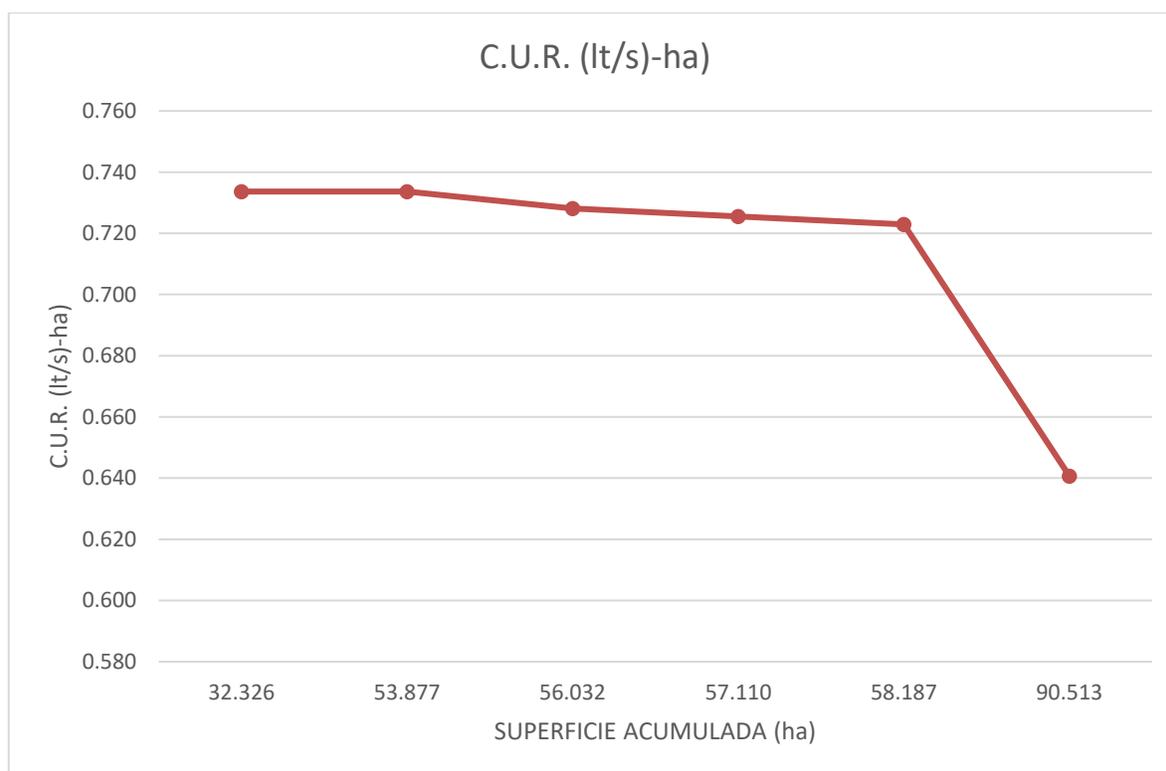


Tabla 6.22.- Coeficiente unitario de riego (C.U.R.) 2^{da} Propuesta.

CULTIVO	I _R Bruta (mm)	I _R B diaria (mm)	Superficie (ha)	Vol. (m ³)	Sup. Acum (ha)	Vol. Acum (m ³)	C.U.R. (m ³ /s)-m ²)	C.U.R. (lt/s)-ha)
Maíz para forraje	196.504	6.339	32.326	2049100.662	32.326	2049100.662	7.337E-05	0.734
Maíz para consumo	196.504	6.339	21.551	1366067.108	53.877	3415167.769	7.337E-05	0.734
Sorgo para silo	157.773	5.089	2.155	109681.961	56.032	3524849.730	7.281E-05	0.728
Sorgo para grano	157.773	5.089	1.078	54840.980	57.110	3579690.710	7.255E-05	0.725
Frijol	157.773	5.089	1.078	54840.980	58.187	3634531.690	7.229E-05	0.723
Fresa	131.953	4.257	32.326	1375981.907	90.513	5010513.597	6.407E-05	0.641

Gráfica 6.3.- Coeficiente unitario de riego (C.U.R.) 2^{da} Propuesta.

Una vez obtenido el análisis del C.U.R. de ambas propuestas, se muestra las demandas correspondientes a cada cultivo por mes, obtenidas por las láminas brutas diarias correspondiente a cada superficie cultivada. Tal como se observa en las tablas 6.23 y tabla 6.24, las cuales, en comparación con el estado actual, contiene un volumen de demanda menor, lo cual garantiza que la rotación de cultivos y el uso de canales revestidos de concreto, nos permite reducir el consumo de agua.

Tabla 6.23.- Volúmenes mensuales demandados de riego de la propuesta 1 (m³).

Cultivo	Volumen demandado (m ³)											Vol. Deman Mens (m ³)	
	Maíz para consumo	Maíz para forraje	Garbanzo	Janamargo	Avena para consumo	Avena para semilla	Frijol	Sorgo para silo	Sorgo para grano	Trigo	Cebadas de riego		Fresa
ENERO	0.000	0.000	0.000	5748.229	9424.684	5771.491	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	12346.832	33291.236
FEBRERO	0.000	0.000	0.000	0.000	5789.841	2894.921	0.000	0.000	0.000	1447.460	1447.460	12090.202	23669.885
MARZO	0.000	0.000	0.000	0.000	7122.694	3561.347	0.000	0.000	0.000	1780.673	1780.673	14858.546	29103.933
ABRIL	141789.644	0.000	0.000	0.000	0.000	3832.153	0.000	0.000	0.000	1916.076	1916.076	15987.116	165441.066
MAYO	174356.652	0.000	0.000	0.000	0.000	2356.171	0.000	3852.223	1926.112	1178.085	0.000	22951.673	206620.916
JUNIO	300117.537	43286.183	0.000	0.000	0.000	0.000	873.643	3494.574	1747.287	0.000	0.000	20569.809	370089.032
JULIO	63522.121	84696.161	0.000	0.000	0.000	0.000	1700.070	3400.141	1700.070	0.000	0.000	19905.872	174924.434
AGOSTO	62225.162	82966.882	0.000	0.000	0.000	0.000	1668.831	1668.831	0.000	0.000	0.000	19580.460	168110.167
SEPTIEMBRE	32125.784	64251.568	0.000	0.000	0.000	0.000	1233.557	1482.045	0.000	0.000	0.000	12051.550	111144.505
OCTUBRE	0.000	68204.070	448.556	1345.667	0.000	0.000	1345.667	1585.290	0.000	0.000	0.000	13807.259	86736.509
NOVIEMBRE	0.000	61375.379	1220.251	3660.753	0.000	0.000	610.125	0.000	0.000	0.000	0.000	12685.642	79552.150
DICIEMBRE	0.000	0.000	1197.486	3592.458	5996.957	1499.239	0.000	0.000	0.000	749.620	1499.239	12540.255	27075.254

Tabla 6.24.- Volúmenes mensuales demandados de riego de la propuesta 2 (m³).

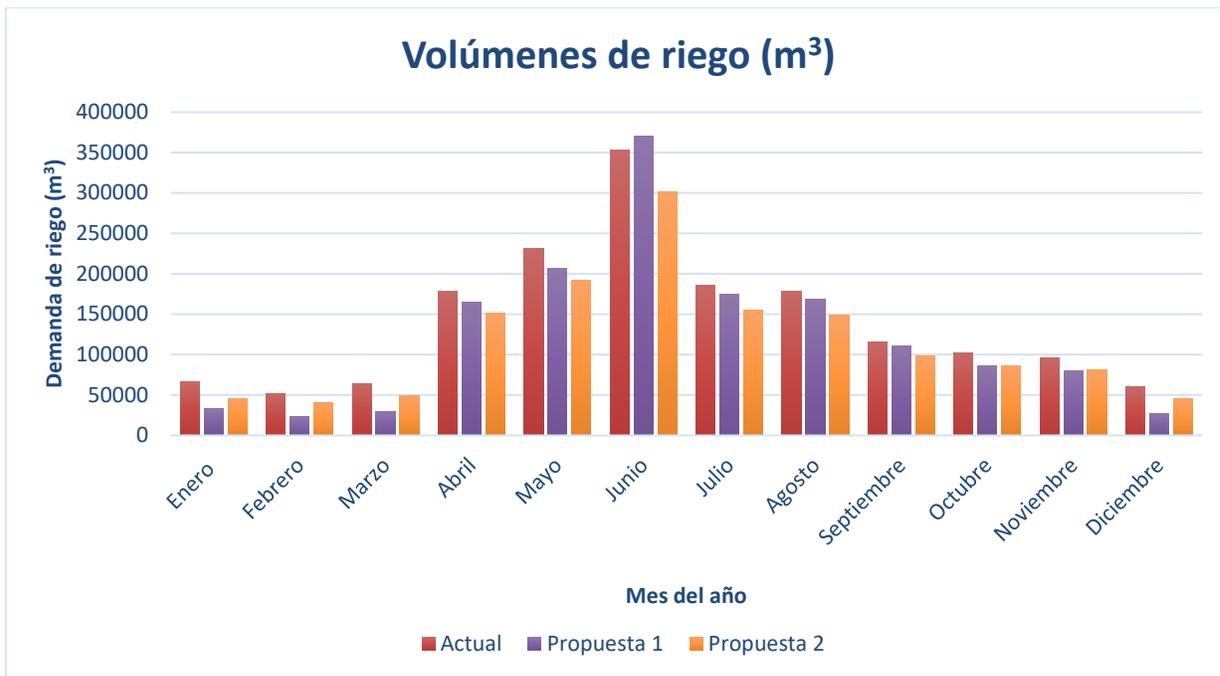
Cultivo	Volumen demandado (m ³)											Vol. Deman Mens (m ³)	
	Maíz para consumo	Maíz para forraje	Garbanzo	Janamargo	Avena para consumo	Avena para semilla	Frijol	Sorgo para silo	Sorgo para grano	Trigo	Cebadas de riego		Fresa
ENERO	0.000	0.000	1580.494	3160.988	7444.124	4466.474	0.000	0.000	0.000	1488.825	1488.825	26457.497	46087.227
FEBRERO	0.000	0.000	0.000	0.000	7237.302	4342.381	0.000	0.000	0.000	1447.460	1447.460	25907.576	40382.180
MARZO	0.000	0.000	0.000	0.000	8903.367	5342.020	0.000	0.000	0.000	1780.673	1780.673	31839.741	49646.475
ABRIL	107300.271	0.000	0.000	0.000	0.000	5748.229	0.000	0.000	0.000	1916.076	1916.076	34258.106	151138.759
MAYO	131945.574	0.000	0.000	0.000	0.000	3534.256	0.000	3852.223	1926.112	1178.085	0.000	49182.156	191618.407
JUNIO	219316.661	32464.637	0.000	0.000	0.000	0.000	873.643	3494.574	1747.287	0.000	0.000	44078.161	301974.964
JULIO	42348.080	63522.121	0.000	0.000	0.000	0.000	1700.070	3400.141	1700.070	0.000	0.000	42655.439	155325.922
AGOSTO	41483.441	62225.162	0.000	0.000	0.000	0.000	1668.831	0.000	1668.831	0.000	0.000	41958.129	149004.394
SEPTIEMBRE	21417.189	48188.676	0.000	0.000	0.000	0.000	1233.557	0.000	1482.045	0.000	0.000	25824.751	98146.219
OCTUBRE	0.000	51153.052	897.112	1794.223	0.000	0.000	1345.667	0.000	1585.290	0.000	0.000	29586.983	86362.327
NOVIEMBRE	0.000	4603.1534	2440.502	4881.004	0.000	0.000	610.125	0.000	0.000	0.000	0.000	27183.518	81146.684
DICIEMBRE	0.000	0.000	2394.972	4789.944	7496.197	2248.859	0.000	0.000	0.000	749.620	1499.239	26871.975	46050.805

Para poder hacer un análisis más detallado de dichas demandas de agua, se hace la comparación de los volúmenes de cada propuesta, junto con la demanda que se tiene actualmente; ya que es sumamente importante revisar los resultados obtenidos en el presente y de acuerdo a las propuestas de desarrollo, se logra un mejor resultado; tal como se observa en la tabla 6.25. y en las gráficas 6.4 y 6.5, las cuales contienen los análisis comparativos de volúmenes de riego tanto mensuales como al año; donde se aprecia que ambas propuestas son más bajas que las actuales.

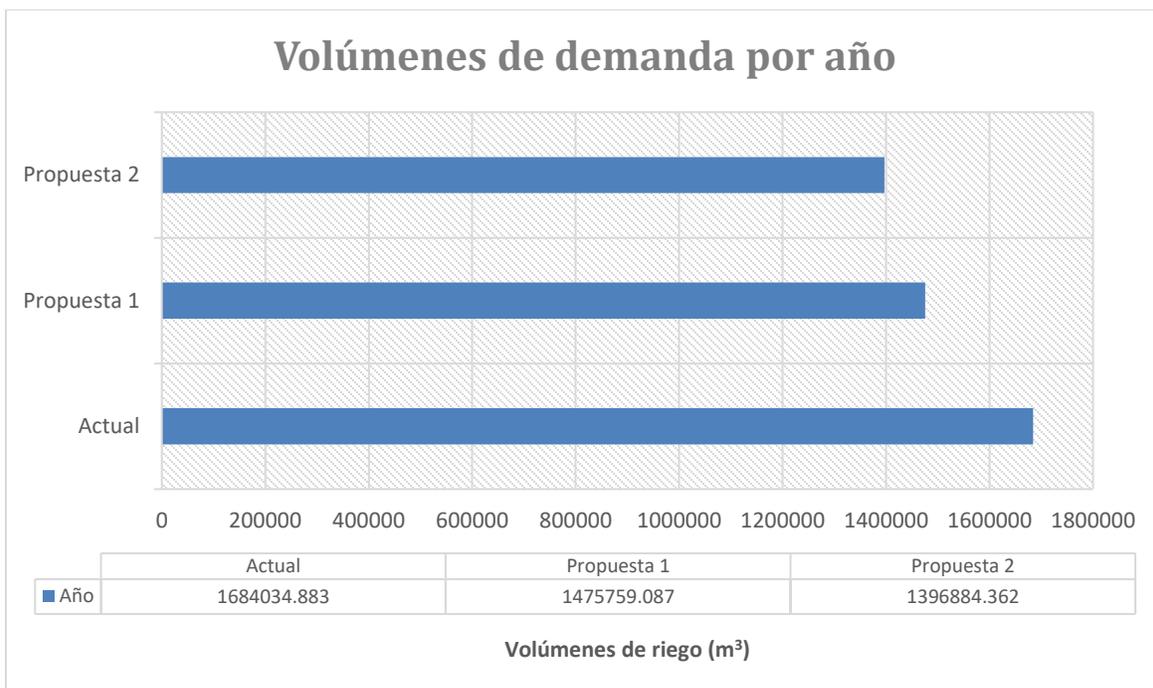
Tabla 6.25.- Volúmenes mensuales demandados de riego (m³).

Volúmenes de riego (m ³)			
Mes	Actual	Propuesta 1	Propuesta 2
Enero	66525.687	33291.23577	46087.22725
Febrero	52021.8109	23669.88493	40382.17956
Marzo	63950.7723	29103.93319	49646.47542
Abril	178782.469	165441.0656	151138.7589
Mayo	231400.797	206620.9156	191618.4066
Junio	353482.582	370089.0325	301974.9642
Julio	185944.638	174924.4343	155325.9215
Agosto	178366.485	168110.1666	149004.3944
Septiembre	115645.798	111144.505	98146.21859
Octubre	101941.06	86736.50884	86362.3271
Noviembre	96041.1215	79552.15004	81146.68354
Diciembre	59931.663	27075.25422	46050.80482
Año	1684034.88	1475759.087	1396884.362

Gráfica 6.4.



Gráfica 6.5.



6.7. APROVECHAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL PARA EL USO AGRÍCOLA.

La escasez cada vez mayor de las aguas dulces debido al crecimiento demográfico, a la urbanización y, probablemente, a los cambios climáticos, ha dado lugar al uso creciente de aguas residuales para la agricultura, la acuicultura, la recarga de aguas subterráneas y otras áreas. En algunos casos, las aguas residuales son el único recurso hídrico de las comunidades pobres que subsisten por medio de la agricultura. Si bien el uso de aguas residuales en la agricultura puede aportar beneficios (incluidos los beneficios de salud como una mejor nutrición y provisión de alimentos para muchas viviendas), su uso no controlado generalmente está relacionado con impactos significativos sobre la salud humana. Estos impactos en la salud se pueden minimizar cuando se implementan buenas prácticas de manejo.

Las guías para el uso seguro de aguas residuales en la agricultura deben encontrar el balance justo entre la maximización de los beneficios de salud pública y las ventajas de usar recursos escasos. Es necesario que las Guías sean lo suficientemente flexibles para poder adaptarlas a las condiciones locales, sociales, económicas y ambientales. Además, se deben implementar paralelamente con otras intervenciones de salud como la promoción de la higiene, los servicios de agua potable y saneamiento adecuados y otras medidas de atención primaria de la salud.

En 1989, la OMS publicó las Guías sobre el Uso Seguro de Aguas Residuales en la Agricultura y Acuicultura. Estas guías han repercutido significativamente en el reuso racional de aguas residuales y excretas en todos los países. Para este caso la mayor parte del agua residual tiene como fin aprovecharla para la agricultura.

Se busca usar el agua residual tratada para los cultivos de la zona agrícola Acuitzio – Tiripetío así aprovechar el saneamiento del agua y controlar la explotación de los recursos hídricos de otras fuentes.

6.8. USO EN RIEGO AGRÍCOLA.

La utilización del agua destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industria,

6.8.1. RIEGO NO RESTRINGIDO.

La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas en forma ilimitada como forrajes, granos, frutas, legumbres y verduras.

6.8.2. RIEGO RESTRINGIDO.

La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas excepto legumbres y verduras que se consumen crudas.

6.9. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES CONFORME A LA NORMATIVA VIGENTE NOM-001-SEMARNET-1996.

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos en este caso para riego agrícola tabla 6.26 (tabla 2 NOM-001-SEMARNET-1996), y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas.

Tabla 6.26.- (Tabla 2 NOM-001-SEMARNAT-1996) límites máximos permisibles para contaminantes básicos.

T A B L A 2

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																					
PARÁMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES (B)		
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)				
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.			P.M.
Temperatura °C (1)	N.A	N.A	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	
Materia Flotante (3)	au	au	au	au	au	au	au	au	au	au	au	au	au	au	au	au	au	au	au	au	au
	sen	sen	sen	sen	sen	sen	sen	sen	sen	sen	sen	sen	sen	sen	sen	sen	sen	sen	sen	sen	sen

	te	te	te	te	te	n te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te	te
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A	N.A	1	2
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A	N.A	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígenos	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A	N.A	75	150
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A	N.A	N.A	N.A
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A	N.A	N.A.	N.A.	5	10	N.A	N.A	N.A	N.A

{1} Instantáneo

{2} Muestra Simple Promedio Ponderado

{3} Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.

P.D.= Promedio Diario; P.M. = Promedio Mensual;

N.A. = No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

Fuente informativa: NOM-001-SEMARNAT-1996.

En el presente análisis de laboratorio, mostrado en la figura 6.11; se pueden considerar los siguientes escenarios, para el reúso y/o aprovechamiento de las aguas residuales municipales de la localidad de Acuitzio del Canje. Estos escenarios fueron definidos en función del tamaño de la comunidad generadora de aguas residuales de tipo doméstica, el tipo de aprovechamiento y la disponibilidad de superficie. En todos los casos, la calidad del efluente debe de cumplir con los límites permisibles establecidos en las NOM ya mencionada; para tal caso, el escenario es el siguiente:

1.- Aguas residuales de la localidad de Acuitzio del Canje, con tratamiento biológico natural como laguna facultativa, suficiente para entregar agua residual tratada para riego agrícola y/o riego de áreas verdes, etc. (principalmente en la zona agrícola Acuitzio – Tiripetío “Los Planes”).

A manera de definición, las lagunas facultativas son aquellas que poseen una zona aerobia y una anaerobia, siendo respectivamente en superficie y fondo. La finalidad de estas lagunas es la estabilización de la materia orgánica en un medio oxigenado proporcionando principalmente por las algas presentes (Rolim, 2000).

El objetivo de las lagunas facultativas es obtener un efluente de la mayor calidad posible, en el que se haya alcanzado una elevada estabilización de la materia orgánica, y una reducción en el contenido en nutrientes (para este caso se omitirá) y bacterias coliformes.

Figura 6.11.- Resultados del 1^{er} muestreo correspondiente al periodo de estiaje

Lugar	Unidades	Agua abajo Acuitzio, Michoacán.
Fuente de Contaminación	-	Puntual
Número de Muestra	-	5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades de pH	6.7
Temperatura ambiente	°C	27
Temperatura de la muestra	°C	18
Conductividad eléctrica	µS/cm	271
Salinidad	‰	0.1
Oxígeno disuelto	mg/l	0.92
Sólidos Totales (ST)	mg/l	460
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/l	268
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	192
Sólidos Disueltos Fijos (SDF)	mg/l	160
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	mg/l	108
Sólidos Totales Fijos (STF)	mg/l	272
Sólidos Totales Volátiles (STV)	mg/l	188
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	mg/l	112
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	mg/l	80
Sólidos Sedimentables (SSed)	ml/l	0.4
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /l	217
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	54.3
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1.5x10 ⁶
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	14.8
Fósforo Total (P _T)	mg/l	4.08

Fuente informativa: Alatorre 2018

Conforme a los resultados obtenidos del muestreo hecho aguas abajo de la población de Acuitzio del Canje, se tiene conforme a la Norma Oficial Mexicana de la SEMARNAT-001, del año 1996; para el uso del agua en riego agrícola, se tiene que respetar los establecidos en la misma norma, por lo cual con base en los resultados se tiene el siguiente análisis tal como se muestra en la tabla 6.27.

Tabla 6.27. Comparación del análisis respecto a la Norma.

Concepto	Unidades	Muestreo Acuitzio del Canje	NOM-001-SEMARNAT-1996 para uso Agrícola.	Resultado
Potencial de Hidrógeno (pH)	unidades de pH	6.7	10	cumple
Temperatura de la muestra	°C	18	N.A	cumple
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	192	150	Requiere de Tratamiento
Sólidos Sedimentables (SSed)	mg/l	0.4	1	cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /l	54.3	150	cumple
Coliformes Fecales	MNP/100 ml	1.5x10 ⁹	1x10 ⁹	Requiere de Tratamiento
Nitrógeno Total (N _T)	mg/l	14.8	40	cumple
Fósforo Total (P _T)	mg/l	4.08	20	cumple

De acuerdo al análisis anterior el uso del Nitrógeno y del Fósforo que está presente en el agua residual puede usarse para riego de productos de forraje, el cual ayuda a su mejor crecimiento ya que ayuda a nutrir sin utilizar más de lo habitual en fertilizantes, que contiene el agua tratada por consecuencia. Y solo en los parámetros que exceden la norma se deberá de tratar, sin que se eliminen los nutrientes, que son los que ayudan para tener una mejor cosecha.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Con el presente trabajo realizado se logró proponer varias propuestas para el manejo sustentable del recurso hídrico en la zona agrícola de Acuitzio – Tiripetío (Los Planes), verificando que es posible esto con la rotación de cultivos, utilizando cultivos en proporciones menores o mayores dependiendo el uso que se desee implementar, esto con el fin de que la lámina de riego utilizada sea mejor y la más eficiente, tal como se demostró en las propuestas presentadas.

Conforme a lo anterior se puede concluir que de implementarse cualquiera de las dos propuestas, se podrán abrir nuevas áreas de cultivo, ya que se tiene la concesión, por parte de la comisión nacional del agua, para los volúmenes anuales que actualmente se están usando y de implementarse una de las propuestas de ésta tesis, se tendrá un remanente del volumen anual concesionado, con lo cual se podrá beneficiar a los agricultores, al tener el recurso hidráulico para sembrar en más hectáreas, en beneficio obvio de toda la comunidad.

Por medio del uso del agua tratada se puede cultivar, siempre y cuando cumpla con las especificaciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana 001 de la SEMARNAT de 1996, en el apartado del agua para uso agrícola, riego restringido y riego no restringido, que recomienda sean cultivos de tallo alto, sea para forraje, no esté en contacto con el agua residual. Por lo cual, se puede proponer una planta de tratamiento que cumpla con las especificaciones del riego para uso agrícola.

Se puede reducir el consumo del recurso hídrico por medio del recubrimiento de los canales con concreto, para aprovechar de manera más eficiente el agua, y queda abierta la propuesta de utilizar a su 100 % la manera de conducir este recurso por medio de tubería, ya sea PVC u otro material; para hacer llegar mejor el agua y evitar las pérdidas por evaporación o infiltración.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- 2008-2011, H. A. (2010). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Acuitzio Michoacán*. Morelia, Michoacán: Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente del Estado, Grupo Habitat.
- Cázares, I. J. (2018). *Evaluación del potencial de contaminantes en el agua de la presa Cointzio por efecto de nutrientes de fuentes de contaminación puntuales y difusas*. Morelia. Michoacán: Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Maestria en Ciencias en Ingeniería Ambiental.
- Heredia, C. A. (2018). *Propuesta de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para la localidad de Buenavista Tomatlán, Michoacán*. Morelia, Michoacán: Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Facultad de Ingeniería Civil.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, G. e. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos de Mexico*. Mexico: Acuitzio del Canje, Michoacán de Ocampo, Clave geoestadística 16001.
- M.C. Guillermo Benjamín Pérez Morales, M. J. (Enero 2018). *Manual de Obras Hidráulicas*. Morelia, Michoacán.: Departamento de Hidraulica, Facultad de Ingeniería Civil- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Mendoza., F. d. (2018). El general Vicente Riva Palacio otorga el perdón a prisioneros belgas. *Óleo sobre tela*. INBA (Instituto Nacional de Bellas Artes), Museo Nacional de Arte 2018, Morelia, Michoacán.
- Naturales), S. (. (1996). *Limites Máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en agua y bienes nacionales NOM-001*. México: Normas Oficial Mexicana,.
- Ocampo, P. O. (2016). *Plan de desarrollo Municipal*. Morelia, Michoacán.: Tomo CLXIII, NUM.. 90.
- Social), S. (. (2017). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social*. Morelia, Michoacán: Acuitzio Michoacán (16001), Subsecretaria de Planeación, Evaluación y Desarrollo Regional.
- Zootecnia, F. d. (2018). *Cátedra Climatología y Fenología Agrícolas*. Argentina: Universidad Nacional del Tucuman, PEDES IN TERRA AD SIDERA VISUS.

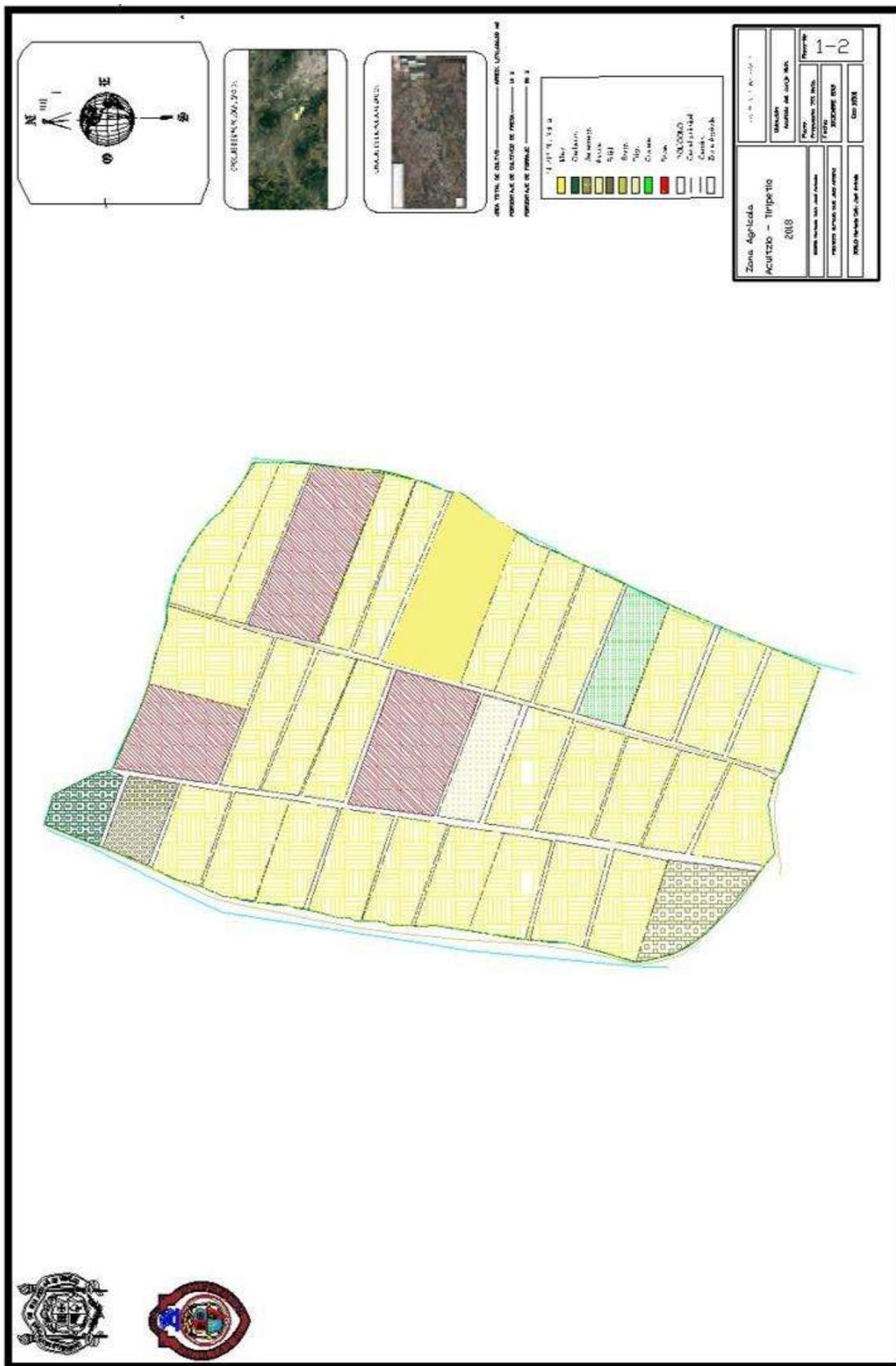
WEBGRAFÍA.

- (FAO), F. a. (Noviembre de 2018). *Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar*.
Obtenido de
http://www.fao.org/docrep/pdf/009/x0490s/x0490s03.pdf?fbclid=IwAR3CTdntYPU_5j6b16DDbLoHQp0IaWYeBbx5tFD9dgHmBKT_-d2ATfbSLNo
- (FAO), F. a. (Noviembre de 2018). *Factores de manejo*. Obtenido de
<http://www.fao.org/docrep/006/x8234s/x8234s09.htm>
- (INEGI), I. N. (Octubre de 2018). *Archivo histórico de localidades geoestadísticas*. Obtenido de
<http://www.beta.inegi.org.mx/app/geo2/ahl/>
- (INEGI), I. N. (Octubre de 2018). *Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas*. Obtenido de
http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/#
- (mipueblo.mx), P. y. (Octubre de 2018). *Acuitzio del Canje*. Obtenido de
<http://www.mipueblo.mx/16/1110/acuitzio-del-canje/>
- (SEDESOL), S. d. (Octubre de 2018). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2017*. Obtenido de Michoacán, Acuitzio (16001):
http://diariooficial.gob.mx/SEDESOL/2017/Michoacan_001.pdf
- (SEDESOL), S. d. (Octubre de 2018). *Informe Anual Sobre la Situación de Pobreza y Rezagos Sociales*. Obtenido de
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/45380/Michoacan_001.pdf
- (SEDESOL), S. d. (Octubre de 2018). *Unidad de Microrregiones*. Obtenido de Cédulas de información Municipal (SCIM) Municipios:PDZP:
<http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=pdzp&ent=16&mun=001>
- Cosío, J. J. (Noviembre de 2018). *Un Universo invisible bajo nuestros pies (Los suelos y la vida)*.
Obtenido de Phaeozems o Feozems (WRB, 1998):
http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2015/02/12/145465?fbclid=IwAR38Zcr9ZpAvPeK79a5bKpEU-JHAX__xDV0GAhXR6f1frWCM49VxZUg4TKA
- Español, E. L. (Octubre de 2018). *Acuitzio del Canje (Michoacán)*. Obtenido de
[http://enciclopedia.us.es/index.php/Acuitzio_del_Canje_\(Michoac%C3%A1n\)#Monumentos_y_lugares_de_inter.C3.A9s](http://enciclopedia.us.es/index.php/Acuitzio_del_Canje_(Michoac%C3%A1n)#Monumentos_y_lugares_de_inter.C3.A9s)
- Internacional, R. M. (Octubre de 2018). *Celebración histórica: 151 años del Canje de Prisioneros de Acuitzio en 1865*. Obtenido de <https://www.imer.mx/rmi/celebracion-historica-150-anos-del-canje-de-prisioneros-de-acuitzio-en-1865/>

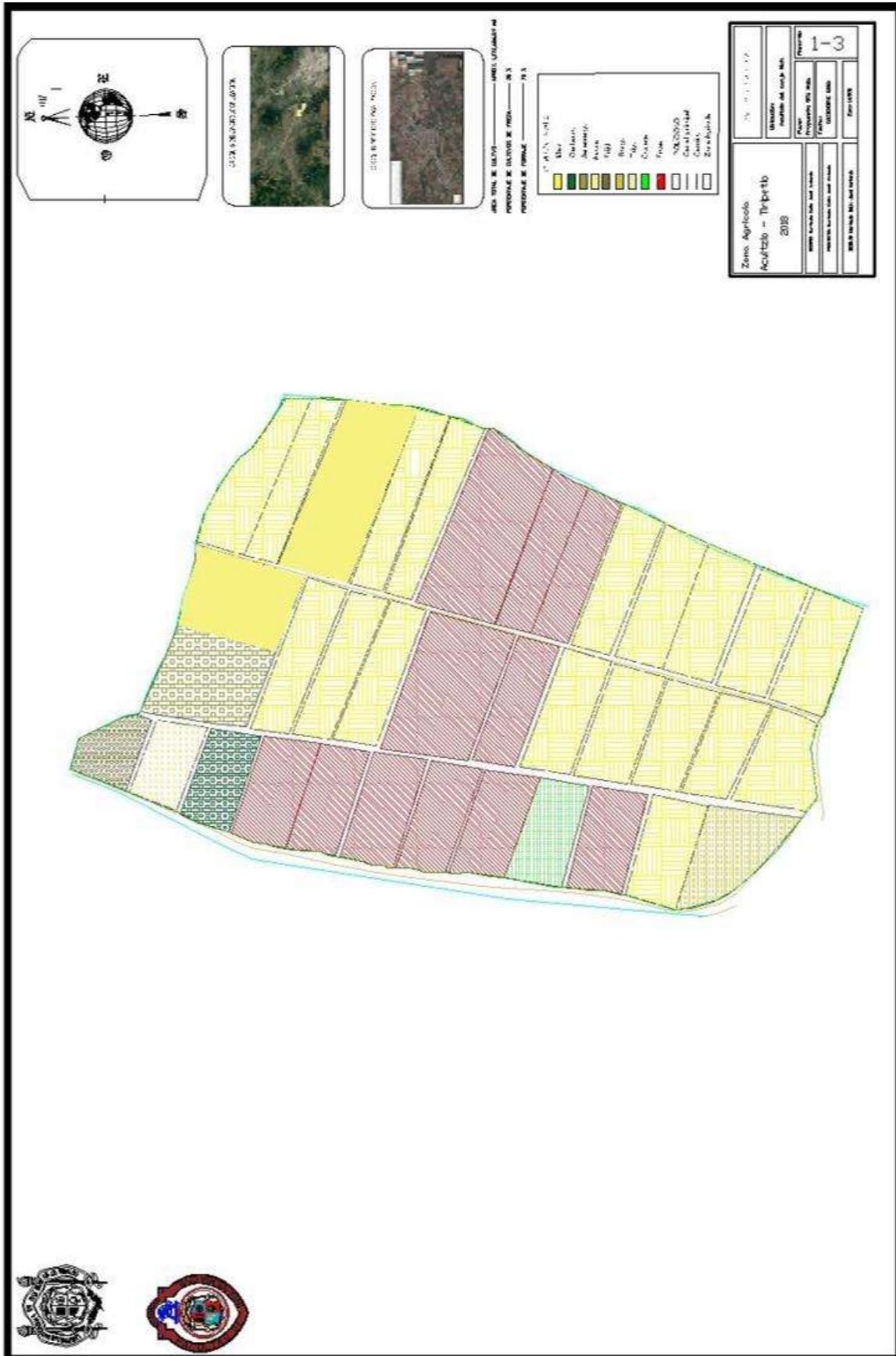
PortalFruticola.com. (Noviembre de 2018). *La capacidad de campo de un suelo* . Obtenido de Técnicas para su medición: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/01/25/la-capacidad-de-campo-de-un-suelo-tecnicas-para-su-medicion/?year=2018&monthnum=01&day=25>

punto), g. (. (Octubre de 2018). *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México*. Obtenido de <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16001a.html>

Sonora, B. D. (Noviembre de 2018). *Lagunas de estabilización (Lagunas de Oxidación)*. Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19117/capitulo4.pdf>



MANEJO SUSTENTABLE DEL RECURSO HÍDRICO EN LA ZONA AGRÍCOLA ACUITZIO – TIRIPETÍO, DEL ESTADO DE MICHOACÁN.



MANEJO SUSTENTABLE DEL RECURSO HÍDRICO EN LA ZONA AGRÍCOLA ACUITZIO – TIRIPETÍO, DEL ESTADO DE MICHOACÁN.