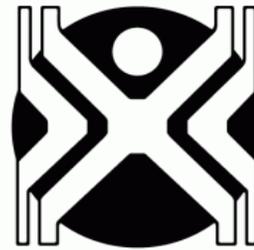


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DEL HÁBITAT

Instituto de Investigación y Posgrado



**“GESTIÓN DEL AGUA PLUVIAL PARA USO DOMÉSTICO EN
MATEHUALA, S.L.P”**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS DEL HÁBITAT.
ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS**

PRESENTA

Arq. DIETER ACEVEDO CORONADO

DIRECTOR DE TESIS

MDU. ADRIAN MORENO MATA

SINODAL

MAPP. JAIME JAVIER LOREDO ZAMARRÓN

SINODAL

C. a DRA. MARCELA LÓPEZ MARES

Julio del 2014

Agradecimientos

Quiero agradecer primeramente a Dios por darme salud, fuerza y paciencia, y también por permitirme llegar a este grado de maestría que hoy culmino. Gracias por darme la oportunidad de tener a mi familia con buena salud y unida. Gracias también por darme la oportunidad de entregarles un logro más que con esfuerzo y empeño he sacado adelante.

A mi padre el Ing. Marco Antonio Acevedo Martínez y a mi madre Altagracia Coronado de la Cruz, les agradezco por las oportunidades que me han ofrecido a lo largo de mi vida, la educación que me han brindado ha sido sin duda el mejor patrimonio que me han otorgado. El apoyo económico y emocional han sido dos factores clave que hacen posible que hoy esté presentando mi trabajo final de la Maestría en Ciencias del Hábitat. Es así, que les agradezco infinitamente a los dos por crear en mí una persona comprometida y responsable, no duden de que me esforzaré en todas mis actividades futuras y las realizaré de manera correcta, sobreponiendo los valores éticos que ustedes me han inculcado. Sepan que de ahora en adelante procurare siempre el bienestar de nuestra familia, y sobre todo el de mi hermana Evelyn Acevedo Coronado.

A mis tíos Gloria Acevedo Martínez y Francisco Rueda Meza, que han hecho de mí una persona madura y correcta en la forma de actuar para que mis acciones sean de una manera honesta y responsable en el futuro que estoy por emprender.

Agradezco a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y a la Facultad del Hábitat el haber sido mi casa por más de 7 años y vivir en ellas una etapa muy importante en mi vida. En ella conocí personas en las que puedo estar seguro que se puede confiar, reforzando en algunas la amistad que logramos forjar con el paso del tiempo y adquiriendo nuevos conocimientos y experiencias inolvidables por parte de mis maestros y compañeros de carrera.

Agradezco a mi director de tesis el MDU. Adrián Moreno Mata por orientarme y apoyarme para que éste trabajo lo haya realizado de la manera más adecuada y pertinente, aportando conocimiento a los futuros investigadores. También Agradezco a mis sinodales, el MAPP. Jaime Loredó Zamarrón que estuvo siempre pendiente del desarrollo de este trabajo y que guió a lo largo de estos dos años mi investigación, a la C. a Dra. Marcela López Mares el haber apoyado con sus correcciones y opiniones para esta tesis haya culminado con el mayor de los éxitos, a todos ellos muchas gracias.

A todos y cada uno de los antes mencionados les doy gracias porque sin duda han hecho de mí una persona madura, consiente y responsable para tomar decisiones que forjarán el futuro y rumbo de mi vida, siendo este proyecto el comienzo de una nueva etapa en donde estoy seguro que con el aprendizaje y experiencias a lo largo de mi vida me desenvolveré de una manera correcta y honesta en mis acciones, les agradezco de la manera sincera, teniendo en mí una persona con la que podrán contar y confiar siempre. Muchas Gracias.

Arq. Dieter Acevedo Coronado

Índice

Agradecimientos.....	2
Índice.....	4
Índice de figuras.....	9
Índice de gráficas.....	11
Índice de tablas.....	12
Introducción.....	14

Capítulo 1. Aproximaciones a la gestión del agua pluvial en entornos urbanos.....

1. Estado del arte: gestión del agua pluvial.....	19
2. Antecedentes Teóricos.....	20
3. Gestión del agua a nivel de cuencas.....	21
4. Captación de agua pluvial para la recarga de mantos acuíferos.....	21
5. Sistemas de captación pluvial y reutilización de aguas grises.....	23
6. Material para la construcción, permite la filtración de agua.....	24
7. Colectores pluviales.....	25
8. Investigaciones similares y buenas prácticas.....	26
9. Tabla de síntesis de autores y teorías más relevantes para la investigación.....	28
10. Gestión eficiente de agua pluvial aplicada en ciudades.....	29
11. Uso doméstico del agua captada, el más importante.....	33
12. Identificación del problema de investigación: Crisis de agua en la ciudad de Matehuala.....	40
13. Problemática del agua pluvial en la ciudad de Matehuala, un enfoque particular.....	41
14. Justificación de la investigación.....	42
15. Relevancia social.....	43
16. Pregunta general de investigación y preguntas específicas.....	44
18.1. Pregunta general.....	44
18.2. Preguntas Específicas.....	44
19. Objetivo general y específicos.....	44
19.1. Objetivo general.....	44

19.2. Objetivos específicos	44
Capítulo 2. Marco teórico – conceptual para el estudio de la gestión pluvial	46
1. Gestión del agua pluvial: dimensiones de análisis y relaciones entre procesos	47
2. Gestión integral del agua pluvial.....	48
3.1. Clasificación de acciones de gestión a nivel de cuencas.....	49
3.2. Jerarquización de acciones de gestión a nivel de cuencas	50
3. Gestión estratégica del agua pluvial.....	52
4.1. Metodología para el diagnóstico estratégico.....	53
4.2. Técnicas de diagnóstico en relación con el estudio contextual y el estudio interno.....	54
4. Gestión del agua pluvial para un desarrollo sustentable	55
5. Gestión Integrada de los recursos hídricos	61
4.1. Gestión de la captación del agua pluvial.....	63
4.2. Gestión del almacenamiento del agua pluvial.....	66
4.3. Gestión de la disposición final del agua pluvial.....	66
5. Gestión del agua pluvial, la solución al problema.....	67
6. Gestión estratégica del agua pluvial desde una perspectiva ambiental	70
Capítulo 3. Marco metodológico	75
1. Diseño de la investigación.....	76
2. Guías de discusión	76
2.1. Guía de discusión de la pregunta general de investigación.....	76
2.2. Guía de discusión de la pregunta específica 1	76
2.3. Guía de discusión de la pregunta específica 2	76
2.4. Guía de discusión de la pregunta específica 3	76
2.5. Guía de discusión de la pregunta específica 4	77
3. Preliminares.....	77
3.1. Tipo de investigación	77
3.2. Enfoque.....	78
3.3. Nivel.....	81

3.4. Límites Teóricos.....	81
4. Población y muestra	82
4.1. Entidades que apoyaron el trabajo de investigación, población/muestra	83
4.2. Usuarios autóctonos, académicos expertos y autoridades que apoyaron.....	84
5. Fase de la instrumentación.....	84
6. Variables e indicadores	86
6.1. Pregunta general y objetivo general con la variable dependiente y sus indicadores	86
6.2. Preguntas específicas y objetivos específicos con sus variables independientes y sus indicadores.....	87
7. Anonimato y confidencialidad	88
8. Riesgos y beneficios.....	89
9. Proceso de recolección	90
10. Instrucciones para la recolección de datos	92
11. Codificación para la recolección de datos	93
11.1. Tabla evaluadora (entrevista)	93
12. Descripción de los análisis a llevar a cabo.....	97
13. Argumentos para generar una recomendación del plan de gestión integral del agua pluvial para uso doméstico en Matehuala, S.L.P.....	98

Capítulo 4. Marco territorial de referencia de la problemática del agua pluvial en la ciudad de Matehuala 102

1. Diagnóstico de la problemática del agua en la ciudad de Matehuala	102
1.1. Zonas y tipos de veda en México.....	103
1.2. El agua pluvial, un problema de gestión	104
1.3. Ubicación de Matehuala, S.L.P.....	106
1.4. Primeros asentamientos y fuentes de abastecimiento de agua	107
1.5. Autoridades encargadas del agua	108
1.6. Agua demandada y balance de aguas subterráneas.....	109
1.7. Filtración, escurrimientos, recarga y evaporación de agua en una ciudad ...	111
1.8. Área de estudio, crecimiento en población y lluvia total anual y mensual en Matehuala, S.L.P	112
1.9. Precipitación en Matehuala del periodo de 1970 a 2011	113

1.10. Clima en Matehuala, factor determinante	116
1.11. Polígono del acuífero y datos geográficos del área de estudio.....	117
1.12. Fuentes de abastecimiento de agua para Matehuala. Manantial “La maroma” y pozos de San Isidro (Cedral, S.L.P)	119
2. Resultados en porcentaje de tablas evaluadoras	121
3. Análisis comparativo entre investigación teórica y encuestas	122
4. Conclusión de los puntos expuestos anteriormente	124
Capítulo 5. Recomendación de plan de gestión integral para la captación, almacenamiento y distribución del agua pluvial para uso doméstico en Matehuala, S.L.P	125
1. Información previa para generar el plan de gestión integral.....	126
2. Propuesta de plan de gestión integral del agua pluvial urbana para uso domestico en Matehuala, S.L.P	128
2.1. Captación del agua pluvial urbana, sistema colector pluvial separativo.....	128
2.2. Almacenamiento del agua pluvial urbana, bordo de almacenamiento	129
2.3. Distribución del agua pluvial en red hidráulica, planta tratadora de agua	131
2.4. Gráfico de ubicación	133
Conclusiones.....	134
1. Aspectos generales	136
2. Aspectos teórico – conceptuales	137
3. Aspectos metodológicos.....	137
4. Recomendaciones de política pública	138
5. Agenda de investigación futura	138
Referencias bibliográficas.....	140
Capitulo 6. Anexo Técnico.....	145
1. Área de cuenca hidrográfica.....	146
1.1. Coeficiente de compacidad (Cc).....	148
1.2. Relación de elongación (Re).....	148

1.3.	Curva hipsométrica	149
1.4.	Rectángulo equivalente	152
1.5.	Pendiente de la cuenca	155
1.6.	Red de drenaje	155
1.7.	Pendiente del cauce principal	157
1.8.	Tiempo de concentración del agua	158
2.	Precipitación media anual de la cuenca	159
2.1.	Periodo de retorno	161
2.2.	Serie de Máximos Anuales	164
2.3.	Precipitaciones verdaderas.....	166
2.4.	Obtención de las curvas [$P \cdot D \cdot Tr$] y [$I \cdot D \cdot Tr$] y Fórmula de Bell	166
2.5.	Estimación de gastos máximos por método racional	169
3.	Regionalización	171
3.1.	Método del coeficiente de escurrimiento para estimar volúmenes escurridos anuales.....	173
3.2.	Volumen escurrido anual	175

Índice de figuras

Figura1.1. Tipos de colectores.....	25
Figura1.2. Consecuencias de extracción de agua.....	32
Figura1.3. Áreas de conflictos por agua.....	36
Figura1.4. Uso del agua y proporciones de la misma.....	38
Figura1.5. Calles de Matehuala inundadas.....	40
Figura1.6. Hogares sin agua.....	40
Figura2.1. Relación de conceptos clave.....	48
Figura2.2. Metodología para el diagnóstico estratégico.....	53
Figura3.1. Diagrama sobre los métodos mixtos.....	79
Figura3.2. Diagrama aplicando métodos mixtos.....	80
Figura3.3. Relación entre dependencias, usuarios y el plan de gestión.....	85
Figura3.4. Técnicas de investigación en comunicación.....	92
Figura3.5. Medio ambiente saludable.....	100
Figura4.1. Zonas de veda en México.....	104
Figura4.2. Ubicación y datos de Matehuala.....	106
Figura4.3. Mancha urbana.....	107
Figura4.4. Fuentes de abastecimiento.....	107
Figura4.5. Ciclo del agua en ciudades.....	111
Figura4.6. Área de estudio.....	112
Figura4.7. Clima de México.....	116
Figura4.8. Acuífero en Matehuala – Cedral.....	117
Figura4.9. Geomorfología de la zona.....	118
Figura4.10. Geomorfología de la zona de estudio.....	119
Figura4.11. Gestión integral del agua pluvial.....	123
Figura5.1. Colector pluvial.....	129
Figura5.2. Colector pluvial, construcción.....	129
Figura5.3. Bordo de almacenamiento de agua pluvial.....	130
Figura5.4. Ejemplo de construcción de bordo de almacenamiento.....	130
Figura5.5. Ejemplo de bordo de almacenamiento.....	131
Figura5.6. Planta tratadora de agua.....	132
Figura5.7. Ubicación de sistemas integrados.....	133

Figura5.8. Relación en el proceso de gestión integral.....	134
Figura6.1. Área de cuenca en zona de estudio.....	147
Figura6.2. Dimensión más grande desde la salida.....	149
Figura6.3. Mapa de corriente y orden que influye en la cuenca.....	156
Figura6.4. Cauce principal de la cuenca.....	158
Figura6.5. Estaciones pluviométricas y polígonos de Thiessen.....	160
Figura6.6. Fotografía resultado de curvas $P \cdot D \cdot Tr$	168
Figura6.7. Fotografía resultados de curvas $I \cdot D \cdot Tr$	168
Figura6.8. Regionalización de cuencas en zona poniente de Matehuala.....	172
Figura6.9. Regionalización de cuencas. Áreas.....	172

Índice de gráficas

Gráfica1.1. Distribución del agua en la Tierra.....	34
Gráfica1.2. Estadísticas de usos agrupados	37
Gráfica2.1 Jerarquización en gestión nivel de cuencas.....	50
Gráfica4.1. Balance de aguas subterráneas.....	110
Gráfica4.2. Extracciones de agua subterránea.....	110
Gráfica4.3. Proyección de crecimiento poblacional.....	112
Gráfica4.4. Datos de precipitación de 1970 al 2012.....	114
Gráfica4.5. Datos de precipitación por mes de 1970 a 2012.....	115
Gráfica4.6. Volúmenes de agua extraídos por año.....	120
Gráfica6.1. Curva hipsométrica y altura mediana.....	151
Gráfica6.2. Pendiente del cauce principal.....	157
Gráfica6.3. Gasto máximo en Matehuala.....	170

Índice de tablas

Tabla1.1. Literatura sobre gestión del agua pluvial.....	29
Tabla1.2. Consumo de agua por actividad.....	39
Tabla2.1. Clasificación de acciones.....	49
Tabla2.2. Técnicas de diagnóstico.....	54
Tabla2.3. Modelos desarrollo sustentable.....	56
Tabla3.1. Teorías, con áreas de estudio, muestras y metodologías.....	82
Tabla3.2. Autoridades encargadas y que apoyaron este trabajo.....	83
Tabla3.3. Usuarios encuestados	84
Tabla3.4. Indicadores de pregunta general.....	86
Tabla3.5. Indicadores en preguntas específicas.....	88
Tabla3.6. Modelo tabla evaluadora.....	93
Tabla3.7. Evaluación al M. en Ing. Arturo González Ortiz.....	95
Tabla3.8. Evaluación a usuario, confidencial.....	96
Tabla3.9. Evaluación a autoridad, Ing. Guillermo Torres.....	96
Tabla4.1. Dependencias encargadas del manejo de aguas en México.....	109
Tabla4.2. Gasto en pozos de San Isidro.....	120
Tabla4.3. Resultados de evaluación.....	121
Tabla5.1. Datos relevantes del estudio de campo.....	127
Tabla6.1. Tamaño de cuencas de acuerdo a su área.....	147
Tabla6.2. Elevaciones de la cuenca y área correspondiente.....	150
Tabla6.3. Elevación media de la cuenca.....	152
Tabla6.4. Curvas de nivel y elevaciones.....	154
Tabla6.5. Criterios de clasificación de las áreas.....	157
Tabla6.6. Estaciones pluviométricas.....	161
Tabla6.7. Periodo de retorno de la lluvia en Matehuala.....	163
Tabla6.8. Serie de máximos anuales.....	164
Tabla6.9. Precipitaciones en Matehuala.....	165
Tabla6.10. Precipitaciones verdaderas.....	166
Tabla6.11. Datos numéricos para curvas.....	167
Tabla6.12. Resultados de curvas P-D-Tr y I-d-Tr.....	168
Tabla6.13. Áreas y volúmenes posibles a almacenar en evento máximo.....	173

Tabla6.14. Volúmenes escurridos anuales.....175

Introducción

La gestión del agua es un tema relevante, debido a que ésta es un elemento primordial para subsistir y realizar día con día nuestras diferentes actividades. Los seres humanos la ocupan para su consumo, riego, utilización en actividades personales así como para la realización de actividades industriales y/o laborales. Sin embargo, su importancia no solo está en función de su aporte al hábitat humano, sino en su necesidad para la subsistencia del hábitat natural. Desde la prehistoria el hombre buscaba este elemento hídrico y era a un costado de los lechos de ríos o lagos donde acostumbraba a asentarse para comenzar una nueva vida. Desde aquellos tiempos y por siempre, el agua es y seguirá siendo el elemento vital para poder sobrevivir. Es de esta forma como en todas nuestras actividades cotidianas que el hombre nunca puede prescindir del agua.

En México este tema en los últimos años ha adquirido una importancia capital, pues cada año aumenta la brecha entre la oferta y la demanda de agua, lo que impacta sobre la calidad de vida de la población. Hemos observado el agotamiento de nuestros cuerpos superficiales de agua y la sobreexplotación de los mantos acuíferos. La falta de agua está repercutiendo en nuestro entorno generando problemas de orden social, económico y ambiental. Es por lo anterior, que la gestión del agua pluvia adquiere relevancia como una alternativa para buscar la gestión sustentable del agua.

Es en el entorno urbano que la problemática del agua se presenta con mayor gravedad, ya que el crecimiento demográfico, el incremento de la densidad poblacional y los hábitos de consumo han generado que con el fin de abastecer a los pobladores del recurso hídrico – ya sea para uso doméstico, industrial y público este sea extraído y utilizado sin tomar en cuenta el impacto al medio ambiente. Podemos observar políticas de agua que no incluyen tecnologías alternativas con tecnologías para la búsqueda de fuentes sustentables para abastecer de éste recurso a los habitantes de la ciudad.

Es así como de acuerdo a Anna Kajumulo Tibaijuka, nos señala que el problema del agua no es únicamente un problema por la cantidad de agua disponible, sino también por los criterios bajo los cuales se administra:

En las zonas urbanas de Asia, 700 millones de habitantes carecen de agua adecuada, mientras 800 millones de habitantes (un 60%) no disponen de servicios sanitarios adecuados. En América Latina y el Caribe, las cifras correspondientes son 120 millones y 150 millones de residentes urbanos, lo cual representa 30% y 40%, respectivamente. (1998)

Es necesario implementar cambiar la manera de planear y gestionar los recursos hídricos en las ciudades que han comenzado a padecer problemas de agua. Sin embargo, estos cambios deberán de orientarse desde diferentes perspectivas, ya que incluyen desde la modificación de los hábitos y patrones de consumo hasta la planeación y gestión integral no solo de los recursos hídricos, sino de los recursos naturales en su totalidad

La problemática en la planeación y gestión de los recursos hídricos ha alcanzado niveles alarmantes pues como señala Machorro:

En México, el agua es un bien que padece por la mano del hombre que le ha contaminado y de no encontrar una solución adecuada, varias ciudades del país en lapsos de 5 a 10 años no tendrán agua para cubrir las necesidades de varios millones de personas (2010).

La ciudad de Matehuala en el estado de San Luis Potosí, no está exenta de esta problemática que resulta compleja, pues por una parte existe un problema de escasez de agua y sobreexplotación del manto acuífero y por otro lado, es posible identificar una tendencia a la alza en la precipitación pluvial anual de acuerdo a los datos de CONAGUA (2011) que genera serios problemas de inundación en algunas zonas de la ciudad. Esta situación ha resultado inédita para la población y sus gobernantes, lo que ha generado que la precipitación pluvial en Matehuala sea desaprovechada pues no se cuenta con los mecanismos para su captación y aprovechamiento. Esta situación ha sido la principal motivación para querer estudiar este tema, ya que representa una oportunidad para reflexionar a partir de

un caso concreto sobre la gestión estratégica del agua pluvial en un entorno urbano.

Esta investigación, consistió en la búsqueda de información teórica y metodológica relacionado a la gestión del agua pluvial, por lo cual se identificaron y seleccionaron autores y teorías que abordarán este tema desde diferentes enfoques pero siempre buscando integrar los procesos de captación, almacenamiento y distribución del agua pluvial. Esta búsqueda nos permitió tener un panorama global y particular acerca de las principales teorías y marcos analíticos referentes al ámbito de la gestión integral del agua pluvial. La anterior información sirvió para conocer los enfoques teóricos relevantes así como identificar las brechas existentes en la literatura sobre el tema. Así mismo, se revisaron algunas experiencias en otras ciudades con el fin de conocer buenas prácticas que pudieran trasladarse al contexto de Matehuala, ya que el objetivo de esta investigación fue identificar y relacionar los diferentes aspectos del problema de la gestión del agua pluvial en Matehuala con el fin de recomendar un Plan Estratégico para la Gestión Integral del Agua Pluvial de Uso Doméstico en Matehuala, S.L.P.

Este trabajo de investigación se estructuró a partir de cinco capítulos. En el primer capítulo se construyeron, teniendo como punto de partida el estado del arte, los elementos teórico–conceptuales que sustentaron el análisis de la información. Se analizaron los conceptos de hábitat y el desarrollo sustentable para continuar con el análisis estratégico de la problemática de la gestión del agua pluvial y se finalizó identificando las principales teorías sobre la captación y aprovechamiento del agua pluvial. Es necesario reconocer que el proceso de investigación ha sido iterativo y dialéctico, por lo que se estableció un diálogo entre la información obtenida y los nuevos descubrimientos; de forma, que en la medida que se fue obteniendo mayor información sobre el tema, fue necesario realizar cambios con la intención de afinar el planteamiento del problema y los alcances de la investigación general.

El capítulo dos muestra la construcción del marco teórico para el desarrollo de un modelo heurístico y de análisis que nos permitió integrar principalmente dos enfoques teóricos, la gestión integral de cuencas y la gestión estratégica. Es a partir de la integración de estos dos enfoques teóricos que se desarrolla el marco analítico que nos permitió comprender la problemática del agua pluvial dentro del contexto de la gestión integral del agua en entornos urbanos.

En el capítulo tres, se desarrolla la estructura metodológica que se aplicó al caso de Matehuala para generar el plan de gestión integral. Ello incluyó la identificación de las técnicas de análisis pertinentes de acuerdo a los objetivos y alcances de esta investigación y que incluyó la realización de entrevistas a actores clave, el estudio del contexto que rodea a la ciudad en cuanto a sus distintas dimensiones: físico – geográfica, climática, política, social y económica, el análisis de la actual gestión del agua en Matehuala y un análisis técnico de la cuenca de Matehuala.

El cuarto capítulo nos permite conocer los antecedentes de la problemática del agua pluvial en la ciudad de Matehuala así como los datos e información oficial sobre precipitaciones, demandas de agua en los usos consuntivos en la ciudad, fuentes de abastecimiento, y datos geográficos de la zona con el fin de ubicar dentro del contexto al lector para después dar paso a la propuesta de gestión integral. Para la construcción de este capítulo se obtuvo información cuantitativa sobre las principales estadísticas relacionadas al agua y particularmente al agua pluvial en la ciudad de Matehuala. La información anterior se complementó con una serie de entrevistas a expertos en el tema que nos permitieron integrar una visión más gerencial del problema

El capítulo cinco, se elaboró a partir del análisis técnico de la cuenca con el fin de obtener información cuantitativa referente a los gastos máximos de la cuenca ubicada en el municipio de Real de Catorce y Matehuala, además del estudio de lluvias. En este apartado se recomendó la propuesta de un plan de gestión integral a partir de la idea de generar una cartera de proyectos que tienen como objetivo la gestión integral del agua pluvial en Matehuala. El propósito de este plan es ofrecer una solución de la problemática aquí expuesta, acorde a los factores, económicos,

políticos, culturales, sociales y ambientales específicos de Matehuala y a las necesidades del desarrollo económico y social de la población de esta ciudad.

Al final de este trabajo se mencionan conclusiones generales desde los aspectos teóricos – conceptuales y metodológicos, así como recomendaciones de política pública y la propuesta de una agenda de investigación a futuro. Además se incluye un anexo a través del cual se puede observar todo el proceso analítico de la información y el desarrollo cuantitativo que se siguió para la obtención de los datos numéricos que permitieron el estudio de la geomorfología de la cuenca ubicada entre el municipio de Real de Catorce y Matehuala.

Capítulo 1. Aproximaciones a la gestión del agua pluvial en entornos urbanos

En la realización de ésta investigación, se incluyeron una serie de autores y elementos teórico–conceptuales a nivel global acerca de la gestión del agua pluvial, así como de sistemas y estrategias de captación y almacenamiento de agua a partir de los diferentes tipos de necesidades de cada una de las regiones del planeta.

De acuerdo a los estudios realizados y al análisis de datos que se presentan en este documento, se ha encontrado una ventana de oportunidad para el Municipio de Matehuala, quien tradicionalmente ha padecido de escasez del recurso hídrico, lo cual ha generado severos problemas en aquella entidad, causando impactos negativos en el bienestar de los ciudadanos de Matehuala.

Por otra parte, la información aquí mencionada se estructuró con el fin de generar el objetivo y la pregunta general de investigación. Para ello, fue necesaria realizar una revisión de literatura que nos permitió elaborar el estado del arte, el cual se complementó a través de un diagnóstico estratégico que nos permitirá identificar y conocer cuál es el estado actual de la gestión del agua pluvial en Matehuala. Para este segundo propósito, se recopilaron datos históricos acerca de la precipitación pluvial en Matehuala con la finalidad de realizar un análisis de tendencias y patrones que abarca desde 1970 hasta el 2012 checar el año. Así mismo, se complementó la información estadística con una serie de entrevistas a actores claves, los cuales se dividieron en académicos y funcionarios, así como la elaboración de una encuesta entre usuarios del servicio de SAPSAM con la intención de tener una perspectiva más amplia e integral de la problemática.

1. Estado del arte: gestión del agua pluvial

Actualmente en el mundo, el agua ha sido un foco rojo por la falta de ella en las diferentes regiones del planeta, principalmente para beberla, en otros lugares para el riego, para generar actividades económicas/laborales, no se han tomado todavía las medidas adecuadas para solucionar la carencia de éste recurso hídrico. En México específicamente, se hace énfasis en la soluciones técnicas

para extraer agua, innovación y construcción de presas, sistemas modernos de extracción de agua, sistemas de captación de agua pluvial, reutilización del agua gris, etc, pero los resultados no han sido los esperados ya que no consideran factores sociales, culturales o económicos, con lo cual se generan proyectos que son viables técnicamente pero que no cuentan con el consenso de la población.

Se han generado estudios y proyectos teóricos, mecanismos y planes que han implementado medidas secundarias para abastecer de agua potable a los habitantes de determinada región. También se ha trabajado en el uso y aplicación de la “sustentabilidad” en viviendas principalmente y, al igual, se han construido proyectos como lo son las presas, para captar inmensas cantidades de agua, considerándose el más grande proyecto en este rubro. En la actualidad estamos comprometidos a buscar soluciones reales, integrales y pertinentes para ya no solo combatir la falta de agua, sino contribuir a no seguir dañando aún más el medio ambiente por las diferentes acciones que realizan los seres humanos buscando el confort de ellos mismos, sin importar el impacto ambiental que generan sus acciones.

Por otro lado existen mecanismos y sistemas para capturar el agua de lluvia en menor cantidad, ya sea para uso doméstico o para llenar el aljibe de algún predio, ésta es considerada una solución de las más populares y óptimas de realizar debido a que sus parámetros están enfocados en ofrecer agua de manera rápida y sencilla. Todos estos diversos enfoques visualizan el manejo del agua, bajo diferentes criterios mostrando la diversidad de soluciones que los expertos y autoridades han desarrollado para este importante tema.

2. Antecedentes Teóricos

La gestión del agua pluvial, vista desde varias perspectivas toma un enfoque particular, debido a que todas las teorías que se manejan en el tema, tienen como objetivo capturar el agua de lluvia para su utilización, en unas aplicando métodos de innovación tecnológica, en otras aplicando estrategias sustentadas en las costumbres y acciones más comunes, pero todas con la finalidad de generar

respuestas para no seguir abatiendo nuestros mantos acuíferos y dañando el medio ambiente. Sin embargo, desde el inicio de la presente investigación se acordó la importancia de analizar el problema desde una perspectiva integral, por lo que se partió desde el enfoque del manejo de agua a nivel de cuencas como referencia para dar pie a conceptos señalados en ese apartado, hasta los sistemas de captación y cambios climáticos que los recursos hídricos han tenido con el pasar de los años.

3. Gestión del agua a nivel de cuencas

En este apartado se analiza el trabajo de Dourojeanni, Jouravlev y Chávez (2002) que trata en específico del manejo del agua a nivel de cuencas. Ellos hablan sobre la operación en éstas para regular las descargas de agua que provienen de la misma cuenca. Al mismo tiempo, refieren el optar porque los campos se conviertan en esponjas absorbentes de agua, de tal forma que se regulen las descargas de agua en cantidad, calidad y tiempo para retardar la descarga superficial y aumentar el flujo base. Estos autores también hacen mención de un método para captar el agua en algún receptáculo para su aprovechamiento.

Dourojeanni, Jouravlev y Chávez (2002) tratan el tema de la gestión pluvial a nivel de cuencas y es de suma importancia el hacer mención a esta teoría, ya que a partir de ella, se puede lograr la gestión integral del recurso hídrico y permite relacionar los diferentes procesos y ciclos del agua en un espacio específico. Además, comprende que la gestión del agua es un proceso social y cultural, con lo que abre las dimensiones de análisis del recurso hídrico.

4. Captación de agua pluvial para la recarga de mantos acuíferos

Al hablar sobre captación para la recarga de mantos acuíferos, comenzamos por indagar en proyectos tales que generen el incremento de los mantos. Con esto hacemos mención a Colín y Valdez (2003) que realizaron una investigación que trata del tema referido con anterioridad, presentando así una rama más sobre la

gestión del agua pluvial para uso en los diferentes métodos que serán expuestos en este apartado del documento de investigación.

Colín y Valdez (2003) realizaron un trabajo que habla sobre la recarga de los mantos por medio de la lluvia, este caso aplicado en el valle de México, debido a las grandes cantidades de personas que allá habitan es congruente debido a que comenzó por generar un proyecto como lo fue éste y las grandes aportaciones que llegó a tener ofreciendo un clima de bienestar para la mayoría de todos los capitalinos. Este tipo de proyectos permiten conocer la manera en que el problema ha sido resuelto en otros lugares y genera las llamadas buenas prácticas.

Colín y Valdez (2003) se basaron en estadísticas e información dada por los expertos en el servicio de agua y sistemas meteorológicos encargados de medir las lluvias en cada región, para dar comienzo a buscar el método pertinente para la Cd. de México en cuanto a su captación, para la recarga de su fuente abastecedora de agua.

De forma natural los acuíferos deberían recargarse mediante escurrimientos generados por las precipitaciones a través de áreas permeables como bosques, tierras de cultivo, etc. Como estas zonas permeables son cada vez menores, se recurre a la recarga artificial para poder ingresar agua en el subsuelo y mantener los niveles freáticos en la manera en que esto sea económicamente factible. La recarga artificial tiene las siguientes aplicaciones:

- almacenar en el subsuelo los escurrimientos superficiales no regulados
- Reducir el descenso piezométrico
- Apoyar los sistemas de aguas superficiales y subterráneas en la manera en que se requiera
- Mantener el equilibrio hídrico en zonas ecológicas y zonas de conservación
- Reducir los costos de transportación, almacenamiento o bombeo de agua subterránea
- Actuar en la solución y remediación de los hundimientos provocados por la sobreexplotación de algunos acuíferos
- Aminorar problemas de intrusión salina en acuíferos costeros
- Aprovechar las propiedades de filtración del suelo y de la zona no saturada para tratar aguas potables y residuales. (2003, pág. 8)

5. Sistemas de captación pluvial y reutilización de aguas grises

Al abordar una rama más de la gestión pluvial, tratando temas tales como son los sistemas de captación del agua pluvial para su aprovechamiento. Aquí mencionamos estudios como los de CIDECALLI-CP (2007), Garrido Hoyos (2008), Osornio Berthet (2012) y Huguet (2007). Estos estudios tratan sobre la captación y el tratamiento del agua pluvial, la reutilización de aguas grises, diseños de sistemas de captación y la gestión del agua pluvial para uso doméstico en magnitudes individuales. Todos estos conceptos que fueron manejados en éste estado del arte, han servido para desarrollar el marco conceptual pertinente.

CIDECALLI-CP (2007) explica un sistema de captación pluvial consistente en el diseño de un sistema de canaletas para conducir y capturar el agua de lluvia en un tanque estratégicamente ubicado que almacena el agua de lluvia y que es aplicado a casa-habitación, esto con el fin de mejorar las condiciones de vida tanto económicas como de confort. Con la llegada de éste nuevo implemento en hogares, se está considerando reducir los gastos de extracciones per cápita en mantos acuíferos o presas como fuente de abastecimiento, de tal forma que aunque son sistemas costosos el gasto se compensa a largo plazo en el recibo de consumo y en la disminución del abatimiento de los mantos acuíferos. Es así como éste autor desarrolla una metodología donde a partir de la ubicación de dicho sistema, calcula el agua demandada, las precipitaciones pluviales de acuerdo al área que se va a captar y de acuerdo a ese tanque se bombea a mingitorios, excusados y jardín, para bañarse y beber el agua deberá ser tratada o filtrada previamente.

En el mismo tenor la Dra. Garrido Hoyos, en su obra “Rescatando el agua de cielo para uso doméstico en la tierra”, menciona un sistema de captación de agua pluvial similar al del autor anterior. La autora aborda éste tema en el cual su objetivo es captar el agua de lluvia para uso doméstico ofreciendo mejorar las calidades de vida de pobladores en municipios pobres y humildes, que no cuentan con el servicio de agua potable.

Osornio Berthet (2012) también generó un trabajo parecido al de los anteriores, aunque éste más enfocado en captarla a nivel urbano por medio de una superficie más grande y conducirla a un lugar estratégico, en donde se puedan tratar para después distribuirla a los hogares y usos destinados de este elemento. Este investigador del Instituto Politécnico Nacional, realizó en su proyecto una metodología en donde especificaba el proceso a seguir, para realizar junto con las investigaciones adecuadas y correctas, una bitácora en donde se elegiría la información pertinente para generar dicha metodología en determinado lugar y de acuerdo a los objetivos trazados en cuanto a los problemas que se enfrentan. El autor dio a pie para que en ésta investigación se pensara también en crear una metodología, reforzando de tal forma el plan estratégico en la gestión pluvial, para que éste sea más correcto y adecuado al momento de incorporarse a nuestra unidad de análisis, en dado caso de ser el adecuado a proyectar.

Y para terminar en esta rama de la gestión pluvial, tenemos a Huguet (2007) que trata sobre la utilización de agua en un edificio, al mismo tiempo hace mención sobre la reutilización de aguas grises en algunos usos, como los de baño, para riego, entre otros que pudieran utilizar agua no potable. Este autor mencionó una clase de conceptos modernos para el tema de que nos ocupa. Además de querer captar y aprovechar el agua pluvial, busca también el reutilizar las aguas grises, que son consideradas las aguas de lavamanos, de lavadoras y de bañeras, haciendo uso de ellas en los mingitorios, excusados y en algunas ocasiones para riego, de esta forma el objetivo que se desea abarcar trata de una eficiencia total en las edificaciones que cuenten con sistemas innovadores en sus instalaciones.

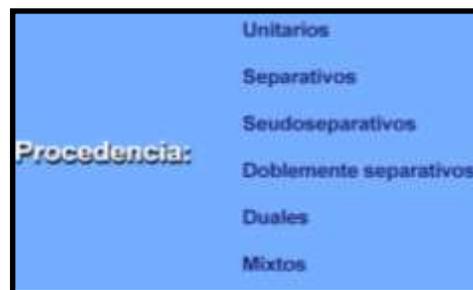
6. Material para la construcción, permite la filtración de agua

En la investigación sobre materiales permeables para construcción, destaca el trabajo de Mateos. Esta autora hace un recorrido por diferentes materiales para construcción, entre los que destaca, un hormigón que permite la filtración de agua. Este material pudiera ser aplicado en superficie grandes, como calles o parques para que el agua que precipita se filtre para la recarga de los mantos acuíferos. Así mismo, este material trabaja de varias formas: primero permite que las aguas

de lluvia se filtren hacia los acuíferos subterráneos, generando de tal forma que el líquido vital se integre a su ciclo natural en áreas urbanizadas. También ofrece una ventaja que se relaciona con la reducción de partículas contaminantes, que se encuentran en el aire y que se incrustan en la litosfera a través de la lluvia, actuando como filtro para las mismas, es así que este material podría ser aplicado de manera en que el agua seguiría su ciclo natural filtrándose nuevamente al subsuelo. Además, con la aplicación de este innovador material, se evita la necesidad de crear canaletas en lugares donde existe pendiente y puedan existir posibles encharcamientos, debido a su alta permeabilidad hacia el subsuelo y de tal forma solo es cuestión de aplicarlo de la manera correcta para que su función comience a ser parte de un nuevo producto ecológico y a favor del medio ambiente.

7. Colectores pluviales

Los tipos de colectores se pueden clasificar según la procedencia de las aguas a evacuar o en función del procedimiento de evacuación, esto de acuerdo a un curso virtual sobre colectores pluviales por parte del Ayto. de Sagunto en Valencia, España.



• Fig.1.1. Tipos de colectores

Se denomina sistemas unitarios cuando las aguas residuales y pluviales se transportan en el mismo conducto. Es el sistema más utilizado por razones económicas y de mantenimiento

Se denomina sistemas separativos cuando las aguas residuales y pluviales se transportan en conductos diferentes e independientes. Tiene una clara ventaja en la uniformidad de caudal y concentración que entra en la planta depuradora, pero implica mayor inversión de construcción y mantenimiento.

Se denomina sistemas pseudoseparativos cuando la evacuación se realiza mediante conductos separados, pero dimensionando el de aguas residuales para poder absorber las aguas pluviales que provienen de los edificios.

Se denomina sistemas doblemente separativo cuando las aguas residuales urbanas, las residuales industriales y las pluviales se transportan en conductos diferentes e independientes.

Se denomina sistemas duales a aquellos en los que se diseña y dimensiona la calzada para el transporte de parte de las aguas pluviales, estableciéndose una dualidad de transporte por la superficie y subterráneo.

También podemos considerar sistemas mixtos en los que se utilicen combinaciones de los sistemas antes descritos. (Curso. Aula Virtual).

8. Investigaciones similares y buenas prácticas

Sobre las investigaciones similares cabe señalar que fueron tomados tres ejemplos. De tal manera que la gestión del agua y el desarrollo sustentable fueron los temas básicos para la búsqueda de estos documentos. Por lo anterior es muy importante mencionar un hecho relevante sobre “La Gestión del Agua en México: los retos para el desarrollo sustentable”, en esta obra de Jacobo Villa y Saborío Fernández (2004) se habla sobre las ponencias de la gestión del agua en México, buscando un desarrollo sustentable con el mismo. El libro en lo general trata la planeación y la tecnología como temas fundamentales para que la gestión en el agua pueda ser aplicada, esto mediante los procesos institucionales como lo son: uso, aprovechamiento y manejo del agua, al igual que la calidad de agua, la economía y la sociedad. En este libro colaboran expertos en el tema de diferentes instituciones académicas que están relacionadas con el agua, y en conjunto brindan una panorámica del estado del agua en el país, al igual que sus alcances y limitaciones.

En el estado de Nuevo León y retomando el tema sobre el agua existe una obra llamada “Agua para Monterrey: la obra del siglo”, que comenzó a abordarse en los principios de los años 80’s, esta obra trata prácticamente de la dramática batalla

que vivió la zona metropolitana de Monterrey por la falta de agua, derivado de esto se desprendieron varios problemas principalmente económicos y a partir de aquí, el presidente de la República en ese entonces el Lic. Miguel de la Madrid y el gobernador en cargo del estado de Nuevo León, Alfonso Martínez Domínguez pusieron en marcha una gestión conjunta entre órganos de gobierno, de tal forma que unieran fuerzas para la solución de este problema que fue devastador para el área metropolitana de Monterrey en ese entonces, ofreciendo como solución la creación de un plan hidráulico el cual trataba de llevar el agua desde la presa de Cerro Prieto mediante un sistema de bombeo poderoso hasta el área metropolitana de Monterrey.

En su obra “Acción Pública Organizada: el caso de agua potable en la zona conurbada de San Luis Potosí”, Santos Zavala (2004) aborda los padecimientos de la ciudad relacionados también al saneamiento y alcantarillado. Esto ocasionada carencia en muchas zonas en donde las familias no pueden gozar de un derecho que el municipio debe de otorgar.

El trabajo de Biswas (2004) sobre el precio del agua y participación pública-privada en el sector hidráulico que contiene doce ensayos realizados por expertos del agua en países como México, Chile, España y Argentina, trata sobre cómo analizar elementos básicos en el debate de las tarifas del agua potable, al igual que las complejidades sobre su abasto y algunas otras experiencias sobre participación pública y privada en la distribución de este elemento. Esta obra viene a respaldar y ayudar a este documento debido al amplio desarrollo de esta investigación, en cómo fue embonando los procesos para que las decisiones públicas generaran un bien común entre todos los habitantes de los diferentes sectores.

Es de tal forma y de acuerdo al estado del arte aquí expuesto, y con base también en la tabla que se muestra a continuación que se ha seleccionado de manera certera toda la información teórica que se involucra con la relación que existe entre el agua y su gestión, analizándola desde perspectivas tales como su gestión, captación y almacenamiento.

9. Tabla de síntesis de autores y teorías más relevantes para la investigación

A continuación se muestra una tabla en la cual se presentan todas las teorías relevantes que fueron seleccionadas de entre un mundo literario enfocado en la gestión del agua pluvial, así como sistemas de captación, almacenamiento y estrategias para la recolección del agua de lluvia, cabe señalar que éstas teorías fueron elegidas a partir de una búsqueda exhaustiva en la cual, éstas son las más cercanas al tema de estudio que aquí se señala.

Autor	Teoría base	Área de estudio	Muestra	Metodología
(Martinez Austria, 2007)	Efectos del cambio climático en recursos hídricos	Mundial	Los cambios del agua en México	Cualitativa
(Dourojeanni, Jouravlev, & Chávez, 2002)	Gestión de agua a nivel de cuencas	América Latina	Estudios en regiones aptas	Empírica cualitativa
(Mateos)	Material para construcción, filtración de agua	España	Área urbana no especificada	Conceptual
(Jacobo Villa & Saborío Fernandez, 2004)	Gestión de agua pluvial para desarrollo sustentable	México	Instituciones relacionadas con el agua	Cualitativa
(Tortajada & Biswas, 2004)	Precios del agua y participación pública	México	Comparación en los precios del agua a nivel nacional	Cuantitativa
(Osornio Berthet, 2012)	Captación y tratamiento del agua pluvial	México	Superficie para captar agua, área de tratamiento	Conceptual
(Machorro, 2010)	Crisis en el agua mexicana	México	Análisis de niveles de agua y profundidades en pozos	Conceptual
(Colin Romero)	Captación de	Valle de México	Agua precipitada	Cualitativa

& Valdez Montealegre)	agua para la recarga de mantos acuíferos		en del D.F.	
(Santos Zavala, 2004)	Organización publica para dar eficiencia al servicio de agua	San Luis potosí	Ciudad de San Luis Potosí	Empírica cuantitativa
(Huguet, 2007)	Captación y reutilización del agua	Indefinida	Casa/habitación, colectando agua pluvial y reutilizando aguas grises	Empírica cuantitativa
(Garrido Hoyos, 2008)	Agua de lluvia en uso domestico	Hogares	Sistema de captación a nivel domiciliario y colectivo	Conceptual
(CIDECALLI- CP, 2007)	Diseños de sistema de captación	Casa habitación	Hogares donde habitan familias	Conceptual
(SoftwareHidra , 2013)	Diseño sistema alcantarillado pluvial /Colectores pluviales	Mancha urbana	Calles	Conceptual

• Tab.1.1. Literatura sobre gestión del agua pluvial. Elaboración propia del autor, 2013

En referencia a lo anterior, se ha definido y optado por utilizar la literatura antes descrita y estudiada para mi caso de estudio, de esta forma vamos a dar paso al marco teórico reforzando con teorías y metodologías lo que voy a explicar y citar en mi indagación hacia esta investigación, sobre la gestión del agua pluvial para su aprovechamiento en Matehuala, S.L.P, de tal manera, los autores antes mencionados son y serán la base de este trabajo.

10. Gestión eficiente de agua pluvial aplicada en ciudades

La gestión del agua pluvial se ha vuelto un tema significativo debido a que las proporciones de agua dulce que existen en el planeta se han visto disminuidas por la alta contaminación que hemos causado al medio ambiente, así como también por los excesos de extracciones de las aguas subterráneas en el mundo, al igual que por la ineficiente administración de los organismos operadores encargados de abastecer de éste recurso a todos lo humanos ofreciendo una mala calidad en el

servicio y generando pérdidas cuantiosas de m³ de agua en cada extracción que se realiza.

La gestión de aguas pluviales en ciudades es necesaria y fundamental ya que se comienzan a presentar problemas serios escasez de agua por lo que se comienza la búsqueda del recurso hídrico mediante fuentes alternativas de abastecimiento. Ejemplos de la gestión integral de las aguas pluviales, los podemos encontrar en ciudades europeas como la de Zaragoza, Coruña y Barcelona en España, esto con el fin de crear aplicaciones de gestión integral pluvial teniendo como objetivo elementos y factores humanos para mejorar la calidad de vida social en aquel país.

Sobre las ideas que se manejaron para la gestión integral de las aguas pluviales en ésta entidades, García González, Ibáñez Gallego y Mosqueria Martínez señalan que:

Los primeros pasos para llevar a cabo este tipo de gestión consistirían en establecer un diagnóstico certero de la situación actual, identificar a todos los agentes y actores interesados y establecer entre todos ellos un programa de necesidades realista para alcanzar unos objetivos consensuados.

Las deficiencias y las necesidades detectadas podrían clasificarse en tres tipos: sociales, económicas y medioambientales. En este sentido, sería importante analizar las relaciones e interdependencias que se producen entre estos tres ejes (el social, el económico y el medio ambiental), tanto en el espacio como en el tiempo, de tal modo que las medidas de gestión que se planteen tendrían que equilibrar las tensiones que se produjesen entre todos ellos. Así, a modo de ejemplo, no sería adecuada una gestión que consiga reducir posibles inundaciones urbanas con poco coste económico, pero dañando medio ambientalmente el medio receptor; como tampoco lo sería conseguir reducir la contaminación. (2010 - 2012, pág. 34).

Al haber realizado los primeros pasos y de acuerdo al estudio de éstos autores se construyen las soluciones o medidas de gestión de acuerdo a la escalas que desean manejar, esto de acuerdo a la unidad de análisis en el cual será aplicado

el plan de gestión integral, así como las condiciones climáticas, topográficas, ambientales y geográficas de determinada región.

Las soluciones pueden ser de dos tipos, siendo aconsejable que se establezcan medidas de ambos tipos:

1. A gran escala, a través de grandes actuaciones que puedan modificar completamente la filosofía del drenaje existente en una determinada zona: nuevas infraestructuras de drenaje convencionales, implantación de sistemas de captación y almacenamiento, modificación al sistema de recogida y tratamiento de las pluviales de una determinada autovía, establecimiento de tasas sobre las superficies impermeables en una determinada región, etc.
2. A pequeña escala, a través de acciones individuales o colectivas adaptadas a los esquemas de drenaje existentes: actividades formativas y de concienciación, fomento de las desconexiones individuales de las redes, incentivos a la implantación de cubiertas verdes, etc. (García Gonzalez, Ibáñez Gallego, & Mosqueira Martínez, 2010 - 2012, pág. 42).

Es así que con lo señalado anteriormente, se han encontrado estrategias eficaces en la búsqueda de la gestión pluvial en ciudades tan importantes como las mencionadas aquí, al realizar un análisis técnico con las condiciones que guarda nuestra zona de estudio.

Por otra parte, en la ciudad de México se generó un problema particular debido a que la sobreexplotación en las extracciones del manto acuífero en Chalco – Amecameca comenzaron a producir hundimiento considerables, esto se debió a la descompensación de tierra con aguas subterráneas generando grietas e inmersiones por cerca de 40 a 50 cm por año en el valle de México, causándoles problemas principalmente sociales y económicos a los pobladores de aquella región.



• Fig.1.2. Consecuencias extracción de agua. Fuente Asamblea Legislativa del DF. 30 de Agosto del 2010

Las inundaciones también en el valle de México se presentan anualmente, esto como es bien sabido es natural debido a que la ciudad fue construida justamente en un valle, sin prever los problemas futuros que esto ocasionaría a todos los habitantes del Distrito Federal. Así fue como en la Ciudad de México, se propuso un plan de gestión integral en la cual el agua de la micro cuenca Río compañía y Río Amecameca pudiera ser concentrada en un lago llamado Tláhuac–Xico que serviría para recarga del manto acuífero, además de que será una fuente alternativa y de reserva para los pobladores en tiempos de escasez. Menciona la asamblea legislativa razones por la cual es necesario iniciar el proyecto en ese entonces de la habilitación del lago Tláhuac – Xico:

- Abastecimiento de agua potable por medio de la captación y tratamiento de aguas pluviales para uso habitacional en Iztapalapa, Milpa Alta, Tláhuac y Valle de Chalco
- Abastecimiento de agua de riego mediante el uso de las aguas residuales tratadas para proyectos agroproductivos.
- Prevención de Inundaciones al crear la capacidad para recibir y manejar picos de lluvia en el Río Amecameca, disminuirá la presión sobre la infraestructura hidráulica en el centro y norte de la Cuenca.
- Saneamiento, restauración y conservación ambiental logrando la recarga de acuíferos y recuperación ecológica en el SO de la Cuenca.
- Revitalizar actividades forestales.
- Conservación de humedales, chinampas y prácticas originales sustentables

- Evitar la sobreextracción del acuífero Chalco Amecameca, cuya zona de recarga está relativamente preservada. (Asamblea Legislativa del Distrito Federal , 2010)

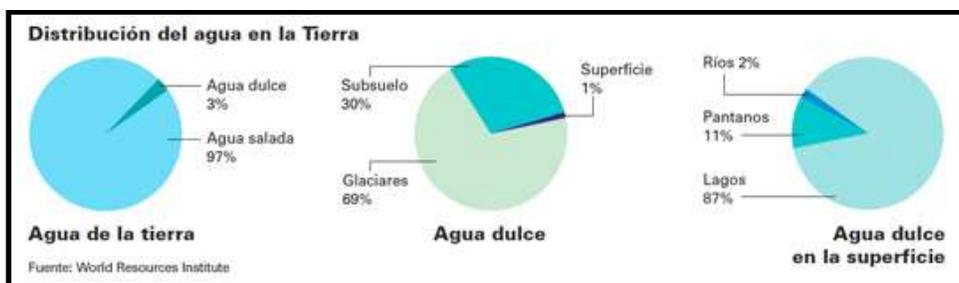
Es así que estos puntos fueron primordiales para generar la gestión adecuada al haber realizado la investigación profunda de la problemática del agua urbana en el valle de México. A partir de aquí, se generó por consecuencia una serie de proyectos que se desprendían al ejecutar el plan de gestión integral en el cual el resultado era un lago artificial que generaría recarga en el manto, pero que además comenzó a generar una explotación económica que proponía también crear una rehabilitación, apertura y mantenimiento a canales de riego en tierras agrícolas que habían dejado de funcionar por la falta del agua, el rescate de sistemas productivos intensivos originales, el fomento a la organización y comercialización de productos orgánicos cultivados en esa región, propuestas ecoturísticas, educacionales y recreativas en el lago, así como actividades contracíclicas y fomento a la economía local. Pero sobre todo, el objetivo primordial que debería cumplir este proyecto, era el de crear lagunas de filtración para la recarga del manto acuífero Chalco–Amecameca. Estos fueron proyectos que se llevaron a cabo con éxito manteniendo siempre y como principal objetivo el bienestar social de una comunidad, generando una mejor calidad de vida entre los habitantes. (Asamblea Legislativa del Distrito Federal , 2010).

Es de tal manera que es importante reconocer la complejidad de la gestión del agua pluvial, por lo que el análisis de esta problemática requiere de buscar las soluciones más pertinentes e integrar conceptos que servirán para generar un plan integral de gestión aprovechando las tecnologías y pertinente a las condiciones geográficas y topográficas de las diferentes regiones.

11. Uso doméstico del agua captada, el más importante

Actualmente en México el agua es un elemento primordial que no ha podido ser proporcionado en cantidad y calidad a todos los ciudadanos del país. Sin embargo

esta situación no difiere mucho de la situación mundial. Como podemos observar en la gráfica 1.1 a pesar de contar con gran cantidad de agua en el planeta, solo un 3% de esta es clasificada como agua dulce.



• Gráficas 1.1 Distribución del agua en la Tierra. Fuente. Día Mundial del Agua 2014

Por otra parte, éste tema sobre la falta de agua ha traído normas y reglamentos que se ha procurado que cada país cumplan con ellos, el primordial y el más importante de todos lo trata la Organización Mundial de la Salud, de acuerdo a la normativa internacional en los derechos humanos que hablan sobre el derecho al agua :

Aunque el derecho al agua no está reconocido expresamente como un derecho humano independiente en los tratados internacionales, las normas internacionales de derechos humanos comprenden obligaciones específicas en relación con el acceso a agua potable. Esas obligaciones exigen a los Estados que garanticen a todas las personas el acceso a una cantidad suficiente de agua potable para el uso personal y doméstico, que comprende el consumo, el saneamiento, el lavado de ropa, la preparación de alimentos y la higiene personal y doméstica. También les exigen que aseguren progresivamente el acceso a servicios de saneamiento adecuados, como elemento fundamental de la dignidad humana y la vida privada, pero también que protejan la calidad de los suministros y los recursos de agua potable. (Naciones Unidas, Derechos Humanos , 2011).

Es así como actualmente este derecho se ha conferido en todas las regiones del mundo y aunque los datos expuestos por las Naciones Unidas no han sido del todo satisfactorios, se han implementado medidas pertinentes para que este recurso sea llevado hasta los hogares de todos los seres humanos que habitan este planeta, de acuerdo a y la Organización Mundial de la Salud se cuenta que actualmente:

Alrededor de 2.500 millones de personas aún carecen de acceso a servicios de saneamiento adecuados. Ello tiene un profundo efecto negativo en numerosos derechos humanos. Por ejemplo, sin servicios de saneamiento no es posible disfrutar del derecho a una vivienda adecuada. El impacto de la falta de saneamiento en la salud está bien documentado: es responsable de hasta una cuarta parte de las defunciones de menores de 5 años y constituye una grave amenaza al derecho a la salud. El saneamiento deficiente repercute además seriamente en la calidad del agua y pone en peligro también el disfrute de este derecho. Si bien el acceso a servicios de saneamiento aún no se ha reconocido como un derecho independiente, un número creciente de declaraciones nacionales, regionales e internacionales y de legislaciones nacionales parecen indicar un avance en esa dirección. La Experta independiente sobre la cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionadas con el acceso al agua potable y el saneamiento ha expresado su apoyo al reconocimiento del saneamiento como un derecho aparte. (Naciones Unidas, Derechos Humanos , 2011).

Es de tal manera que nos encontramos con un impacto muy importante que a nivel mundial se ha reflejado en los países más pobres este problema, pero cabe señalar que en México particularmente también se cuenta con problemas de mencionada índole y es necesario conocerlos para abatir o procurar hacerlo de una manera pertinente y razonada con el fin mínimo de ofrecer agua para las necesidades más básicas de todos los mexicanos.

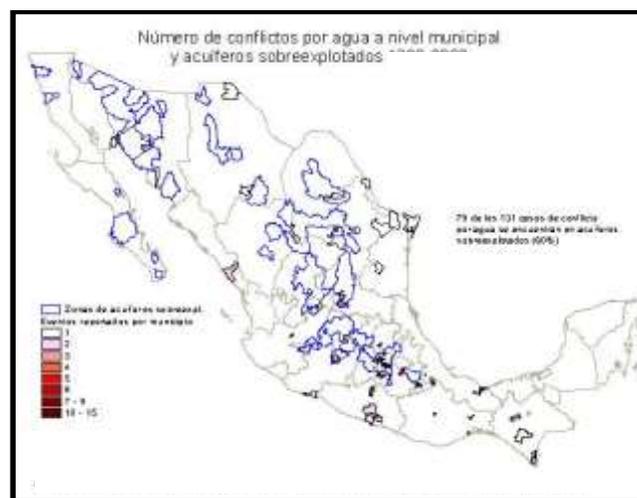
Con información de la CONAGUA y con base en esos datos se ha definido que:

En México el crecimiento económico no ha tomado en cuenta plenamente las señales de escasez del agua. La concentración de la población y la actividad económica han creado zonas de alta escasez, no sólo en las regiones de baja precipitación pluvial sino también en zonas donde eso no se percibía como un problema al comenzar el crecimiento urbano o el establecimiento de agricultura de riego. Tan sólo para ilustrar la situación extrema en la que se encuentra el agua subterránea, podemos mencionar que, según cálculos de la Comisión Nacional del Agua (CNA), 101 acuíferos de un total de 600 están sobre explotados. El crecimiento poblacional y económico han ejercido mayor presión sobre las reservas de agua en México, al punto que el volumen demandado es mayor que el suministrado en algunas regiones del país, lo que obliga al gobierno a decidir a

quién dejar sin este recurso, lo que ocasiona problemas distributivos. La competencia por este recurso es ya causa de conflictos de diferente intensidad y escala, y se presenta no sólo entre usuarios de la misma comunidad sino entre distintas comunidades, municipios, estados e incluso en el ámbito transfronterizo. (Sainz Santamaría & Becerra Pérez, 2007).

Con esto se ha logrado llegar a un panorama en el cual se están previendo los problemas que se avecinan en cuanto a la escasez de agua potable en los hogares mexicanos. Actualmente también se cuenta con otro gran problema, y es que las autoridades se han visto en la necesidad de implementar las zonas de veda. Estas zonas, son aéreas restringidas para la extracción de agua subterránea. A pesar de lo anterior, los mantos acuíferos en el país están siendo sobreexplotados y por tanto, resulta primordial buscar métodos o estrategias que resulten pertinentes y generen una gestión eficiente del agua. Sin embargo, dichas estrategias deberán de integrar aspectos económicos y sociales, pues como señala la CONAGUA:

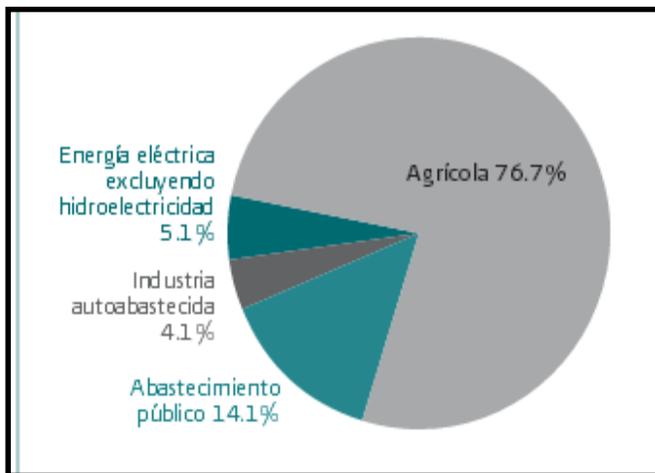
Como un paso previo a la elaboración de un modelo que indique los factores que determinan la existencia de determinado grado de conflictividad, se han examinado algunas relaciones relevantes, por ejemplo, aquella entre conflictos y explotación de agua subterránea. En el mapa siguiente se aprecia que el 60 % de los conflictos se encuentran en zonas donde hay acuíferos sobre explotados según la clasificación de CNA (101 de 600 acuíferos estarían sobre explotados) (Sainz Santamaría & Becerra Pérez, 2007).



• Figura. 1.3. Áreas de conflictos por agua. Fuente de Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT

En la imagen anterior podemos situar con facilidad el estado de San Luis Potosí, y observar al igual con claridad que el contorno de línea azul pasa exactamente desde la región de la capital de éste estado, hasta la zona Altiplano a la que pertenece Matehuala. De acuerdo a lo señalado en los antecedentes, el manto acuífero de Matehuala- Cedral ha sido y es sobreexplotado, debido a la creciente necesidad de agua, a veces sin importar que esta actividad esté causando impactos al medio ambiente.

Distribución de los volúmenes concesionados para usos agrupados en México

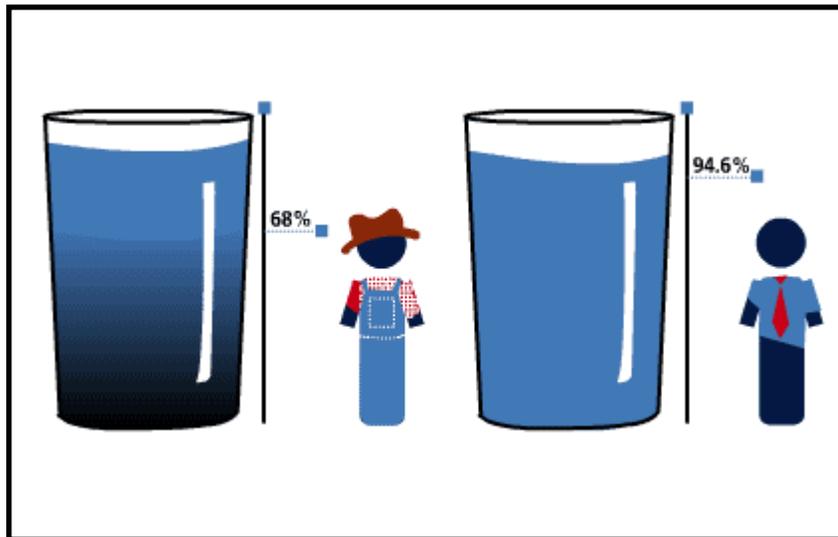


• Gráfica1.2. Estadística de usos agrupados, Fuente CONAGUA

En la gráfica que observamos a un costado podemos comprobar que el uso más utilizado es hacia el agrícola y en segundo lugar y más importante el uso doméstico, existe una gran diferencia entre ambos porcentajes debido a que el agua que necesitan los cultivos para su desarrollo es mayor cantidad en comparación con la que ocupan los humanos.

De acuerdo a los datos mostrados en la gráfica 1.2 y analizándolos, encontramos un contraste correlacional en el cual el uso agrícola a pesar de ser el uso más demandado por los mexicanos en cuanto a cantidades se refiere, no aseguro el abasto de agua potable en los hogares rurales.

A pesar de que el mayor uso consuntivo del agua en México corresponde al sector agrícola, irónicamente, los habitantes que viven en poblaciones rurales son quienes menos acceso tienen al servicio de agua potable: En las zonas rurales, hay servicio de agua potable para el 68% de los habitantes. En las poblaciones urbanas, hay servicio de agua potable para el 94.6% de los habitantes. (Consejo Consultivo del Agua, 2010).



- Fig.1.4. Uso del agua y proporciones de la misma en lo agrícola y lo domestico. Fuente Consejo Consultivo del Agua. Pareciera algo extraño lo que acabamos de observar, pero es así como las estadísticas se han referido en los últimos años con los gastos de agua en la población, es un contraste muy marcado entre la cobertura y los usos del agua potable y al igual es un problema demasiado grande el que éste fenómeno pase en nuestro país y ninguna autoridad haga algo al respecto por solucionar este problema.

La Organización Mundial de la Salud ha puesto manos a la obra y se ha encargado de procurar leyes y derechos que todos los humanos tienen, es por ello que hace una recomendación a nivel mundial de las mínimas cantidades de agua que necesita el ser humano para saciar sus necesidades más básicas:

Los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento para cada persona deben ser continuos y suficientes para el uso personal y doméstico. Estos usos incluyen normalmente agua de boca, saneamiento personal, lavado de ropa, preparación de alimentos, higiene personal y limpieza del hogar. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), son necesarios entre 50 y 100 litros de agua por persona al día para garantizar que se cubren las necesidades básicas y que no surjan grandes amenazas para la salud. (Organizacion Mundial de la Salud, 2010).

Tabla de consumos de agua por actividad per cápita

Beber	2 Lts
Lavado de manos	3.5 Lts (55 Seg)
Uso WC	6 a 15 Lts
Uso de lavadora	50 a 200 Lts
Uso de lavavajillas	18 a 150 Lts
Lavar platos a mano	15 a 30 Lts
Limpiar casa	10 Lts
Ducha	60 Lts (15 Min)

- Tab. 1.2. Consumo de agua por actividad. Elaboración propia del autor 2014

De acuerdo a los números anteriores encontrados a lo largo de artículos de CONAGUA, OMS y ONU he vaciado la información en la tabla 1.2 anteriormente expuesta y con base en ella he logrado encontrar los gastos per cápita diarios de un mexicano viviendo en área urbana, estas cantidades varían de acuerdo a el clima, a la salud, a la economía y por supuesto a la infraestructura con la que cuenta cada región de nuestro país, pero es necesario añadir que estos son promedios basados en encuestas y gastos de los mexicanos por día.

De esta manera es que con los datos anteriormente señalados se ha demostrado que las cantidades de agua que utilizan las personas no son muy grandes en comparación con el uso consuntivo como el agrícola que arroja millones de metros cúbicos de agua utilizados al año de acuerdo al cultivo que se desea regar. Con ésta información también se ha definido que en México varían las cantidades de agua utilizadas por las personas y es sugerencia de la Organización Mundial de la Salud que el promedio de agua utilizada por mexicanos para uso personal es de 200 litros diarios, esto quiere decir que en un año una persona se gasta 73 m³ de agua en promedio al realizar las actividades cotidianas diarias, que de acuerdo a los establecido son cantidades realmente considerables debido a que vivimos en un país de desigualdad social y la infraestructura no ha sido posible llevarla hasta donde habitan las personas más lejanas.

12. Identificación del problema de investigación: Crisis de agua en la ciudad de Matehuala

El problema de investigación se definió como la importancia y necesidad por recolectar y/o captar el agua pluvial en Matehuala, este título se le da para comenzar una investigación con enfoques y objetivos de todo lo que sucede en Matehuala referente al agua conociendo las causas y efectos que ésta ha causado en aquel municipio.

Basado en los antecedentes de la problemática que enfrenta Matehuala frente al agua se ha definido que existen contrastes importantes de este elemento vital debido a que las lluvias que ahí se generan han tenido una alza importante en los últimos años y con ello se han enfrentado problemas serios de inundaciones en calles, viviendas y otras edificaciones causándoles daño a sus estructuras. Cuando en la región en estudio precipita, por lo general se ha vuelto un problema social debido a que las calles quedan llenas de agua por minutos interrumpiendo las actividades cotidianas de los matehualenses, además de que estas corrientes arrastran tierra, piedras, entre otras cosas dejando las calles sucias y una mala imagen para la ciudad. Además, el agua no es aprovechada en lo más mínimo desperdiciando así un recurso natural elemental que la naturaleza ofrece a esta región semiárida. En las calles se generan baches debido a la intensa humedad que se presenta con más frecuencia y es un sinnúmero de gastos por parte del ayuntamiento “bacheando” las calles para una circulación placentera de los habitantes de Matehuala.



• Fig.1.5 Calles de Matehuala inundadas. Foto tomada por Iván García 2014



• Fig.1.6 Hogares sin agua. Fuente ONU 2014

La escasez del agua se presenta en comunidades y viviendas que debido a la mala infraestructura que ofrece el organismo operador SAPSAM no ha sido capaz de llevar este recurso al 100% de los hogares en Matehuala. Es así como obtenemos un contraste en la ciudad de Matehuala con las lluvias abundantes por un lado y la escasez inexplicable por otro.

De tal forma, el tema fue abordado para que el proyecto pueda servir para los futuros investigadores, así como los constructores, para que con base a lo investigado sea un punto de partida y de referencia para todas las regiones que necesiten de una solución similar. Por tal motivo la crisis que esta ciudad ha presentado frente al agua desde la falta de ésta, hasta la abundancia de la misma por temporadas muy bien definidas, ha impactado en el ámbito social, económico, industrial y ambiental de una manera que se necesita intervenir mediante un proceso de investigación y acudiendo a las entidades encargadas de la administración sobre el agua para indagar en los datos oficiales que ellos guardan y a partir de aquí organizar una serie de estadísticas, gráficas y evaluaciones de cuáles son los factores por los que este elemento se ha visto transformado y por consecuencia ha originado tremendo problema en Matehuala.

13. Problemática del agua pluvial en la ciudad de Matehuala, un enfoque particular

El problema específico al que está enfocada esta investigación es al de generar una gestión para el agua pluvial en Matehuala, esto nace por los padecimientos que ha tenido aquella ciudad mediante el agua de lluvia, con todo esto se han combinado una serie de parámetros que han ido limitando el tema para beneficio del mismo, siendo así que el conocimiento que se pretende generar a partir de esto, es el de poner en teoría y práctica las posibles soluciones o métodos que darían respuesta a este problema.

Cabe mencionar que este proyecto está enfocado única y particularmente en resolver el problema que acontece en Matehuala, esto se debe a que se tomaron las medidas y números que ahí se marcan, y con base en ellos, de la manera más adecuada, se ofrece un plan el cual pretende crear una serie de elementos con enfoques únicos de acuerdo también a las condiciones geográficas, climáticas,

topográficas y ambientales que guarda la región en donde esta propuesta la problemática de investigación.

Si bien se ha mencionado con anterioridad, las lluvias en la ciudad de Matehuala han sido últimamente un problema importante por los grandes dificultades que ésta causa al hacer presencia en aquella región, y es de gran interés por nuestra parte ofrecer una solución a este problema que de acuerdo a los antecedentes ha sido considerado un problema que afecta a toda la sociedad matehualense y que si bien es cierto se ha comprobado que por la región en la que se encuentra la ciudad, además de las condiciones climáticas y topográficas de aquella región el agua pluvial es un elemento natural que tiene que ser aprovechado para el beneficio de los pobladores procurando con esto el mejoramiento de la calidad de vida y bienestar social y de salud entre los habitantes de la población.

14. Justificación de la investigación

Este proyecto se pretende desarrollar debido a la aportación que promete ofrecer a una de las zonas más importantes de la región Altiplano en el estado de SLP, de esta manera éste trabajo de investigación se ha enfocado y perfilado en ámbitos y factores bien definidos para realizar un trabajo finito y veraz en cuanto a lo que este proyecto promete ser si se llegara a realizar de acuerdo a todos los elementos que he mostrado y justificado a lo largo de este trabajo.

Ésta investigación también se ha decidido realizar por motivos que incluyen mi carrera profesional con lo que se me gustaría desarrollar en mi futuro laboral, me gustaría llevar a cabo un proyecto de esta magnitud y dar comienzo a una nueva etapa en la que Matehuala sea la cabecera industrial y el corredor económico de una región árida, calurosa y seca en la cual he comprobado que existen las condiciones óptimas para desarrollar la industria que esta requiere y por consecuencia crecer económicamente debido a la ubicación con la que cuenta esta ciudad, estando en un corredor económico y teniendo cercanía ciudades importantes en México como lo son, Monterrey, NL, Saltillo, Coahuila y por su puesto con la capital del estado al que pertenece que es San Luis Potosí.

El desarrollo de ésta investigación está enfocado en crear un impacto ambiental grande y por supuesto en captar y almacenar agua lluvia para después inyectarla en la red hidráulica de Matehuala para ofrecerla a más del 50% de los habitantes en este municipio, se pretende con esto abastecer a los pobladores que no tienen al alcance este recurso vital y por supuesto contribuir con el medio ambiente mediante el resarcimiento y daño ambiental por la extracción de agua subterránea y con ello lograr la explosión económica que Matehuala merece.

15. Relevancia social

El proyecto que aquí se ha presentado tiene como relevancia social, el beneficio de todos los pobladores del altiplano norte, en especial a los del municipio de Matehuala.

Debido a los alcances y objetivos que se han mencionado en cada uno de los títulos de acuerdo al proceso de investigación, se han tomado también en cuenta 2 municipios en particular que son Cedral y Villa de Gpe que cuentan con una mayor altitud orográfica de acuerdo a los datos expuestos en los antecedentes de esta investigación. He optado por supuesto en contemplar también el beneficio social de estos 2 municipios debido a que son lugares que al parecer y de acuerdo a entrevistas realizadas a expertos en el tema se mencionan que padecen al igual que Matehuala, problemas en su forma de actuar el agua en aquellas regiones.

Específicamente, tratando y volviendo a la zona de estudio la creación de un proyecto de ésta magnitud acarrearía consigo un sinnúmero de elementos y factores primordiales en el crecimiento y desarrollo de una ciudad, de tal manera los beneficios con los que se verá envuelta aquella ciudad son más grandes que las desventajas que le pudiéramos encontrar al realizar este trabajo.

Éste proyecto se plantea con miras a fortalecer el crecimiento y desarrollo económico de la región, además de ofrecer una estabilidad social y saludable al ofrecer el agua potable como recurso primordial en los hogares de todos los matehualenses y un derecho humano que marca la ONU. Además busca el beneficio ambiental, si logramos captar el agua pluvial, almacenarla y darle uso

doméstico, esto beneficiaría a más de 50 mil habitantes que son más del 50% de la población actual en aquel municipio. También, si este proyecto se realiza estaríamos hablando que vamos a contribuir a ya no extraer agua de pozos profundos con “tecnologías” que están dañando a pasos aggrandados el medio ambiente y la vida de nuestro planeta, y por ultimo si lográramos cimentar el futuro del porvenir a los matehualenses, estaríamos hablando que este gran proyecto estaría ofreciendo un abasto de agua constante mínimo en los próximos 30 años.

Desde aquí al final del capítulo forma parte del protocolo

16. Pregunta general de investigación y preguntas específicas

18.1. Pregunta general

- ¿Cómo se puede eficientizar el manejo del agua pluvial urbana en la ciudad de Matehuala, San Luis Potosí?

18.2. Preguntas Específicas

- ¿Cuál es la situación actual de la gestión del agua pluvial urbana en Matehuala, S.L.P.?
- ¿Cuál es el método o mecanismo más apropiado para la captación eficiente de agua pluvial en la ciudad de Matehuala?
- ¿Cuál sería el tipo de almacenamiento de agua más eficiente de acuerdo a las condiciones que guarda Matehuala?
- ¿Cuál sería la forma más eficiente para distribuir el agua captada.

19. Objetivo general y específicos

19.1. Objetivo general

- Elaborar un plan de gestión integral que mejore la eficiencia del manejo del agua pluvial urbana en Matehuala, S.L.P.

19.2. Objetivos específicos

- Comprender la problemática del agua pluvial urbana en la ciudad de Matehuala, S.L.P.

- Determinar cuáles son los mecanismos más apropiados para captar agua pluvial de acuerdo a los factores que envuelven a la ciudad.
- Analizar las condiciones geográficas y topográficas de la región para proponer un diseño de almacenamiento propio de esa región.
- Determinar cuál es el método pertinente para el proceso de distribución del agua en Matehuala.

Es así como a lo largo de esta investigación, culminamos con preguntas y objetivos que han marcado ya el rumbo de este documento, generando a partir de toda la información antes expuesta un trabajo con el fin de elaborar un plan de gestión integral en donde generemos la unidad entre captura, almacenamiento y distribución del agua pluvial, esto con el fin dar comienzo a dejar de abatir más el manto acuífero existen en esta zona.

Capítulo 2. Marco teórico – conceptual para el estudio de la gestión pluvial

La relevancia teórica – conceptual que éste trabajo ofrece a esta investigación, son las condiciones que guarda para los futuros investigadores en trabajos similares, aplicando el plan de gestión integral de agua pluvial de una manera similar para las áreas que cada uno de los investigadores deseen desarrollar.

Es así como este trabajo se enfoca en ordenar todas las posibles teorías encontradas sobre la gestión del agua pluvial, incluyendo en cada unas de estas y por separado el estudio referido a cada concepto como base de investigación para desarrollar una trabajo de tal magnitud que se pueda intervenir en el estudio de la captación pluvial para uso agrícola, sin dejar a un lado el futuro seguimiento de trabajos similares que puedan ser aplicados en regiones similares o diferentes a ésta.

Por otro lado también, las teorías que están respaldando el trabajo aquí presentado. Estas han sido seleccionadas de tal manera que se refieren específicamente al relacionado con el agua, desde la reutilización de esta para riego, materiales existentes de construcción que permiten un proceso natural en el ciclo del agua, colectores pluviales, gestión sustentable en agua y hasta cosecha del agua pluvial, serán teorías y artículos que guían el rumbo de un trabajo bien planeado articulando y estructurando conceptos como colectar, almacenar y distribuir que son 3 ejes fundamentales en el proceso de gestión que pretendo resolver ayudado con autores y expertos en el tema de acuerdo a trabajos aplicados en lugares estratégicos de manera que la solución que han puesto en marcha tales autores ha dado resultado en el lugar que se aplica, es así que analizaré métodos, teorías, planes y sistemas para evaluar y generar uno que responda al beneficio común de toda la sociedad y el medio ambiente.

En el presente capítulo, abordaremos cuatro temas básicos que se desarrollarán a lo largo de éste, exponiendo con base en los expertos de cada tema, los

conceptos más relevantes y pertinentes para nuestro documento, de esta manera el agua pluvial, la gestión, la sustentabilidad y la arquitectura se integraron para formar el título de este documento y a partir de ellos desarrollar temas relevantes para la realización de este trabajo. Es así como este capítulo describirá lo más importante con base a estos cuatro temas, que fueron elegidos para el desarrollo más óptimo de este capítulo.

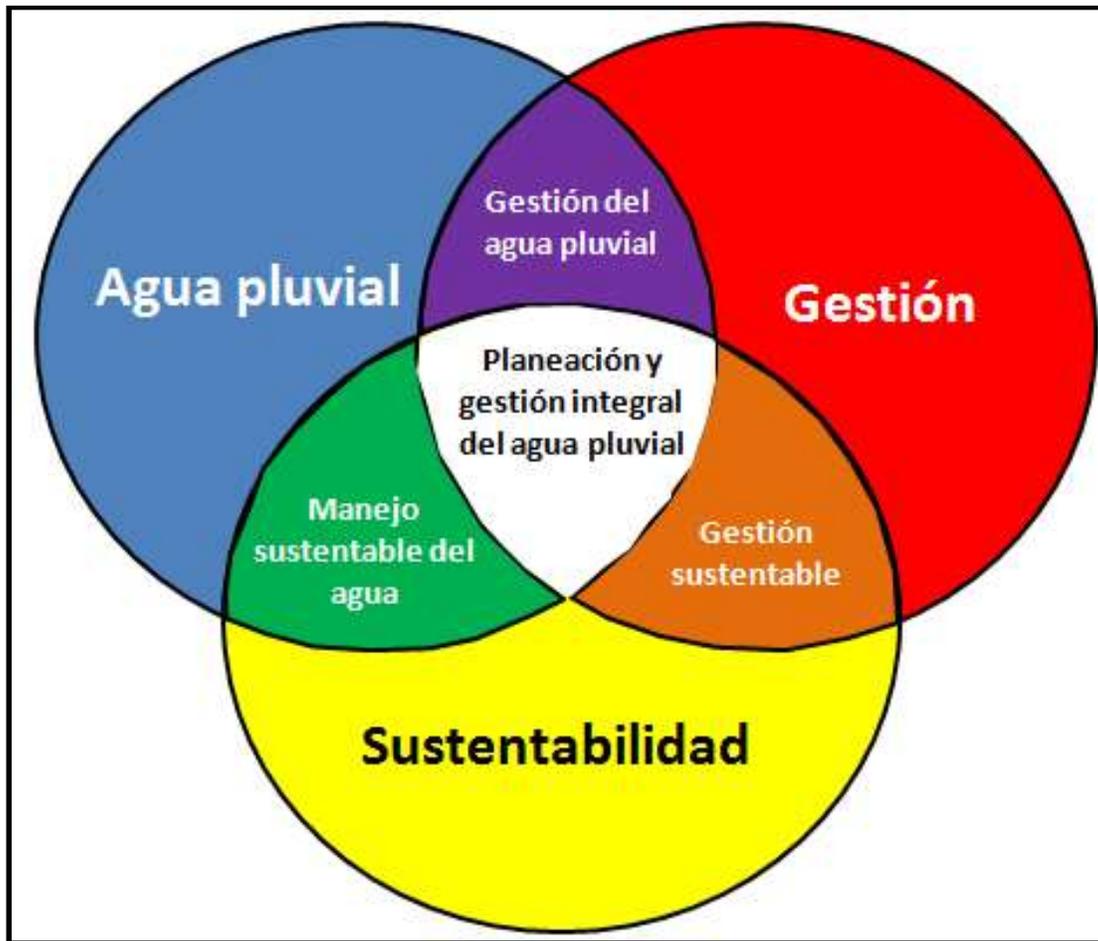
1. Gestión del agua pluvial: dimensiones de análisis y relaciones entre procesos

El problema de investigación que nos ocupa se refiere a la gestión del agua pluvial en general, tomando como caso de estudio la ciudad de Matehuala. Para comprender desde el punto de vista conceptual este problema, es necesario analizarlo en sus distintas dimensiones o procesos, los cuales se describen a continuación.

Para lograr el desarrollo óptimo de ésta investigación se realizó el diagrama que se muestra a continuación, en el cual se describen cuatro dimensiones básicas para la obtención del marco teórico - conceptual de ésta tesis, estas son: arquitectura, agua pluvial, sustentabilidad y gestión , que fungen como la partida teórica que sirvió como base referencial y que sustentara de forma solida toda la investigación desde su análisis conceptual, metodológico y teórico, hasta los trabajos de campo y técnicas utilizada con el fin de relacionar todos estos procesos en la gestión del agua pluvial.

Estos cuatro conceptos básicos se describen a lo largo de éste capítulo, describiendo de manera explícita y de acuerdo a los autores elegidos la relación que existen entre la gestión del agua pluvial con la arquitectura, la sustentabilidad y éste trabajo de investigación, anteponiendo el producto que se desea obtener de acuerdo a las preguntas y objetivos de investigación, así como a los alcances de esta tesis de investigación.

Diagrama de relación, conceptos básicos



• Figura.2.1 Relación conceptos clave. Elaboración propia del autor 2013

2. Gestión integral del agua pluvial

La gestión integral del agua pluvial, se ha definido como la importancia de gestionar el agua pluvial a partir del ciclo hidrológico y administrativo que es la recolección, el almacenamiento y la distribución de ésta. Éste tema ha sido aceptado últimamente en países de América Latina y el Caribe a pesar de que en ellos los logros no se han considerado como un proyecto generalizado debido a que las gestiones han sido vagas en la aplicación de un plan de gestión.

Bien es sabido de acuerdo a la información cuantitativa y cualitativa encontrada en ésta investigación, se cuenta que en la zona en la cual se desea emplear un plan

de gestión para el caso de Matehuala se cuenta con una cuenca y es así que la teoría sobre la gestión integral del agua a nivel de cuencas se desarrolla de tal manera que el objetivo es manejar y trabajar ésta área con el fin de integrar los tres niveles y unificar los sistemas con el fin de lograr la eficiencia en el manejo de las aguas urbanas.

La falta de claridad conceptual en la materia atenta contra el intercambio de ideas y experiencias, ocasiona conflictos y superposiciones de misiones, responsabilidades y funciones entre instituciones, y dificulta la formulación de políticas y leyes claras sobre el tema. Las actuales discrepancias que aún persisten sobre las diferentes orientaciones que se les confiere a muchos términos, que se emplean para referirse a los procesos de gestión en cuencas, sugieren la conveniencia de precisar y clasificar dichos conceptos. (Dourojeanni, Jouravlev, & Chávez, 2002, pág. 17).

En la siguiente tabla expuesta por el autor de ésta teoría, se sintetizan los enfoques de gestión en el ámbito de cuencas, el cual marca una jerarquización y niveles de los enfoques que este proceso puede tener.

3.1. Clasificación de acciones de gestión a nivel de cuencas

Etapas de gestión	Objetivos de gestión en cuencas			
	Para el aprovechamiento y manejo integrado	Para aprovechar y manejar todos los recursos naturales	Para aprovechar y manejar sólo el agua	
			Multisectorialmente	Sectorialmente
(a)	(b)	(c)	(d)	
(1) Previa	Estudios, planes y proyectos (ordenamiento de cuencas)			
(2) Intermedia (Inversión)	"River Basin Development" (desarrollo integrado de cuencas o desarrollo regional)	"Natural Resources Development" (desarrollo o aprovechamiento de recursos naturales)	"Water Resources Development" (desarrollo o aprovechamiento de recursos hídricos)	"Water Resources Development" (agua potable y alcantarillado, riego y drenaje, hidroenergía)
(3) Permanente (operación y mantenimiento, manejo y conservación)	"Environmental Management" (gestión ambiental)	"Natural Resources Management" (gestión o manejo de recursos naturales)	"Water Resources Management" (gestión o administración del agua)	"Water Resources Management" (administración de agua potable, riego y drenaje)
		"Watershed Management" (Manejo u ordenación de cuencas)		

• Tab. 2.1 Clasificación de acciones. Fuente (Dourojeanni, Jouravlev, & Chávez, 2002, pág. 18)

Al analizar la tabla anterior, podemos concluir y ubicar éste trabajo de investigación de tal manera que obtendremos límites técnicos, teóricos, sociales y prácticos que facilitarán la realización óptima de la investigación, enfocando

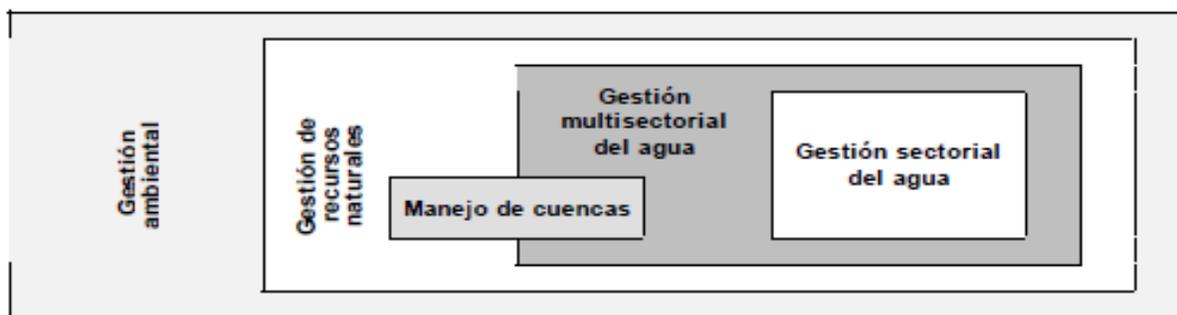
conocimientos y técnicas recolectadas con el fin de cumplir el objetivo de la investigación, el cual es elaborar un plan de gestión integral del agua pluvial para uso doméstico.

La investigación se realizará basada en la etapa previa que marca la tabla de clasificación de acciones mostrada con anterioridad, en la cual nos ubica en un marco de investigación orientado a los estudios, planes y proyectos que se pudieran fijar de acuerdo al ordenamiento de cuencas. Es así, que al realizar este paso de las etapas de gestión en la cuenca se pretende llegar a resultados pertinentes de los cuales podrían generarse proyectos efectivos en la solución de una problemática, y de esta forma integrar tal proyecto en una etapa de inversión que pertenece a la etapa intermedia de las etapas de gestión de cuencas.

Por otro lado estamos inmersos en la gama del aprovechamiento y manejo solo del agua, a esto le llamamos que la investigación hará un manejo sectorial del agua en la cual el desarrollo de los recursos hídricos será el principal objetivo así como el manejo e integración del agua potable, alcantarillado, riego y drenaje como parte fundamental de la integración óptima que Matehuala requiere.

Por otro lado obtenemos una jerarquización de acciones de gestión a nivel de cuencas el cual ubica gráficamente en un panorama público – institucional los manejos de los recursos naturales dentro de los órganos encargados de manejar el recurso hídrico como parte de nuestra nación.

3.2. Jerarquización de acciones de gestión a nivel de cuencas



- Gráfica.2.1 Jerarquización en gestión nivel de cuencas. Fuente (Dourojeanni, Jouravlev, & Chávez, 2002, pág. 18)

De acuerdo a la grafica analizada anteriormente, ubicamos el proyecto de investigación dentro de un mundo global el cual está referido a la gestión ambiental como máxima jerarquía en la gestión de los recursos naturales, dentro de éste se ubica la gestión de los recursos naturales enfocados en términos generales y específicos, relacionando aquí el manejo de cuencas desde una perspectiva territorial y a partir de ésta una gestión multisectorial del agua y una gestión sectorial y específica del agua que es a donde nuestro proyecto pertenece y desea desarrollar soluciones prácticas en las que la inversión será la base del desarrollo social, económico y ambiental de aquella región.

El tercer nivel de gestión que se presenta, está orientado a la coordinación de las inversiones para el aprovechamiento del agua y su posterior gestión. Es el nivel de gestión de cuencas más conocido en los países de la región y donde se han realizado la mayoría de los estudios e inversiones en hidroenergía, riego y drenaje, abastecimiento de agua potable y saneamiento, y control de inundaciones. En la región es común que para la etapa intermedia, orientada a la formulación y ejecución de proyectos de inversión, hayan existido poderosos sistemas de gestión, lo que en gran medida se debe a que es una etapa que normalmente cuenta con grandes recursos financieros y apoyo político. En cambio, la etapa permanente, donde se deben coordinar día a día las acciones para el ordenamiento, gestión, manejo o administración (por ejemplo, del agua, con el fin de asignarla entre múltiples usuarios, controlar la calidad de la misma y realizar manejos conjuntos de agua superficial y subterránea, entre otros), ha sido en general muy pobre. Ésta es la etapa que debe ser mejorada en todos sus frentes. Una tendencia positiva es que hay muchas experiencias de gestión en el ámbito de cuencas que, en los últimos años, han enfocado cada vez más la gestión y el manejo, tanto de las obras hidráulicas construidas como del agua como recurso económico, social y ambiental, y en particular la coordinación y concertación de acciones de gestión y aprovechamiento del agua, con tendencia a la gestión integrada. (Dourojeanni, Jouravlev, & Chávez, 2002, pág. 21).

Es así que e acuerdo a la información anterior, desarrollaremos la investigación sustentada en el autor experto en la gestión de agua a nivel de cuencas, con el fin de aplicar sus métodos y sistemas integrales que han sido objeto teórico de un

buen manejo y solución de las aguas territoriales en ciertas regiones del nuestro planeta.

3. Gestión estratégica del agua pluvial

La gestión estratégica del agua pluvial está definida como la importancia de reconocer que la gestión del agua es un problema técnico pero inscrito en un contexto económico, social y ambiental que impacta las decisiones técnicas del manejo del agua en distintas comunidades y ciudades del planeta.

Al aplicar la gestión integral del agua pluvial, existe una teoría que servirá para definir este proceso de manera técnica y estructural para definir cuál será la estrategia más adecuada y pertinente mediante una búsqueda de la información cuantitativa y cualitativa que se refiere al hecho de un “diagnóstico estratégico”.

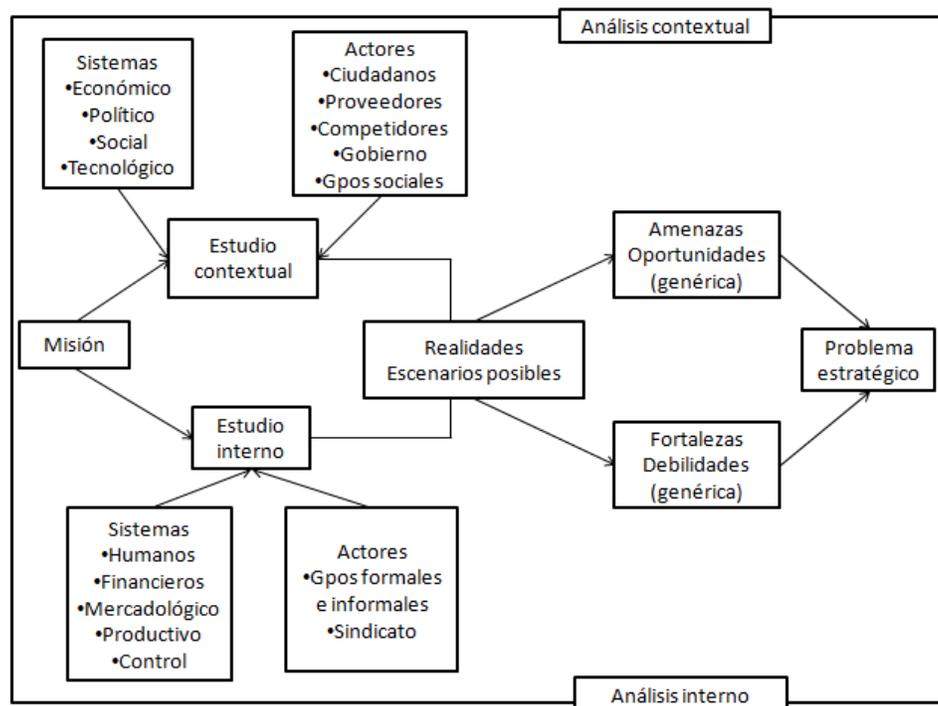
Al construir el diagnóstico estratégico, un estudio muy grande en términos teóricos, convendrá simplificar buscando información sobre grandes agregados. Aquí propondremos una forma específica de realizar y darle coherencia lógica al estudio del diagnóstico, intentando cumplir con los parámetros y exigencias planteadas anteriormente. Este diagnóstico se realiza a partir de un análisis contextual y un análisis interno. Su fin consiste en encontrar tanto las potencialidades y amenazas externas, como las fortalezas y debilidades internas, lo que deberá culminar con el logro de la definición del problema estratégico. (Arellano Gault, 2004, pág. 80).

De acuerdo a lo anterior, Arellano nos hace mención de un análisis FODA, el cual será el encargado de la búsqueda de establecer las amenazas y oportunidades externas, las debilidades y las fortalezas internas como parte de un proceso analítico con el fin de coadyuvar en unidad con el objetivo de la investigación.

De la lista de amenazas, oportunidades, fortalezas y debilidades, se deduce que las problemáticas genéricas de la organización nos van a permitir definir el problema estratégico. (Arellano Gault, 2004)

Como análisis contextual para encontrar el diagnóstico estratégico de la investigación se deben de considerar factores externos más globales como fijos o dados, es minar todo el potencial de la estrategia con el fin de obtener un resultado más cercano y construir una visión acerca de los límites y las potencialidades de los impactos posibles que se pueden desenvolver sobre factores contextuales y sobre los que éste lanza hacia la organización.

4.1. Metodología para el diagnóstico estratégico



• Fig.2.2 Metodología para el diagnóstico estratégico. Fuente (Arellano Gault, 2004, pág. 82)

En el diagrama anterior, encontramos la relación directa y estructural que se encuentran entre elementos prácticos y sencillos de analizar para obtener un diagnóstico y con él una estrategia mejor planeada acerca de la posible solución al problema. En éste diagrama observamos una relación entre sistemas, actores, estudios contextuales e internos dentro de la problemática, así como de realidades y el análisis FODA que permitirá el encuentro exitoso de una estrategia bien consolidada y fructífera en el resultado de la investigación.

Por otro lado, existen una serie de técnicas que sirven para realizar un diagnóstico correcto de acuerdo a Arellano el cual menciona una relación con el estudio contextual y el estudio interno dentro del sistema. A continuación, se muestra una tabla en la cual se definen las técnicas de acuerdo a los estudios en la cual el análisis pretende ser una guía para el conocimiento de los factores clave, que se basa a partir de una idea intuitiva que define listas de elementos posibles según el marco.

4.2. Técnicas de diagnóstico en relación con el estudio contextual y el estudio interno

De acuerdo a éstas técnicas, y al marco que aquí se presenta, los stakeholders y

Técnica	Estudio contextual		Estudio interno	
	Actores	Sistemas	Actores	Sistemas
Stakeholders	Posición de actores, reacciones, estímulos, misión	Movimiento y lógica de actores contextuales	Movilidad de grupos de poder; grado de laxitud, recompensas	Razones de obediencia y eficiencia
Cuatro factores estratégicos		Amenazas o apoyo contextual	Red de poderes, razones de responsabilidad	Vinculación con el contexto, razón de producir
Perfil de capacidad organizacional	Situación de competencia	Capacidad relativa de respuesta	Capacidad tecnológica	Capacidad administrativa de organización
FODA	Amenazas y oportunidades desde los actores	Amenazas y oportunidades desde los sistemas	Fortaleza y debilidades de los sistemas internos	Fortalezas y debilidades administrativas
Estudio de vulnerabilidad	Reacciones negativas posibles		Situación de los recursos. Flexibilidad de procesos y procedimientos	Fortaleza en la identidad organizacional. Apoyo desde los valores
Matriz de responsabilidad social	Beneficio y costo a los actores	Beneficio y costo a los sistemas	Seguridad y calidad de los procesos. Seguridad y calidad de los productos	

la técnica del análisis FODA, serán los principales factores que servirán para la búsqueda e implementación del diagnóstico estratégico a partir del estudio contextual e interno dentro de la investigación sobre la gestión del agua pluvial para uso doméstico en Matehuala.

Los stakeholders por un lado, muestran la posición de actores, reacciones, estímulos y misión dentro del estudio contextual así

- Tab.2.2 Técnicas de diagnóstico. Fuente. (Arellano Gault, 2004, pág. 109) como el movimiento y lógica de los mismos, con ellos obtendremos un panorama amplio de los padecimientos básicos y objetivos de la problemática real mediante razones de obediencia y eficiencia en la aplicación del sistema estratégico mismo.

Y para culminar, tenemos los análisis FODA, que son una serie de técnicas y conceptos que sirven como punto clave para la búsqueda técnica y estructural de la estrategia pertinente como solución al problema.

Éste es uno de los principales estudios para el diagnóstico, pues contiene la discusión más completa acerca de los factores claves: los perfiles organizativos.

Una fortaleza es un recurso o capacidad, dentro de la organización, que puede utilizarse cabalmente para el logro de la misión.

Una oportunidad es cualquier situación, existente o potencial, que favorezca el logro de la misión desde el contexto.

Una debilidad es una limitación, falla o defecto, que puede llegar a evitar que la organización logre la misión.

Una amenaza es cualquier situación desfavorable, existente o potencial, que dañe las posibilidades de éxito de la misión. (Arellano Gault, 2004, pág. 113)

Es así que de ésta manera se presenta la gestión estratégica del agua pluvial, generando a partir de la información analizada con anterioridad, técnicas que servirán para que en coordinación con las teorías señaladas en éste documento sean la base literaria de la investigación, con el fin de otorgar mayor y mejor calidez en el resultado final.

4. Gestión del agua pluvial para un desarrollo sustentable

El agua desde siempre ha ocupado el primer lugar en los elementos básicos y primordiales para la existencia de todos los seres vivos en nuestro planeta.

Es por ello que con los antes analizados sobre la ciudad de Matehuala se decidió enfocar en los padecimientos generales con el fin de crear un desarrollo sustentable en Matehuala contribuyendo con la regeneración del medio ambiente.

Para el desarrollo sustentable se abordó una tabla que clasifica los diferentes modelos de acuerdo a los rubros en los que se puede aplicar.

A continuación tenemos un ejemplo tomado de Tetrault para analizar los distintos modelos y enfocar nuestro caso de estudio a uno de ellos.

Modelos de desarrollo sustentable

	MCDS	Área gris entre el mcds y el modelo dominante			Ecología política	Conservación Basada en la comunidad	Modelo dominante
		Manifestaciones del mcds					
		Activismo ambiental	Comercio justo	Producción forestal comunitaria			
Causas principales de la degradación ambiental. Las estructuras en todos los niveles	Las estructuras en todos los niveles	No especificado	No especificado	Las estructuras internacionales, el sobre-consumo en el Norte	No especificado	La pobreza, el crecimiento de la población	
Límites al crecimiento económico global	No muy claro, tema de segunda importancia	No especificado					Solamente existen límites temporales, impuestos por el estado actual de la tecnología
Elementos principales	Desarrollo comunitario, campesinado, agroecología, autodependencia, autonomía local, y diversidad	Cambio estructural en todos los niveles, participación	Solidaridad entre productores y consumidores, y satisfacción de necesidades básicas	Participación, inserción al mercado nacional, y comercio justo	Movimientos sociales, cambio de valores, regulaciones ambientales, domesticación de la economía mundial	Conservación; participación (<i>light</i>); mejor gestión de recursos naturales	Crecimiento económico, tecnologías ecológicamente racionales, mejor gestión de recursos naturales
Agentes principales	Campeños, comunidades	Segmentos progresistas de la sociedad civil	Organizaciones comunitarias, ONG del Norte, consumidores conscientes	Organizaciones comunitarias y sus asesores	Sociedad civil, organizaciones supranacionales, Europa	UNESCO, Dirección de la Reserva (agencia del gobierno nacional), comunidades	Gobiernos nacionales, instituciones internacionales de desarrollo, el mercado
Tecnología de preferencia	Tradicional, agroecológica		Tradicional agroecológica (orgánica)	Mixta	Tecnología del Norte	Tradicional, de escala pequeña, adaptada	Tecnología del Norte
Orientación de la producción	autoconsumo, mercado regional		Mercado internacional, autoconsumo	Mercado nacional e internacional	No especificado	Mixta	Mercado internacional
Enfoque	Local	Local (nacional, global)	Local (global)	Local (nacional)	Global	Local (internacional)	Global
Dirección salida principal	De abajo hacia arriba					De arriba hacia abajo	

• Tab 2.3 Modelos desarrollo sustentable. Fuente Tetreault (2004, pág. 28) .

De acuerdo a la tabla antes analizada tenemos claro que los dos modelos más pertinentes para nuestro documento serían el de ecología política y el modelo dominante. El primero trata sobre todo lo relacionado con los movimientos sociales, los cambios de valores, así como las regulaciones ambientales y la economía mundial, y el segundo se refiere al crecimiento económico de una sociedad, señala también sobre las tecnologías ecológicas racionales y además sobre una mejor gestión para los recursos naturales.

De tal manera y de acuerdo a los dos modelos más cercanos a nuestra búsqueda, se optó por el que se llama modelo dominante, debido a que es más pertinente a nuestro caso de estudio y además trata de forma directa la gestión de los recursos naturales tal y como lo mencioné al comienzo de éste trabajo. De tal manera el

desarrollo sustentable se generará unido a la gestión, haciendo de esta solución una unidad de desarrollo sustentable para la ciudad de Matehuala.

Sobre la gestión de los recursos naturales como elemento principal del modelo dominante Tetreault afirma que:

El tercer elemento principal del modelo dominante es la gestión de los recursos naturales. En este contexto, los mecanismos propuestos para gestionar mejor los recursos incluyen: 1. La formulación de leyes y reglamentos (en el ámbito nacional e internacional) para controlar la contaminación y el acceso a los recursos naturales. 2. El fortalecimiento del Programa de las Naciones Unidas para la Protección del Medio Ambiente (PNUMA) y de las agencias ambientales de los gobiernos nacionales. 3. La incorporación de factores ecológicos en los modelos económicos y en la toma de decisiones económicas. 4. La compilación de información ambiental. 5. La creación de un sistema de contabilidad que tome en cuenta el medio ambiente y que vaya paralelo (sin reemplazar) al sistema de contabilidad existente del PIB. 6 La creación de reservas ecológicas adicionales (2004, pág. 8).

Es así como el desarrollo sustentable tendremos que ponerlo en práctica con su metodología correspondiendo de acuerdo al modelo pertinente a nuestro caso de estudio.

Por otro lado, y refiriendo el modelo dominante en la gestión de los recursos naturales, en este caso sobre el agua, menciono que actualmente vivimos en una crisis ambiental en donde el agua se ha visto afectada en diferentes flancos, porque nosotros los humanos no hemos tomado medidas adecuadas al realizar actividades personales y es por ello que el medio ambiente ha tenido cambios, el agua es el que más ha sido atacado, por lo mismo actualmente padecemos de problemas serios por falta de agua, sequías, en otros lugares inundaciones, son estas las consecuencias y respuestas que la Tierra a dado a los humanos y si no ponemos manos a la obra pronto necesitaremos hacer uso de la abstinencia para muchas actividades cotidianas.

También otro autor dedicado a desarrollar el tema de la sustentabilidad, trata un tema muy importante que habla sobre la sociedad del riesgo a la sociedad sustentable, dicho tema se refiere a los cambios oportunos que han tenido las distintas sociedades que existen en el mundo con el pasar de los años, y como estas con sus acciones y actividades cotidianas han dañado los diferentes recursos y elementos que hacen que exista la vida en este planeta, esto quiere decir que las mismas sociedades se han puesto en riesgo y es momento de que cambien el concepto de sustentabilidad.

Al respecto de lo anterior Toledo señala:

... Una propuesta que se conoce hoy como desarrollo sustentable, que plantea en su versión más acabada una nueva propuesta, un nuevo modelo civilizatorio, una modernización alternativa, una opción a estas tendencias que estamos registrando y que si no se cambian estarán marcando situaciones realmente preocupantes para las próximas tres o cuatro décadas. Esta propuesta, la búsqueda de una sociedad sustentable, surgió hacia mediados de los ochenta, aunque sus antecedentes se remontan a la reunión de Estocolmo en 1972, que tuvo su aprobación oficial en la reunión de Río de Janeiro, en el encuentro mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo que ocurrió en 1992. (2003, pág. 95).

De tal forma este autor en sus generalidades busca la forma de concientizar a las sociedades de tal forma que es necesario actuar ya para cambiar sus sentidos de vida, y generar que las actividades de las personas sean basadas en sustentabilidad para el bien de nuestra existencia y sobre todo la calidad de vida que queremos tener.

La gestión del agua pluvial es un elemento clave que debemos utilizar para generar y contribuir a reducir gastos y maltratos que hemos hecho a nuestro subsuelo. La forma más apropiada y utópica sería que el agua de lluvia siguiera filtrándose para recargar los acuíferos que son la principal fuente de abastecimiento como se ha hecho naturalmente y desde hace muchos años, lamentablemente esto no es posible porque la tecnología ha alcanzado niveles en

los que los recursos naturales quedan fuera del alcance humano y no hay nadie que haga algo por incorporarlos al crecimiento poblacional y tecnológico.

Para subsanar necesidades de los Matehualenses, la perforación de pozos es la única fuente que da respuesta a la demanda del agua. En algunas otras partes del país se sirven de ríos, lagos, manantiales, pero en Matehuala el agua extraída viene del subsuelo como la de la mayoría extraída a nivel nacional, es por ello que buscamos una respuesta y estamos ansiosos por dar la mejor, para con esto generar el desarrollo sustentable que es el objetivo de este tema.

El desarrollo sustentable trata de generar procesos o elementos en los cuales, al realizar cualquier actividad ya sea laboral o cotidiana, se generen elementos básicos que hagan de ella un proceso sustentable, esto quiere decir, que al momento de hacer aplicación de tal o cual actividad también aporten para que el agua, que es el recurso natural principal, se recupere o regenere para dar servicio después a las futuras generaciones que nos siguen con pasos agigantados.

La gestión pluvial es la mejor manera para crear este programa, con respuestas favorables y eficientes, debido a que es la forma física más abundante en la que se presenta el agua en la mayoría de nuestro país. Se ha confirmado que si el agua de lluvia fuera capturada aunque fuera en un 27% de toda la precipitación en México, se podría dar abasto total a todos los seres humanos que la utilizamos para uso público o doméstico, esto quiere decir que necesitamos solamente hacer énfasis en cuestiones tales como analizar de qué forma se harían estas capturas, cada cuando, cuales métodos se aplicarían, los costos de éstos, la pertinencia y posibilidad que tendrían de ser aplicados en ciertas regiones etc.

De tal manera, nos hemos enfocado en hacer uso de los recursos necesarios para crear y generar la gestión pluvial, para lograr el desarrollo sustentable en las zonas urbanas y rurales, para contribuir al ahorro de agua subterránea y también ayudar a la regeneración de nuestro planeta.

Existen muchas formas correctas y pertinentes que pudieran ser aplicadas para gestionar el agua pluvial, tales como métodos de captación, sistemas de recolección pluvial, para uso agrícola y público, entre otros. A pesar de que existen muchos y pareciera fácil elegir uno u otro para ser aplicados en nuestra zona de estudio, vamos a analizar cuál de todos sería el más adecuado para Matehuala.

Al tomar parte de este tema, encontré también materiales que podrían ser una opción y ser utilizados en el área urbana de la ciudad, así como en las periferias o áreas en donde el agua suele estancarse con mayor frecuencia, de acuerdo a las características del terreno y, con esto, dar pie a que la filtración del agua de lluvia siga su ciclo natural, además de que por consecuencia, ayudaría al acuífero a su recarga.

La especialista en la materia nos orienta sobre un material que ha venido a innovar el ámbito urbano, dando de esta forma ideas y soluciones más amplias para nuestro problema y aplicarlos en nuestro proyecto:

Hydromedya.....es una solución en hormigón para pavimentos y cubiertas, de alta capacidad drenante, que facilitan una rápida evacuación de las aguas pluviales, evitando la formación de charcos y minimizando el riesgo de inundación repentina y de deslizamientos, además de minimizar los costes de infraestructuras y mantenimiento.....garantiza una solución de drenaje sostenible de aguas pluviales en entornos urbanos, minimiza el impacto urbano de las construcciones sobre el entorno, ofrece ventajas en la aplicación y puesta en obra y permite la gestión sostenible del agua y la recuperación de pluviales para otros usos o su retorno al ciclo natural del agua...permite que las aguas pluviales se filtren a los acuíferos subterráneos garantizando su reintegración al ciclo natural del agua en entornos urbanos gracias a su alta permeabilidad, y/o que se puedan recuperar y reutilizar para usos alternativos, como el riego, aguas grises... (Mateos).

Es así como el autor nos orienta y da la opción de también tener en cuenta que actualmente existen materiales aptos para estos problemas, materiales además que son ecológicos y sustentables para formar parte de un cambio favorable y dar paso a un mejor desarrollo sustentable en general. Con todo lo anterior, podemos definir que, de acuerdo a lo ya citado y examinado, vamos a realizar la planeación

más adecuada para gestionar íntegramente todas las posibles opciones que existen y de tal forma hacer uso del agua pluvial, desarrollando de la mejor manera posible la respuesta y solución que tanto solicita la principal ciudad del Altiplano Potosino.

5. Gestión Integrada de los recursos hídricos

Desde hace algunos años, los recursos hídricos se han visto modificados por una serie de procesos y factores que el ser humano ha implementado y aplicado en ellos para lograr obtener este líquido primordial con el objetivo de mantener nuestra existencia.

Es de esta forma que todos aquellos métodos que se han estado aplicando en los recursos hídricos, nos han mantenido en la actualidad gozando del agua para subsanar todas nuestras necesidades, desde la principal que es beberla hasta utilizarla para riego, generar actividades laborales y aseo personal.

Con la llegada de este tema tan importante como lo es “la gestión integrada de los recursos hídricos” hacemos énfasis en un ramo que es prioridad para realizar todas y cada una de las actividades cotidianas y así como la principal que es la de abastecer a todos los habitantes de las diferentes regiones de este planeta, para que pueden disponer y beber de ella, para guardar las condiciones necesarias y adecuadas para seguir viviendo.

De esta manera la gestión integrada se refiere al hecho de obtener, distribuir y poner a disposición el recurso vital que es el agua. Es así como su nombre lo dice y el enfoque u objetivo al que queremos llegar es a analizar, evaluar y hacer uso de la gestión más apropiada para la ciudad de Matehuala, en donde vamos a poner a prueba un proceso nuevo, sofisticado y eficaz para capturar de tal forma el agua de lluvia, distribuirla y ponerla en cada hogar y edificación que requiere de la misma.

La gestión integrada de los recursos hídricos, no es otra cosa más que unificar el proceso de obtención del líquido, mediante la captación de agua de lluvia, reutilización de aguas grises o extracción de agua de pozos profundos, en nuestro caso será la captura de agua pluvial, esto como el primer paso de un proceso de integración. El segundo paso sería ponerla a disposición mediante un sistema de red hidráulica adaptándolo a la edificación que se desea alimentar de agua, aplicando aquí el método actual de instalación hidráulica, y el tercer paso es el de ponerla a disposición, esto objetivamente realizarlo de la manera más pertinente de acuerdo a las necesidades prioritarias que demanda la población en Matehuala, enfocar la mayor cantidad o toda el agua en el sector de uso más demandado.

Para la gestión del agua, Valencia, Díaz y Vargas Señalan que:

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en México (GIRH) es un enfoque de política pública, incremental y adaptativo, que persigue el desarrollo y manejo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados. Está orientada a propiciar que el aprovechamiento de los recursos hídricos se dirija hacia la consecución de objetivos nacionales de desarrollo económico y social bajo criterios de equidad y sostenibilidad ambiental.

Entre otras características, la GIRH:

- se basa en manejar los recursos hídricos a nivel de cuencas, considerando también las subcuencas, microcuencas y acuíferos como unidades interdependientes para la gestión y desarrollo de los recursos hídricos;
- busca establecer objetivos a corto y largo plazo para las políticas hídricas mediante la planeación estratégica y la producción de planes maestros;
- está orientada a establecer la política hídrica como una política transversal, de manera que los demás sectores tomen en cuenta al agua en el desarrollo de sus propuestas y actividades de gobierno;
- busca integrar los principios de subsidiariedad, el principio precautorio y el de usuario y contaminador pagador como principios que apoyen las políticas hídricas (2006, pág. 213).

La gestión únicamente puede ser realizada por instituciones ya sean públicas o privadas, no existe ningún otro organismo que pueda realizar esta labor sin el consentimiento del gobierno, que es el encargado de la decisión final, el Consejo Consultivo del Agua dice que:

Uno de los más sobresalientes dilemas es la gestión gubernamental directa o la participación de empresas privadas en los sistemas de agua municipales o metropolitanos, a través de concesiones o contratos de servicios. Aquí, un principio central para resolverlo es la no ideologización. Pueden funcionar eficientemente soluciones tanto públicas como privadas, siempre y cuando cumplan con principios básicos comunes de regulación y eficiencia, y con otras condiciones institucionales, financieras, administrativas y de operación. Hay buenos ejemplos de ello en México, tanto públicos (León, Tijuana, Monterrey), como privados (Cancún, Aguascalientes, Saltillo). Desde luego, en el caso de soluciones con participación privada son imprescindibles licitaciones transparentes, contratos honestos y flexibles, certidumbre jurídica, y una regulación eficiente y estable a largo plazo por parte de organismos creados ex profeso para ello, e integrados tanto por gobiernos como por organizaciones de usuarios (2010, pág. 7).

Con lo anterior, optamos por realizar una amplia investigación y de aquí se vió relacionado y enfocado cual es la opción más adecuada en gestionar el agua para la ciudad de Matehuala, en donde la integración de los tres elementos primordiales para conseguirla, se integren y den como resultado el abastecimiento eficaz y oportuno para todos los pobladores.

4.1. Gestión de la captación del agua pluvial

La captación pluvial es el primer paso del proceso en la gestión total, que se propone para Matehuala. Este factor es muy determinante en la gestión integral porque define el rumbo del método o mecanismo que puede ser aplicado en aquella ciudad, capturando de esta forma el agua pluvial en un área específica que se propone con la investigación y que los factores orientan y dan por hecho la opción más pertinente para que el resultado sea el más apropiado.

Desde otra perspectiva, la captación de agua pluvial es un tema tan relevante en nuestra actualidad que toda persona dedicada al ramo de la construcción, tiene que tomar en cuenta elementos primordiales para tratar de hacer uso del agua de lluvia para el beneficio de los que habitarán u ocuparán dicha edificación, es por ello que existen varios tipos de captación, algunos los hacen para la recarga de mantos acuíferos, esto para dar un balance entre las aguas extraídas y las aguas del acuífero y no dañar nuestro planeta, que es uno de los procesos que más afectan a la Tierra.

Colín y Valdez afirman que:

La sobreexplotación del acuífero del Valle de México y de otras fuentes de captación de agua potable puede aminorarse si se encuentra la manera de inyectar el agua proveniente de la lluvia al subsuelo y compensar la sobreexplotación del acuífero con una adecuada recarga. (2003, pág. 7).

Esto como ejemplo a lo que sucede en Matehuala, obviamente no con los mismos problemas ni factores que envuelven a una metrópoli como lo es la ciudad de México, pero sí con los problemas ambientales que genera el estar extrayendo agua del subsuelo; de esta forma este método podría ser una posible opción para gestionar el agua en esa región y compensar el acuífero que ha sido sobre explotado por algunos años.

Otro más es mediante un sistema al que se le hace llamar colector pluvial, este se encarga de conducir las aguas pluviales mediante un sistema subterráneo y dirigirlas a un colector para después procesarla o utilizarla directamente en el uso que decidan aplicar los encargados de esta operación.

Los bordos derivadores, un sistema un tanto natural que se encarga también de conducir y desviar el agua a lugares en donde pueda ser concentrada para luego hacer uso de ella en riego u otro uso o simplemente para alejarla de lugares en donde no desean que el agua pase.

Sobre los diseños de captación de agua de lluvia que son aplicados para casa-habitación hay más que decir, porque estos han ido evolucionando mediante la tecnología va avanzando, esto define un mecanismo más preciso y orientado a captar el agua en cantidades menores y de uso exclusivo de un hogar debido a que la superficie de captura está enfocada en el área de la edificación.

Por otro lado también sobre los sistemas de captación para la utilización del agua pluvial CIDECALLI-CP señala que:

La importancia de captar, almacenar y utilizar el agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano es de gran relevancia para la mayoría de las poblaciones, sobre todo aquellas que no tienen acceso a este vital líquido (2007, pág. 50).

Este autor nos orienta en cómo este podría ser un método que para aplicarse, bastante pertinente para la ciudad de Matehuala, porque podría incorporarse en las casas de los habitantes de la ciudad que no cuentan con el servicio de agua potable, de tal forma, nosotros estaríamos dándoles la oportunidad de que gocen también de este vital líquido como un derecho de todos los mexicanos.

También por otro lado, los colectores pluviales, analizados en el capítulo 1 de este trabajo, propone uno en específico que trabaja de la siguiente manera:

“Se denomina sistemas separativos o sanitarios cuando las aguas residuales y pluviales se transportan en conductos diferentes e independientes. Tiene una clara ventaja en la uniformidad de caudal y concentración que entra en la planta depuradora, pero en cambio implica mayor inversión de construcción y mantenimiento”. Con esto, el trabajo se complementa de una manera más objetiva y particular en el ver del problema de Matehuala, es así como este marco teórico complementa una serie de elementos básicos para la realización de un trabajo más veraz en su construcción.

Es por ello que este proceso llamado captación tiene que estar muy bien definido para optar por el más correcto de acuerdo a los elementos y factores que guarda

la ciudad de Matehuala, aprovechando todos y cada uno de las virtudes que esta ciudad tiene, de acuerdo a los antecedentes que respaldan esta investigación.

4.2. Gestión del almacenamiento del agua pluvial

El almacenamiento del agua como el segundo proceso en la gestión integral es también un paso muy importante porque es aquí donde incluiremos una serie de cálculos y factores primordiales que definirán el rubro estratosférico para ofrecer cantidades y datos técnicos de lo que nuestro proyecto de investigación necesita o exige para ofrecer una solución oportuna para nuestro sistema de almacenamiento.

Éste es tomado en cuenta de acuerdo al usuario que deseamos abastecer, en nuestro caso, se ha definido que el uso público – doméstico es el destino final al que ésta investigación pretende dirigirse. El usuario como principal elemento está siendo tomado en cuenta mediante una investigación e indagación para optar por dar una buena solución al problema, informándose de las diferentes condiciones, volúmenes y factores que requiere acerca del agua para cumplir con las expectativas y resultados exitosos en ésta investigación.

Por lo general, este proceso va seguido del método de captación como lo mencioné anteriormente, es por ello que debemos enfocarnos principalmente en elegir cuál es el factor más adecuado para captar el agua y de aquí desprender la información necesaria para definir este proceso que será la continuación de un proceso integral en donde todo unificara hacia un solo objetivo, que será la creación de un plan eficiente en el manejo de aguas urbanas para el beneficio de los habitantes en Matehuala.

4.3. Gestión de la disposición final del agua pluvial

Sobre la disposición final del agua que ofrecemos a los diferentes usuarios, debemos mencionar que ésta será totalmente adecuada para la utilización final a

la que se va destinar, o sea, que de acuerdo a los dos procesos anteriores, éste será la conclusión de un proceso en donde la gestión integral culminará y es aquí en donde ya tendrá que estar definido cuál sería el posible uso al que se va a utilizar el agua capturada.

Tenemos que definir cuál es el objetivo de este proceso, además de ofrecer un servicio de calidad al momento de poner en disposición del usuario el vital líquido, para que éste sea aprovechado de la manera más pertinente según el usuario.

También este proceso va a definir un paso muy importante en la calidad del servicio, que la gestión integral va a proponer, de acuerdo a los diferentes métodos que existen y que hemos analizado, aquí, enfocaremos los recursos necesarios para que esta gestión termine de una manera satisfactoria y complete el proceso adecuadamente para que cumpla las expectativas que estamos ofreciendo para subsanar las necesidades de los pobladores matehualenses, mediante el uso de agua de lluvia, con esto decimos que tendremos que tener sustentado con información verídica las demandas de agua que hace la población en los diferentes usos que ésta ofrece enfocando y destinando aquí las mayores cantidades de agua captada y al igual recordando que vamos a poner en marcha la mejor opción para capturar, distribuir y finalmente poner en disposición las cantidades solicitadas de acuerdo a las estadísticas y antecedentes que se han estudiado.

5. Gestión del agua pluvial, la solución al problema

La gestión¹ actualmente se ha convertido en un proceso tan completo, que solo el concepto de esta palabra integra todos los elementos necesarios para generar un desarrollo adecuado de cualquier proceso que se desea obtener.

La gestión pluvial está considerada como la solución al problema, debido a que en la actualidad ha sido un tema tan relevante, que en todas las regiones en donde el

¹ Acción o trámite que hay que llevar a cabo para conseguir o resolver una cosa

agua comienza a hacer falta, se hace mención al tema llamado gestión, esto porque este tema trata de incluir todo el procesos de realización y construcción para llevar hasta el destino final, que son los seres humanos, el agua.

Zavala que ha realizado trabajos similares nos da una reflexión sobre lo que él considera la gestión del agua:

...la gestión del agua es un espacio social que produce símbolos, por lo que en su funcionamiento cotidiano hay una doble tensión; por un lado se encuentra la racionalidad de los símbolos de la política hidráulica y, por el otro, la racionalidad subjetiva simbólica de los actores. La dimensión espacio-temporal del servicio del agua se refiere al tiempo que definen los ritmos biológicos, psicológicos y sociales que marcan el compás de las actividades individuales y colectivas, por lo que toda acción distingue del pasado, el presente y el futuro e inserta las actividades en un ciclo en el cual el tiempo de uno no es el tiempo de los otros. (2004, pág. 140).

Es de ésta manera que la gestión ha llegado a ser un concepto tan completo, que cuando se trata de realizar una acción en donde la integración de dos o más elementos es la solución, es necesario recurrir a la gestión y sus principios básicos, tener en cuenta cómo es posible llevarla a cabo en el ramo que deseas desarrollar y de qué manera es la más correcta para comenzar.

La gestión pluvial se ha considerado como una solución para resolver el problema de la falta de agua en algunas regiones del mundo y principalmente en nuestro país. Esto con el objetivo de ofrecer agua a las personas que no cuentan con ella, basados en métodos diferentes a los que ofrecen los organismos operadores del agua potable.

Algunas referencias que da la empresa Soluciones Hidropluviales para la gestión pluvial son:

Tanto la escasez como el exceso de agua se han convertido en un problema que se está viviendo en todos los sectores y en todas las regiones de México. Por eso ofrecemos sistemas y servicios para el manejo integral de escurrimientos pluviales desde su captación, limpieza, almacenamiento y reutilización. Con el fin de asegurar la disponibilidad y calidad del agua.

Ante los eventos pluviales nuestras soluciones permiten:

- Limpieza de agua pluvial
- Detención o retención
- Control del flujo
- Infiltración y recarga de acuíferos
- Control y prevención de inundaciones (2012).

Como esta empresa, ya existen varias en el mundo que ofrecen soluciones para utilizar el agua pluvial en los distintos usos que la gente desea. Refiriéndonos a Matehuala específicamente y de acuerdo a la información ya definida y escogida en el entorno a aquella zona, se ha optado por darle el uso agrícola al agua después de haberla capturado, esto con el fin de dar pie a la recuperación del manto acuífero que tanto daño ha sufrido por las extracciones desmedidas de los seres humanos y esto por consecuencia dañando al medio ambiente.

Sobre los mantos acuíferos como una única fuente de abastecimiento en nuestro caso de estudio y con lo que hemos abordado también acerca de ellos encontramos la opinión que da Soluciones Hidropluviales:

En México las estaciones son cada vez más impredecibles, las temporadas secas son más largas y las de lluvia más intensas, lo que implica la necesidad de un mejor aprovechamiento del recurso pluvial. Antes, la vegetación interceptaba directamente la lluvia y ayudaba a la evaporación y absorción del líquido que se infiltraba en el suelo. Ahora el desarrollo urbano ha impermeabilizado las áreas que antes cumplían esta función natural. Además, se pierde de manera preocupante la capacidad de infiltración por la creciente compactación de los suelos y la pérdida de la biodiversidad. Debido a esta situación, menos agua se infiltra para recargar los acuíferos, y más agua escurre por la superficie y a mayor velocidad.

Por otro lado, de los 653 acuíferos registrados por Conagua, la dependencia acepta que 104 son sobreexplotados. Tomando un ejemplo representativo, en la Ciudad de México se extrae del acuífero más agua de la que naturalmente se recarga, en pozos que alcanzan incluso los 400-500 metros de profundidad ; el flujo hídrico del Distrito Federal obtiene un 50% del suministro del subsuelo pero a un ritmo de sobreexplotación del 140% . Según estudios de Conagua, 59.6 metros cúbicos por segundo de agua se extraen de los acuíferos del valle de México, pero

sólo es posible recargar 31.6 con el escaso porcentaje de agua de lluvia que se aprovecha y el agua que se potabiliza y trata en plantas respectivas (2012).

Con lo anteriormente señalado la misma empresa da una solución en donde crean:

...sistemas que ayudan a almacenar y limpiar el agua de lluvia para poder infiltrarla a los acuíferos o direccionarla hacia ríos o afluentes evitando que se contaminen y permitiendo que el agua de lluvia continúe alimentando las reservas de agua. (Soluciones Hidropluviales, 2012).

De acuerdo con estos datos y los autores que apoyaron esta investigación sobre la gestión pluvial, podremos definir cuál será el sistema o método más apropiado para realizar las gestiones necesarias acerca del agua en Matehuala, procurando siempre generar un bienestar y mejores condiciones de vida para los habitantes de aquella zona.

Es de tal manera que la gestión es considerada como la solución al problema de la falta de agua, porque ésta tratará solo de generar las acciones adecuadas para poner a la mano este elemento vital a todos los matehualenses.

6. Gestión estratégica del agua pluvial desde una perspectiva ambiental

La gestión estratégica que se planteó para que esta investigación cumpla con lo implementado a lo largo de toda su indagación, debió contener una metodología clara y precisa que fue aplicada en una serie de procesos en los cuales los resultados son físicos y notorios, con dicha metodología logramos tener un punto de partida con datos e información para perfeccionar nuestro proyecto mediante un cuadro comparativo para analizar los diferentes sucesos.

Un autor nos ayudó a tener más certeza en lo que deseábamos realizar, por medio de su literatura y sus ejemplos físicos pudimos entender y de ahí partir para realizar nuestra investigación, basada en una metodología propia para nuestra zona de estudio, que es la ciudad de Matehuala.

En la metodología propuesta por Osornio Berthet se hace mención debido a que será también parte del plan que estamos proponiendo para la ciudad de Matehuala y que lógicamente necesitaremos realizar una con nuestras y condiciones y factores con las que cuenta la ciudad:

La metodología que se utilizará para el estudio de la zona y las variables que se intervienen para un proyecto de esta índole son las que a continuación se describen:

- **Análisis del sitio de estudio**
Antes de establecer la zona donde se implementará el sistema de captación de agua de lluvia, se debe conocer cuáles son las propiedades del sitio en los diferentes ámbitos, para posteriormente teorizar cual es el efecto que va a ocasionar.
- **Cálculo de la precipitación pluvial neta**
Basándose en la información proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional a través de isoyetas y tablas donde se valora la precipitación media, se obtiene la cantidad en milímetros de agua que precipita sobre un lugar en cada mes del año, dicha cifras se multiplican por el coeficiente de escurrimiento...
- **Determinación de la calidad de agua de lluvia captada**
Para establecer el tren de tratamiento que se utilizará, es necesario conocer la composición del agua en la medida en que ésta es afectada por la concentración de sustancias, ya sea tóxica o producida por procesos que se susciten cerca del sitio donde se recolecte...
- **Diseño y cálculo de los elementos que integran el Sistema de captación**
Almacenamiento: Para diseñar las dimensiones del tanque de almacenamiento, se pueden tomar varios criterios... (2012, pág. 2).

Con la metodología antes expuesta, se desarrollará un marco referencial en el cual se marcarán los procesos indicados para desarrollar y buscar los resultados por medio de un análisis de campo, además de procedimientos técnicos y métodos matemáticos que sirven para obtener resultados relacionados con los gastos máximos, escurrimientos anuales y volúmenes óptimos para la creación y desarrollo de proyectos como este.

Matehuala, desde los principios de su fundación, se conoce que ha estado ocupando un lugar en una región semidesértica, basado en sus estadísticas, la

ciudad no se distingue por ser una ciudad húmeda y con suelos fértiles, la ubicación la hizo formar parte de un ecosistema en donde el desierto es su principal elemento y es por ello que está catalogado como una ciudad con tierras áridas.

Desde hace ya varios años, en nuestro entorno global hemos podido observar y confirmar que los tiempos están cambiando, el daño que hemos causado a nuestro planeta ha sido tanto que estamos viviendo la época en la cual observaremos todos y cada uno de los fenómenos naturales que habrá que enfrentar como consecuencias de nuestros actos. La contaminación, la deforestación, la caza de animales en bosques y mares así como las extracciones desmedidas del subsuelo han causado ahora, un daño irreversible.

El calentamiento global; un concepto que engloba todos los problemas que hemos generado a costa de que los humanos gocen de comodidades y facilidades para su subsistencia, ha hecho efecto exactamente en esta década y padecemos actualmente los cambios climáticos que se presentan con frecuencias en las diferentes regiones del país.

Matehuala, como se comentó con anterioridad, sigue siendo una zona semidesértica con pocas oportunidades de generar un desarrollo agropecuario debido a que el agua que se manifiesta anualmente no da las cantidades necesarias para lograrlo. Actualmente en Matehuala se ha notado un cambio total en cuanto a su clima cotidiano, desde hace unos 8 años se ha visto presente la lluvia con más frecuencia y más fuerza, esto debido a los efectos que está teniendo el clima por todos los hechos que mencioné en párrafos anteriores.

Por si fuera poco, las condiciones que arropan a la ciudad no son factibles para que el agua se estanque y permanezca de forma natural en la ciudad para así poder utilizarla, la ciudad se encuentra en una altiplanicie, que lógicamente no es la mejor opción para que el agua que precipita en la zona se quede, de hecho

cuando ahí llueve, el agua pasa por la ciudad corriendo hacia su caudal sin quedarse una buena cantidad para aprovechamiento de los matehualenses.

Esto quiere decir, obviamente, que aparte de otros recursos naturales, el elemento hídrico vital ha sido el más afectado por encima de todos debido a que las tendencias marcan supuestamente desapariciones del agua en algunos lugares debido al calentamiento que está teniendo la atmósfera por toda la contaminación creada por los humanos.

Martínez Austria dice que:

El cambio climático incidirá en la demanda de agua, sobre todo la de los ecosistemas y la de la agricultura que es, actualmente, el principal usuario en el mundo. También se observarán cambios en la calidad del agua en los ríos y, con mayor intensidad, en los lagos, humedales y ecosistemas costeros.

Puesto que el agua es el motor de la vida, es de esperarse que los cambios en el ciclo hidrológico produzcan a su vez modificaciones de consideración en los ecosistemas y en la salud.

La magnitud de estos cambios a escala regional, conviene asentarlos desde ahora, es objeto aún de controversia, debido a la falta de datos y modelos apropiados y que los actuales carecen de la suficiente calibración.

Es necesario anotar también que los recursos hídricos están ya sujetos a grandes presiones debido, fundamentalmente, al crecimiento poblacional; al desarrollo social y económico que genera mayores demandas, sobre todo de uso industrial y de servicios; y a los cambios en el uso del suelo y alteraciones en las zonas de captación de las cuencas, ocasionados principalmente por la deforestación y la erosión (2007, pág. 2).

Por todo lo analizado con anterioridad, se entiende que en Matehuala y el mundo padecen de problemas graves frente al agua, es necesario poner atención en todos los ámbitos humanos en los que interviene el uso de agua y poner manos a la obra para que mañana no sea demasiado tarde y nos estemos lamentando por la falta de agua en exceso. Si logramos crear un poco de conciencia en los humanos y utilizamos métodos y mecanismos mejores que los ya cotidianos para

ofrecer el servicio de agua potable a las personas, podremos lograr un cambio y poner nuestro granito de arena para la salvación de nuestro planeta y del agua.

El haber concluido el marco teórico de esta investigación ha sido de suma importancia debido a que he especificado teorías y metodologías en las cuales basaré mis propuesta y métodos de análisis para conseguir el objetivo de este proyecto, con el fin de lograr resultado más óptimo y eficaz en como captar, almacenar y distribuir el agua pluvial en Matehuala de acuerdo a todos los factores climáticos, topográficos y orográficos que presenta la región del Altiplano, así como la demografía y las tendencias que presenta la lluvia, la población y la demanda de agua para menciona región.

Capítulo 3. Marco metodológico

El marco metodológico que a continuación se presenta, hace referencia a un trabajo de investigación, en el cual se describe un diseño de la investigación basado en un marco teórico – conceptual, en el cual se describieron una serie de teorías que relacionados con las preguntas y objetivos de investigación se evaluó una guía de discusión por cada uno de ellos que sirvió como base preliminar para buscar la respuesta a éstos y de esta manera dar pie a un producto relacionado con el objetivo y enfoque que se propuso al principio de ésta investigación.

A lo largo de este capítulo se señalan puntos objetivos que resuelven parámetros de procesos de técnicas metodológicas que servirán para la continuación de éste trabajo de investigación mediante métodos y procedimientos de análisis en la información que se recabó en todo el tiempo que se realizó ésta tesis de investigación. Los estudios realizados sobre la planeación de la gestión pluvial, estudios que ya fueron realizados en ciudades o regiones del planeta, así como análisis y trabajos de campo desarrollados por autores expertos en la materia, fueron analizados de manera práctica mediante entrevistas y algunos otros por encuestas que sirvieron de apoyo para reforzar de manera teórica y técnica el desenlace del trabajo.

También en éste capítulo se mencionó a las entidades que apoyaron la investigación con información gráfica, digital y cartográfica con el fin de que el producto final de ésta investigación fuera el más cercano a la realidad. Es así que después de haber realizado todo lo anterior, se definió una serie de argumentos complementarios basados en una metodología para el desarrollo eficaz de la investigación, así como la descripción de los análisis que se llevaron a cabo sobre la información obtenida y las principales razones y justificaciones de los porque ésta investigación estuvo enfocada de tal manera que la gestión integral del agua pluvial fuera destinada al uso doméstico de los matehualenses.

1. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación para la gestión eficiente del agua pluvial urbana para uso doméstico en Matehuala, S.L.P., tiene una estructura que está determinada por una serie de elementos que tienen que ofrecer una congruencia clara en el desarrollo y aplicación al momento de hacer la función que se desea para lograr el objetivo general y por consecuencias los específicos de este trabajo.

A continuación se muestran dichas preguntas y objetivos con las que se fijo guiar y detallar el diseño y estructura de ésta investigación.

2. Guías de discusión

2.1. Guía de discusión de la pregunta general de investigación

La gestión vista desde un ámbito correlacional y unificador de elementos básicos para componer un proceso de principio a fin será aplicada de tal manera que organice y relacione los elementos de tal forma que establezcan un funcionamiento con un fin común en el cual se genere una mejor calidad y bienestar de vida para los matehualenses.

2.2. Guía de discusión de la pregunta específica 1

Investigar de manera exhaustiva la situación actual del agua pluvial urbana en Matehuala y definir los problemas que se presentan a partir de ella.

2.3. Guía de discusión de la pregunta específica 2

Encontrar el método de captación más apropiado y adecuado de acuerdo a los análisis técnicos y geográficos de la región.

2.4. Guía de discusión de la pregunta específica 3

Proponer un diseño o sistema único de captación de acuerdo a elementos técnicos y factores geográficos.

2.5. Guía de discusión de la pregunta específica 4

Los sistemas de potabilización o cloración del agua que existen actualmente hacen de esta propuesta un proyecto coherente, después de realizar este proceso se inyectará en la red hidráulica el elemento vital.

3. Preliminares

3.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo explicativa, según Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. se considera:

La investigación que se considera elementalmente explicativa es aquella que tiene relación causal; no sólo persigue describir o acercarse a un problema, sino que intenta encontrar las causas del mismo. Existen diseños experimentales y no experimentales. Desde un punto de vista estructural reconocemos cuatro elementos presentes en toda investigación: sujeto, objeto, medio y fin. Se entiende por sujeto el que desarrolla la actividad, el investigador; Por objeto, lo que se indaga, esto es, la materia o el tema; Por medio, lo que se requiere para llevar a cabo la actividad, es decir, el conjunto de métodos y técnicas adecuados; Por fin, lo que se persigue, los propósitos de la actividad de búsqueda, que radica en la solución de una problemática detectada.

Además de describir el fenómeno, tratan de buscar la explicación del comportamiento de las variables. Su metodología es básicamente cuantitativa y su fin último es el descubrimiento de las causas. Se pueden considerar varios grupos:

- Estudio de casos.
- Métodos comparativos causales.
- Estudios correlacionales.
- Estudios causales.
- Estudios longitudinales.

El estudio de casos se utiliza cuando hay cuestiones a resolver sobre el “cómo” y el “por qué” de un hecho, cuando el investigador no tiene control sobre el fenómeno y cuando éste se da en circunstancias naturales. Los estudios

causales se realizan a partir de las correlaciones empíricas de las variables. Los longitudinales, en el tiempo. Con este tipo de método se pretende llegar a generalizaciones extensibles más allá de lo analizado (2003).

De esta manera la investigación basada en un sistema explicativo hace referencia a lo que he venido argumentado en este trabajo, la relación de origen, así como la de describir un problema en el que busco las causas de éste para ofrecer una solución pertinente de acuerdo a elementos particulares que guarda la zona de estudio en el que estoy desarrollando este trabajo es, sin duda, un buen factor para determinar un proceso de gestión en la cual integraré ciertos conceptos clave para obtener el resultado más cercano a la realidad.

3.2. Enfoque

El enfoque que tiene esta investigación se dirige al método mixto, que de acuerdo Roberto Hernández Sampieri es:

La meta de la investigación mixta no es reemplazar la investigación cuantitativa ni la investigación cualitativa, sino utilizar la fortaleza de ambos tipos de indagación combinándolas y tratando de minimizar sus debilidades potenciales.

Definiciones fundamentales:

- Racionalización del diseño mixto.
- Decisiones sobre a) qué instrumentos emplearemos para recolectar los datos cuantitativos y cuales para los datos cualitativos. b) las prioridades de los datos cuantitativos y cualitativos. c) secuencia en la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos. d) la forma en cómo vamos a transformar, asociar y/o combinar diferentes tipos de datos. e) métodos de análisis en cada proceso y etapa.
- Decisión sobre la manera de presentar los resultados inherentes a cada enfoque (2010).

Con lo anterior se establece que esta investigación que se realizó tiene el objetivo de enfoque antes mencionado, debido a que con base en cierto número de datos, así como estadísticas y datos duros de una zona de estudio, se analizó una en la

zona de estudio el agua como elemento variable presente en nuestra investigación, de tal forma se investigo por medio de diferentes técnicas de recolección de información, así como también por medio de métodos técnicos y matemáticos los comportamientos de ella por temporadas presente en la zona de estudio elegida, así como las cantidades demandadas, destinadas, perdidas, precipitadas y utilizadas que requiere cierta una población para satisfacer las necesidades básicas y cotidianas con el fin de tener un confort social saludable y estable en cuando al desenvolvimiento económico y social dentro de los derechos humanos.

A continuación se muestra un diagrama de relaciones en las cuales se presenta el método mixto como elemento diversificador de una serie procesos necesarios para encontrar y argumentar de manera sustancial el desenlace de ésta investigación.

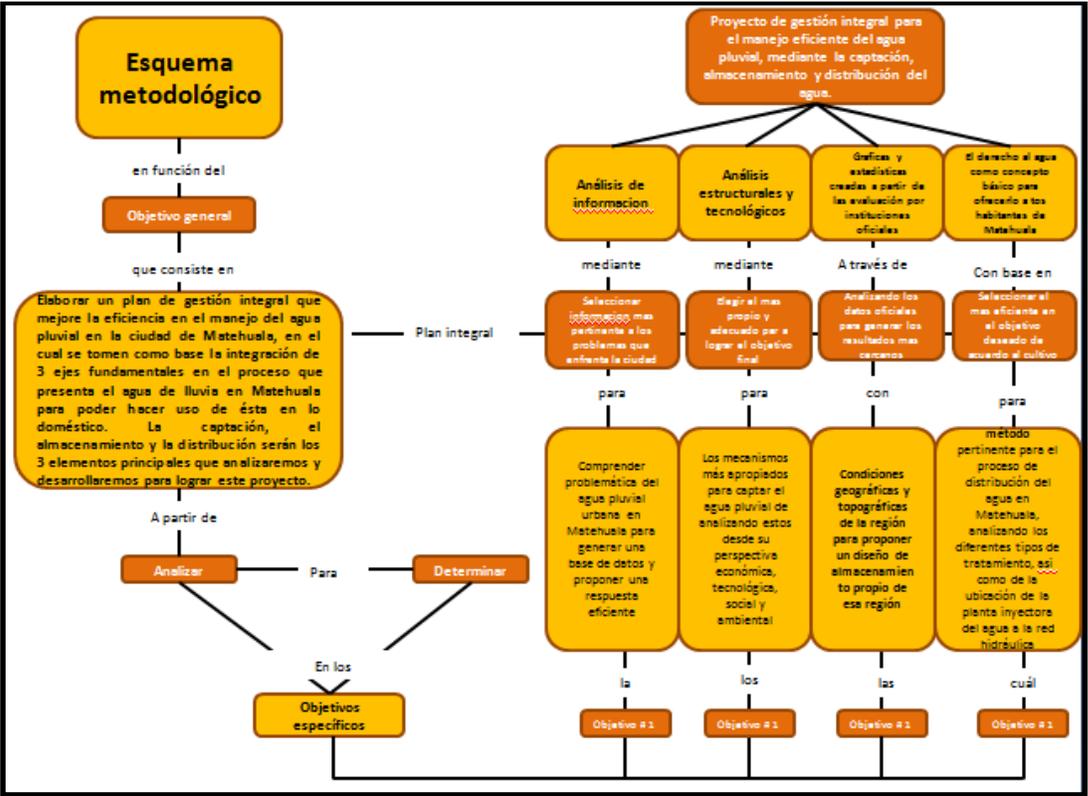


• Fig.3.1 Diagrama sobre los métodos mixtos. Fuente Hernández Sampieri

Es así como el diagrama expuesto con anterioridad, muestra la relación que hay entre los distintos métodos mixtos en el cual me estaría basando para dar una estructura lógica y correlacional, así como seguimiento teórico y sustancial de lo

que sucede con el estudio de casos en esta investigación, aplicándolo en mi tema de investigación para mostrar la relación y la pertinencia que guardan los objetivos específicos con el general de tal manera que existe una correlación con la cual se realizó la búsqueda adecuada de la información, así como también se propuso una serie de factores que incluían intereses públicos y sociales en el lugar donde se pretende generar dicho proyecto.

Por otro lado, el diagrama que se muestra a continuación muestra la relación que existe en ésta investigación, todo con base en los métodos mixtos que generó Hernández Sampieri con el fin de llevar a cabo la relación estructural metodológica entre elementos y factores que intervienen en el proceso y resultado de la investigación, de tal manera que el seguimiento del método mixto aplicado ofrece un diagrama de relaciones entre objetivos y técnicas para obtener el mejor resultado.co



• Fig.3.2 Diagrama aplicando métodos mixtos. Elaboración propia del autor 2013

3.3. Nivel

El nivel en el que se encuentra es básico ya que se busca la implementación de este plan en áreas similares y con problemas iguales y que induce en continuar con la búsqueda de la generalización.

3.4. Límites Teóricos

En cuanto a los límites teóricos que se han propuesto para la solución de este problema, se han seleccionado los más pertinentes para la continuación oportuna y segura de esta investigación, entre ellos encontramos tales como:

- Material para construcción que permite la filtración de agua
- Captación y tratamiento de agua pluvial
- Captación y reutilización del agua pluvial
- Captación de agua para la recarga de mantos acuíferos
- Gestión del agua pluvial para un desarrollo sustentable
- Colectores pluviales

Los seis temas antes mencionados, son los que justifican y argumentan la solución de esta investigación, ya que son apoyos teóricos y metodológicos para abordar este tema, comparando de esta forma factores que se pueden realizar o mejorar en nuestra zona de estudio.

Éstas fueron elegidas entre una serie de teorías encontradas, concordando con la pertinencia adecuada con el tema que abordamos para ésta tesis, de esta manera estas teoría vienen a reforzar lo que este trabajo propone como solución integral del gran problema que enfrenta la ciudad de Matehuala, estos autores respaldan una serie de elementos teóricos que han realizado investigación, estudios y proyectos que han sido exitosos en el campo en el que han sido aplicados.

Autor	Teoría base	Á. de estudio	Muestra	Metodología
(Mateos)	Material para construcción, permite la filtración de agua	España	Area Urbana, no especificada	Conceptual
(Osomio Berthet, 2012)	Captación y tratamiento de agua pluvial	México	Superficie para captar agua y sistema de tratamiento	Conceptual
(Huguet, 2007)	Captación y reutilización del agua	Indefinida	Casa/habitación , colectando agua pluvial y reutilizando aguas grises	Empírica cuantitativa
(Colin Romero & Valdez Montealegre, Captacion de agua pluvial)	Captación de agua para recarga de mantos	Valle de México	Agua precipitada en delegaciones del DF	Cualitativa
(Jacobo Villa & Saborío Fernandez, 2004)	Gestión del agua pluvial, para un desarrollo sustentable	México	Instituciones relacionadas con el agua	Cualitativa
Fac. Ing. Maestría en Hidrosistemas	Colectores pluviales	México	Area urbana con problemas de inundaciones	Cuantitativa

- Tab.3.1 Teorías, con áreas de estudio, muestras y metodologías aplicadas. Elaboración propia del autor 2013

4. Población y muestra

De acuerdo a la población que estudiamos en esta investigación, se ha enfocado una serie de elementos claves que están determinando el núcleo poblacional y que será afectado, beneficiado y alterado de una forma en la cual presentamos un beneficio social, económico y ambiental para toda una región específica del estado de San Luis Potosí, siendo esta región el municipio de Matehuala. Éste se ubica al norte de dicho estado, con una altitud de 1577 msnm, y con un clima seco en una región semi-árida en la cual se generó un estudio de investigación en el cual se pretende generar un plan de gestión integral para el agua pluvial que ahí precipita, esto debido a las consecuencias, beneficios y efectos que ésta ha causado en la última década en dicha zona de estudio.

De acuerdo a los antecedentes descritos en el capítulo uno de este trabajo, se ha tomado como base referencial el estudio de los sistemas de captación, de

almacenamiento y de distribución para generar un plan integral basado en procesos de unidad en el cual se integren estos tres sistemas con el fin de solucionar el problema que Matehuala presenta frente al agua pluvial.

De tal manera que se tuvo que hacer un estudio sustancial de lo existente y de lo que puede aplicarse en nuestra zona de estudio para realizar un balance de acuerdo a expertos en el tema como son autoridades de Matehuala, académicos expertos en el tema y usuarios autóctonos que han vivido los problemas más de cerca, realizando una entrevista a un promedio de entre tres y cinco usuarios de cada género ya sea masculino o femenino para tener un panorama más amplio de lo que la población demanda y lo que pudimos ofertar para dar el resultado más óptimo, de tal manera que evaluamos y analizamos desde la perspectiva y situación en la que se encuentran cada uno de ellos, las necesidades con las que la población pudiera contar en realidad.

Es así como a continuación se presenta una tabla en la cual expongo las dependencias y usuarios que han aportado la información para hacer ofrecer de éste trabajo propuestas más reales buscando resultados paralelos a lo que el problema de investigación requiere.

4.1. Entidades que apoyaron el trabajo de investigación, población/muestra

Entidad	Jurisdicción	Personal que apoyó
CONAGUA (Comisión Nacional del Agua)	Federal	Dir. de CONAGUA Ing. Eugenio Garza Blanc Ing. Meteorológico Ricardo Rocha
CEA (Comisión Estatal del Agua)	Estatal	Ing.
SAPSAM (Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Matehuala)	Municipal	Ing. Jorge Flores Torres

- Tab.3.2 Autoridades encargadas y que apoyaron este trabajo. Elaboración propia del autor 2013

Por una parte se encuentran las autoridades encargadas de los rubros más importantes para mi trabajo, por un lado las dependencias encargadas de la administración del agua en México, San Luis Potosí y Matehuala respectivamente, contando con que la información que han aportado para que pudiera realizar este proyecto sea veraz y confiable y, a partir de ella, se crearon los análisis necesarios y oportunos de acuerdo a las condiciones y objetivos expuestos.

4.2. Usuarios autóctonos, académicos expertos y autoridades que apoyaron

Usuario	Profesión	Nombre
Académico experto en el tema	Ing. en Hidráulica UASLP	Alberto Rodríguez Robledo
Académico experto en el tema	M. en Ingeniería	Arturo González Ortiz
Académico experto en el tema	Arquitecto	Julián García
Autoridad	M. en Ingeniería/CONAGUA	José Luis Juárez Rubio
Autoridad	Ex. Dir. SAPSAM	Jorge Flores
Autoridad	CONAGUA	Armando Rocha
Usuario	Lic. en derecho	<u>Confidencial</u>
Usuario	Comerciante	<u>Confidencial</u>
Usuario	Trabajador de SAPSAM	<u>Confidencial</u>

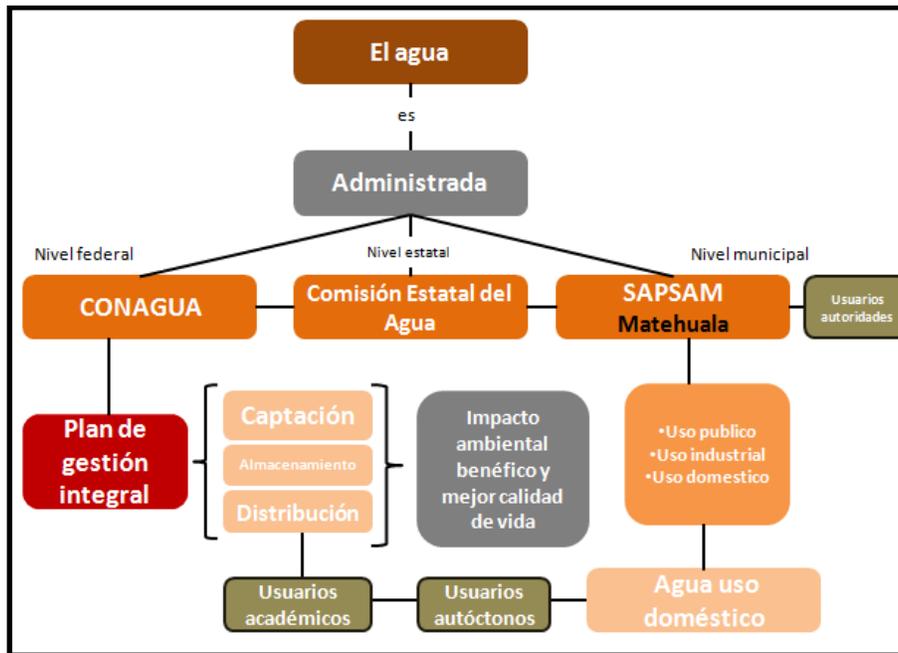
• Tab.3.3 Usuarios encuestados. Elaboración propia del autor 2014

De acuerdo a todos los usuarios anteriormente mencionados, así como las dependencias, se ha realizado toda la base principal de esta investigación, teniendo como base la seguridad y confianza en que los datos descritos por ellos son de gran relevancia así como todo lo que se involucra con éste problema de investigación en Matehuala.

5. Fase de la instrumentación

De acuerdo a este capítulo que trata sobre describir y justificar las herramientas adecuadas para conseguir la información más cercana y válida sobre los datos que en realidad necesitamos para crear con este trabajo resultados muy cercanos a las necesidades que se ocupan en la zona de estudio específica se ha hecho mención de una serie de elementos e instituciones que han aportado datos cuantitativos y cualitativos relacionados con el agua y Matehuala.

En la siguiente tabla se muestra un organigrama de las distintas dependencias, así como los usuarios encargados de aportar la información cuantitativa y cualitativa más pertinente de acuerdo al problema de investigación existente en el área de estudio específica en el trabajo presentado.



• Fig.3.3. Relación entre dependencias, usuarios y el plan de gestión integral. Elaboración propia del autor 2013

Es así como las partes involucradas en este trabajo se relacionan, y también con la ayuda de la entrevista como herramienta fundamental para la indagación en la información, han sido elementos básicos que he logrado desarrollar para obtener un cuadro comparativo del cual desprenderemos resultados y estándares de eficiencia en la aplicación de los sistemas tecnológicos en la captación, almacenamiento y distribución del agua para uso doméstico.

De acuerdo a Lourdes Domenech y Ana romero la entrevista como parte fundamental que ha permitido conocer con mayor firmeza los factores que afectan y necesitan en Matehuala es:

La entrevista es un acto de comunicación oral que se establece entre dos o más personas (el entrevistador y el entrevistado o los entrevistados) con el fin de obtener una información o una opinión, o bien para conocer la personalidad de alguien. En este tipo de comunicación oral debemos tener en cuenta que, aunque el entrevistado responde al entrevistador, el destinatario es el público

que está pendiente de la entrevista. Atendiendo a la finalidad con que ha sido escrita, podemos distinguir dos tipos de entrevistas:

Informativas

Con ellas se pretende conocer la opinión sobre un determinado tema.

Psicológicas

Con ellas se pretende conocer la personalidad o el ambiente que rodea al entrevistado (2012).

Es así como en este apartado se muestra la pertinencia y relación sustancial entre los elementos que involucran al plan de gestión y el agua además de mostrar a la entrevista como herramienta que servirá como factor de unión en la búsqueda del saber los problemas reales y sus causas dentro de la sociedad.

6. Variables e indicadores

Las variables que maneje de acuerdo a mis preguntas de investigación, así como la pertinencia que guardan con los objetivos de investigación están basadas en que serán unidades de análisis y datos enfocados a estudiar para que dicho proyecto ofrezca de manera eficaz un resultado real y factible a desarrollar, estas variables e indicadores son las que se muestran en la siguiente tabla.

6.1. Pregunta general y objetivo general con la variable dependiente y sus indicadores

Pregunta general de investigación.	Objetivo general de investigación	Variable Dependiente	Indicadores
¿Por qué es ineficiente el manejo del agua pluvial urbana en la ciudad de Matehuala, S.L.P.?	Elaborar un plan de gestión integral que mejore la eficiencia del manejo del agua pluvial urbana en Matehuala, S.L.P.	Gestión: <ul style="list-style-type: none"> • Eficacia • Eficiencia • Efectividad 	* Volumen en demanda, extracción y uso de agua. *Sistemas o estrategias para proporcionar agua. *Tiempo y calidad en cuanto a la función de este proceso para abastecer de agua.

• Tab.3.4 Indicadores de pregunta general. Elaboración propia del autor 2013

La variable dependiente que envuelve a estos factores como principales elementos de investigación, es la gestión, sabiendo de antemano que ésta se mide de 3 formas, la eficacia, la eficiencia y la efectividad, inclinándome por la eficiencia como principal concepto a resolver e investigar para realizar este trabajo.

De tal forma encontramos que la definición de **eficiencia** se refiere a: uso racional de los medios para alcanzar un objetivo predeterminado (es decir, cumplir un objetivo con el mínimo de recursos disponibles y tiempo). Contando con todo lo anterior cabe mencionar que los indicadores que nos permiten medir este concepto, así como saber cómo se comportará en esta investigación son:

- Datos duros de demanda, extracción y uso de agua.
- Sistemas o estrategias para proporcionar agua.
- Tiempo y calidad en cuanto a la función de este proceso para abastecer de agua.

Con la variable dependiente y los indicadores de la misma se van a integrar los específicos, de acuerdo a que la unidad de integración sea la base para la creación de nuestro plan integral de gestión pluvial en el cual podamos ofrecer un proyecto sustentable y factible para desarrollarlo con el objetivo planteado de abastecer de agua potable a más del 50% de los matehualenses.

6.2. Preguntas específicas y objetivos específicos con sus variables independientes y sus indicadores

Pregunta específica de investigación	Objetivo específico de investigación	Variable Independiente	Indicadores
¿Cuál es la situación actual de la gestión del agua pluvial urbana en Matehuala, S.L.P.?	Comprender la problemática del agua pluvial urbana en la ciudad de Matehuala, S.L.P.	Problemática	*volúmenes en cuanto al manejo de las aguas pluviales urbanas
2 ¿Cuál es el método o mecanismo más	Determinar cuáles son los mecanismos más apropiados para captar		*volumen de agua y sistemas propios para

apropiado para la captación eficiente de agua pluvial en Matehuala?	agua pluvial de acuerdo a los factores que envuelven a la ciudad.	Captación	captación
3 ¿Cuál sería el tipo de almacenamiento de agua más eficiente de acuerdo a las condiciones que guarda Matehuala?	Analizar las condiciones geográficas y topográficas de la región para proponer un diseño de almacenamiento propio de esa región.	Almacenamiento	*Métodos o sistemas de almacenamiento de acuerdo a volumen de agua sugerido y factores geográficos
4 ¿Cuál sería la forma más eficiente para distribuir el agua captada?	Determinar cuál es el método pertinente para el proceso de distribución del agua en Matehuala.	Distribución	*Sistemas de distribución de agua pluvial / sistema de potabilización o cloración del agua pluvial

- Tab.3.5 Indicadores en preguntas específicas. Elaboración propia del autor 2013

De acuerdo a todo lo anterior, las variables e indicadores que deduje con base en los datos e investigación obtenidos a lo largo de este trabajo de investigación, se seguirá un proceso metódico, en el cual la base de este trabajo será una serie de conceptos claves para construir el marco teórico que serán la base fundamental para justificar y realizar un mejor proceso metodológico y teórico al momento de aplicar la gestión del agua pluvial para integrar los 3 ejes fundamentales que mencione con anterioridad: Colectar, Almacenar y Distribuir.

7. Anonimato y confidencialidad

En este apartado que tratará sobre la confidencialidad, así como de proteger la información recopilada, se ha decidido en común acuerdo con los entrevistados que aportaron la información, así como las respuestas que cada uno de ellos han hecho, podrá ser expuesta de manera pública.

Por una parte se encuentran las entrevistas con usuarios expertos en tema, usuarios autóctonos de la región que viven el problema día con día y autoridades

de la región encargadas de la dirección de estas instituciones para llevar una administración correcta de los recursos que ahí se manejan y por otro lado las dependencias gubernamentales que están regidas por el IFAI (Instituto Federal de Acceso a la Información) que de acuerdo a la Ley Federal de transparencia y de acceso a la información pública:

- Artículo 1.

La presente Ley es de orden público. Tiene como finalidad proveer lo necesario para garantizar el acceso de toda persona a la información en posesión de los Poderes de la Unión, los órganos constitucionales autónomos o con autonomía legal, y cualquier otra entidad federal.

- Artículo 2.

Toda la información gubernamental a que se refiere esta Ley es pública y los particulares tendrán acceso a la misma en los términos que ésta señala. (2002).

Es de esta manera que realicé las entrevistas a funcionarios públicos y académicos a quienes solicité su aprobación para que sus nombres pudieran aparecer en este trabajo de investigación. Cabe mencionar que les dejé claro que la información la utilizaría únicamente para la realización de esta tesis y pedí su consentimiento para anotar los nombre de todos y cada uno de ellos en donde todos con amabilidad y gentileza dieron su aprobación para que esta parte de la investigación pudiera realizarse, por otro lado, los nombres que mantendré en confidencia serán los usuarios autóctonos por motivos de seguridad, respeto y profesionalismo en el desarrollo del trabajo mismo.

8. Riesgos y beneficios

Sobre este capítulo, los riesgos que se pueden generar al crear una trabajo como lo es este, posiblemente puede afectar de manera sustancial el proceso de gestión en lugares con condiciones comunes para la captación del agua, al igual que el seguimiento integral que se le ha dado a este proyecto, aún y con esto se ha pensado que los riesgos no son para nada relevantes en un trabajo como el que pudiera ser aplicado a la vida real.

Sobre los beneficios que acarrearía este proyecto académico, se estaría hablando de varios que sin duda alguna ayudará a futuros investigadores así como a las dependencias que ayudaron a este trabajo y más aún al municipio en el que se creó toda la investigación y el proyecto.

Algunos beneficios son:

1. Las dependencias como CONAGUA y SAPSAM, que fueron las que más aportaron información y las más relevantes en cuanto a un proyecto como el que aquí presenté, se beneficiarían en conocer a ciencia cierta las causas y efectos que el agua presenta y ha presentado a lo largo de 40 años y las relevancias que pudieran crearse a partir de eso.
2. Conocimiento teórico para los futuros investigadores en cuanto al desarrollo de proyectos similares en lugares ajenos a éste.
3. La relación entre los usos del agua y las pertinencias que existe con el agua pluvial para poder hacer uso de ésta y aplicarla a los diferentes usos.
4. El conocimiento de los problemas que el agua de lluvia ha causado y lo que pudiera generarse para resarcir ese daño, así como también reducir el daño al medio ambiente si justificamos un proyecto como tal.

Es así como con base en los antecedentes, así como las entrevistas que he realizado a los usuarios se ha visto que los beneficios serían mayores que los riesgos al general este proyecto, de tal manera que este proyecto promete ser grande para Matehuala y el altiplano potosino.

9. Proceso de recolección

Sobre la recopilación de datos que he realizado al momento he seguido un proceso en el cual la observación científica ha sido la base de este proyecto, porque de acuerdo a cada elemento que he ido identificando a lo largo de este trabajo, así como las necesidades que he tenido a partir de él me he ido creando un panorama más amplio que me ha orillado a indagar en lugares que desconocía completamente y acercarme con las personas adecuadas para obtener los resultados que estoy buscando.

De acuerdo al Dr. Hani la observación científica es:

La observación consiste en recibir conocimiento del mundo exterior a través de nuestros sentidos o el registro de información por medio de herramientas e instrumentos científicos. La información registrada durante un experimento puede ser denominada observación.

El proceso científico

Un proceso científico o un método científico necesita observaciones de la naturaleza y la formulación y prueba de hipótesis. Consta de cuatro pasos.

1. Observar algo y hacer preguntas acerca de un fenómeno natural (observación científica).
2. Formular tu hipótesis.
3. Hacer predicciones sobre las consecuencias lógicas de la hipótesis.
4. Poner a prueba tus predicciones por medio de experimentos controlados, un experimento natural, un estudio observacional o un experimento de campo.
5. Crear tu conclusión sobre la base de los datos o la información reunida en el experimento (2009).

Es así que de tal manera he realizado mi proceso para la recolección de información, al igual que también la entrevista ha sido una herramienta principal en como lo mencioné en la fase de la instrumentación de este mismo capítulo, teniendo aquí un método de recolección de datos propio basado en autores expertos en este tema, todo esto con el fin de lograr los objetivos que se han propuesto en la investigación.

Al igual que Lourdes Domenech y Ana Romero que nos hablaron de la entrevista en capítulos anteriores, Jorge A. León Sánchez nos dice por otro lado que la entrevista trata de:

La comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto (2011).

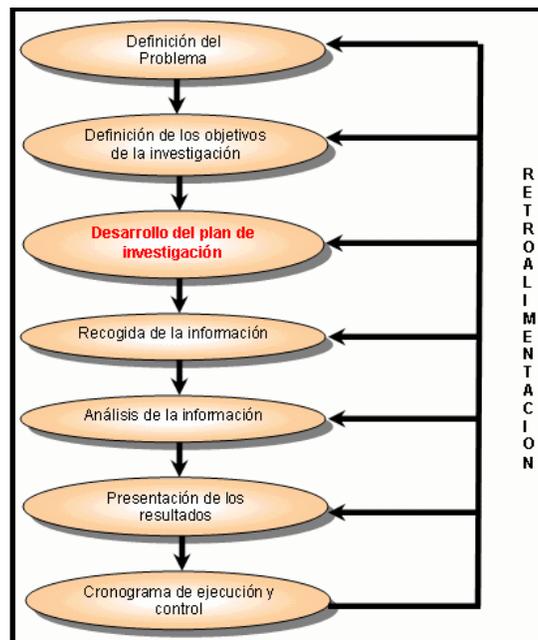
De tal manera que la entrevista sirvió para ir tejiendo este trabajo de investigación, así como también reforzar con opinión de gente que vive el problema real así

como las autoridades obteniendo puntos de opinión desde diferentes perspectivas para luego hacer una comparativa y análisis los resultados.

Por otro lado la información que las dependencias han obsequiado acerca de las precipitaciones, extracciones, usos de agua, demandas de agua, desperdicios de agua etc., han sido datos que servirán en mucho a este trabajo, desde la participación que se ha generado a lo largo de las diferentes administraciones, así como los cambios que se han ido acrecentando con el pasar de los años, con esto he generado el proceso de recolección que me ha servido actualmente para llevar un control y conocimiento general del problema que estoy enfrentando.

10. Instrucciones para la recolección de datos

Las instrucciones que he manejado para recolectar los datos la he basado en un cronograma que ha generado Enrique Martínez- Salanova Sánchez;



• Fig. 3.4 Técnicas de investigación en comunicación. Fuente Enrique Martínez-Salanova

Con base en la imagen anterior he realizado la búsqueda de los datos que he ido necesitando conforme voy avanzando y como lo pide el trabajo, es así que las instrucciones han sido las anteriores, pero que de igual o mejor forma yo me he apoyado en las entrevistas, como ya hice mención en el capítulo anterior, para obtener datos más oportunos acerca de lo que las personas viven en realidad y de las demandas que ellos generan también.

11. Codificación para la recolección de datos

La codificación para recolectar los datos pertinentes a esta investigación la he basado principalmente en la entrevista y con la ayuda de una tabla evaluadora que generé a partir de toda la información vaciada en esta tesis, argumentando el rumbo que mi proyecto ha tomado, y comparando y evaluando por medio de usuarios expertos en éste tema los sistemas que más se adecúan a las condiciones económicas, sociales, culturales, climáticas, topográficas y políticas en Matehuala para generar el plan de gestión integral en el agua pluvial para uso agrícola.

11.1. Tabla evaluadora (entrevista)

De acuerdo con lo anterior, y la información conseguida a lo largo de esta investigación, he optado por realizar a partir de esta tabla una evaluación a autoridades, académicos y usuarios que viven el problema diario relacionados con el tema pero más aun con la zona de estudio en la que pretendemos implementar este proyecto.

Sistemas	Factores					
	Topográficos	Económicos	Climáticos	Políticos	Sociales	Culturales
colector sist. Unitario						
colector sist. Sudo-separativo						
colector sist. Separativo						
colector sist. Doblemente separativo						
Sist. Almacenamiento bombas						
Sist. Almacenamiento sistemas grandes						
Sist. Distribución integrada en red hidráulica propia						

• Tab. 3.6 Modelo tabla evaluadora , Elaboración propia del autor 2014

Con la información obtenida y analizada a lo largo de esta investigación, he optado por realizar a partir de esta tabla una evaluación a expertos en el tema de la gestión del agua pluvial, así como a diferentes autoridades de las dependencias que han colaborado en este trabajo, y a usuarios autóctonos que día a día viven los problemas que causa el agua por su ausencia y exceso en la ciudad de Matehuala.

La tabla evaluadora se realizó basada en los tres sistemas que integrarán el producto final en la recomendación del plan de gestión integral del agua pluvial para uso doméstico en Matehuala, el cual lo conforman la captación, el almacenamiento y la distribución del agua pluvial, mencionando en dicha tabla los diferentes tipos de sistemas de captación y almacenamiento pertinentes para la región en la cual se puedan proponer y ser construidos y aterrizados como parte de una recomendación para un plan de gestión integral. De tal forma también, se encuestó a los usuarios elegidos contrastando una serie de factores que afectan directamente la creación del plan de gestión integral como propuesta de solución a la problemática de Matehuala. Entre estos factores se encuentran los, topográficos, económicos, climáticos, políticos, sociales y culturales que basado en los expertos se definirá una hipótesis de la posible solución a dicho problema y que servirá como referencia técnica al ofrecer el producto final de este trabajo. Cabe mencionar que el peso de estos factores que intervienen en la decisión de la propuesta del plan integral fueron analizados y escogidos de manera que son los que se relacionan directamente con la implementación de poner en marcha un proyecto como lo es éste, por lo mismo se han tomado en cuenta para evaluar los puntos de vista antes mencionados por los encuestados y hacer un análisis comparativo al final de la encuesta realizada.

Es así que se hará una evaluación con la siguiente tabla, que fue elaborada a partir de la investigación que se ha realizado al momento, esto con el fin de conocer las opiniones de agentes externos pero que conocen del tema y analizar los porcentajes de acuerdo a sus respuestas para que generen una respuesta de lo que probablemente pueda ser el plan estratégico de gestión integral. De acuerdo a esta tabla, me he encargado de entrevistar a los expertos en el tema de tal manera que me enfoque en consultar a 3 tipos de usuarios, para tener un acercamiento y analizar las necesidades que cada uno ve desde la perspectiva que representan, de tal forma que se realizó la búsqueda y platicué con ellos, obteniendo datos de lo que cada uno de ellos piensan acerca del problema del agua y de la propuesta que pretendo generar con este trabajo.

La evaluación se ponderó dándole el 100% a cada factor dentro de cada sistema con el fin de que los encuestados repartieran ese porcentaje en cada sistema dando el mayor número de por ciento al que más los complacía de acuerdo a su experiencia y opinión para que fuera o pudiera ser desarrollado en Matehuala de acuerdo a todos los factores antes mencionados. Es así, que la tabla evaluadora sirvió de manera muy acertada al conocer de forma técnica las opiniones de diferentes individuos involucrados en la materia relacionada con el problema que sufre la ciudad de Matehuala, obteniendo resultados muy acertados y que podrán ser manejados como información sustentada para beneficiar de manera técnica el resultado de la propuesta que este trabajo va a ofrecer para la sociedad de Matehuala, reiterando que es con el fin de mejorar la calidad de vida.

Grupos participantes en esta investigación

1. Usuarios autóctonos de Matehuala
2. Autoridades (SAPSAM, CNA)
3. Académicos (Ing. Civil, expertos en Hidráulica)

Encuestas que sirvieron para analizar la opinión 3 usuarios diferentes referente a la gestión pluvial para uso agrícola aplicada en Matehuala.

Sistemas	Factores					
	Topografía	Económico	Climático	Político	Sociales	Culturales
colector sist. unitario						
colector sist. SewerSeparative						
colector sist. Separativo						
colector sist. Doblemente separativo						
Sist. Almacenamiento banda almacenamiento						
Sist. Almacenamiento sistema grandes						
Sist. Distribución inyectar en red de distribución						

• Tab. 3.7 Evaluación al M. en Ing. Arturo Gonzalez Ortiz. / Académico Experto.

Sistemas	Factores					
	Topográfica	Económica	Climática	Política	Sociales	Culturales
colector sist. unitario						
colector sist. SewerSeparative						
colector sist. Separativo						
colector sist. Doblemente separativo						
Sist. Almacenamiento fondo almacenamiento						
Sist. Almacenamiento internos grandes						
Sist. Distribución inyecta en red hidráulica previa						

• Tab.3.8 Evaluación a usuario, Confidencial, Residente por más de 50 años./ Usuario autóctono.

Sistemas	Factores					
	Topográfica	Económica	Climática	Política	Sociales	Culturales
colector sist. unitario						
colector sist. SewerSeparative						
colector sist. Separativo						
colector sist. Doblemente separativo						
Sist. Almacenamiento fondo almacenamiento						
Sist. Almacenamiento internos grandes						
Sist. Distribución inyecta en red hidráulica previa						

• Tab.3.9 Evaluación a autoridad. Ing. Guillermo Torres, Director Sapsam. / **Autoridad.**

Esta tabla evaluadora fue utilizada con los personajes antes mencionados después de haberles explicados a cada uno de ellos acerca de lo que trata este trabajo, así como también explicarles el sentido de los colectores, las calificación de estos, los tipos de almacenamiento óptimos para Matehuala y que el sistema de distribución será para uso doméstico y por lo tanto tendrá que inyectar en la red hidráulica de Matehuala previo tratamiento para poder utilizada en los habitantes matehualenses.

Después de haber realizado esto, se pretende generar otra tabla similar en la cual marque los porcentajes de los resultados para fortalecer el plan estratégico más adecuado para nuestro caso de estudio. Cabe señalar que los números van del 1 al 5, siendo el 5 el número afín más acorde al sistema de preferencia de acuerdo a sus conocimientos e intereses con el proyecto.

Esta tabla fue realizada para los expertos en el tema de tal manera que me enfoqué en entrevistar a tres tipos de usuarios como lo mencioné en el capítulo de la población y muestra, con esto se desea tener un acercamiento y analizar las necesidades que cada uno ve desde la perspectiva que representan, de tal forma

que se realizó una entrevista y platique con ellos, sacando una muestra de lo que cada uno de ellos piensan acerca del problema del agua y de la propuesta que pretendo generar con este trabajo.

La tabla fue creada con base en un análisis profundo sobre los diferentes sistemas que existen y que pudieran ser aplicados en la región de Matehuala para que este sistema funcione de forma correcta con el fin de lograr los objetivos que este trabajo pretende, la evaluación va del 1 al 5, siendo el numero 5 la calificación más alta de acuerdo a la satisfacción de cada uno de los entrevistados.

De acuerdo a las tablas expuestas ya con anterioridad que son ejemplos del acercamiento directo que se tuvo con estos tres tipos de usuarios se generó una tabla para administrar esta información y con base en ella, analizamos cuáles son las preferencias promedio de cada sistema propuesto en éste trabajo que ofrezca la pertinencia económica, ambiental, topográfica, política, social y cultural de acuerdo a los usuarios entrevistados.

12. Descripción de los análisis a llevar a cabo

En este último capítulo de la estructura metodológica mencionaré el análisis que llevaré a cabo con toda la información recolectada, de la cual se generará una propuesta congruente, pertinente y sistemática en la aplicación del sistema integral de gestión del agua pluvial para uso doméstico, respetando la información colectada y vaciada en este trabajo, así como las entrevistas que realicé a lo largo de este proyecto, todo con el fin de ofrecer un resultado pertinente y que estemos seguros de que solucionará los problemas que los matehualenses enfrentan actualmente en aquella región del altiplano potosino.

Es así como también con base en proyectos ya realizados, comparare por medio de tablas evaluadoras las aplicaciones que se han desarrollado en otros lugares y como han beneficiado y perjudicado a dichos lugares y con esto crear un cuadro

conceptual en el cual yo genere una dinámica de mejorar lo ya existente sin retroceder en el ámbito tecnológico.

Al igual en el próximo se analizaron los antecedentes relacionados directamente con la zona de estudio, y después de haber realizado el estudio de campo con los datos reales y mediante fórmulas matemáticas relacionadas con la hidrología y la hidráulica que son las materias directas en estudiar el campo del agua en general y que con el apoyo de ellas se buscó obtener los gastos máximos de las lluvias, así como los volúmenes propios que pudieran ser captados y almacenados de acuerdo a la hidrología y a la hidráulica que son ramas que estudian la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmosfera y en la corteza terrestre y por otro lado y la hidrología que se refiere a la rama mecánica de fluidos y específicamente presente en la ingeniería que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas de los líquidos.

13. Argumentos para generar una recomendación del plan de gestión integral del agua pluvial para uso doméstico en Matehuala, S.L.P

El plan de gestión integral se propuso al analizar una serie de teorías sobre captación pluvial, almacenamiento del agua pluvia, diferentes sistemas de captación pluvial (colectores), materiales que permiten la filtración de agua pluvial, reutilización de aguas grises, así como técnicas para la filtración del agua y/o tecnologías que sirven para tratar o potabilizar el agua captada y de esta manera inyectarla en la red hidráulica adecuada.

Para la generación de este apartado se escogieron solamente teorías y temas relevantes que guardan relación con el objetivo que se desea cumplir, que trata sobre generar un proyecto o plan de gestión integral en la cual la captación, el almacenamiento y la distribución del agua pluvial sean un factor que determine cambios para el beneficio de la población en Matehuala, desde los aspectos técnicos que causan las lluvias en aquella región, aspectos ambientales que se han generado por las extracción de agua en el manto acuífero de Matehuala – Cedral, así como aspectos de salud al no poder ofrecer servicio de agua potable al 100% de las viviendas en esa ciudad.

El plan de gestión integral se propone a partir de una serie de teorías que fueron investigadas con el fin de conocer, indagar y obtener información ya aplicada en diferentes regiones del planeta. Al hacer una investigación profunda y exhaustiva sobre la literatura, teorías y proyectos reales aplicados en situaciones con problemáticas similares a la de ésta investigación, se fueron encontrando temas como arquitectura en el desarrollo sustentable en la cual se mencionó un par de arquitectos reconocidos mundialmente que hablaban sobre la arquitectura y su relación con el medio ambiente, como ellos consideraban este tema y como lo aplicaban en su diseño arquitectónico.

Al igual también se obtuvieron factores de impacto ambiental que los edificios causan al ambiente y que son problemas que los arquitectos debemos tomar en cuenta para generar diseños sustentables sin dejar a un lado la arquitectura espacial, funcional y pragmática como unidad integral en el hábitat humano.

La gestión del agua pluvial para un desarrollo sustentable es un tema que se abordó en el marco teórico de ésta investigación, teniendo como objetivo generar un plan estratégico propondría alternativas en las edificaciones para poder hacer uso del agua pluvial en una escala individual pero generando con ello un concepto sustentable de un hogar u otro recinto arquitectónico sin necesidad de dañar al medio ambiente.

Es por ellos que la gestión integrada de los recursos hídricos, unificando el proceso de captación, almacenamiento y distribución, o por otro lado la reutilización de las aguas grises o extracción de agua de pozos profundos fue otro tema que marco esta investigación y que con base en Valencia, Díaz y Vargas (2006) supimos que la gestión integrada de los recursos hídricos en México tienen como enfoque una política pública, que persigue el desarrollo, bienestar y uso del agua, el suelo y los recursos naturales, desde una perspectiva de ley que dirija y cumplan objetivos con el fin de conseguir un desarrollo económico y social bajo argumentos de igualdad y sostenibilidad ambiental.



• Fig. 3.5 Medio ambiente saludable. Fuente. Responsabilidad ambiental, El Universal.

Es así como que de acuerdo a lo establecido en esta investigación, se planteó generar un plan estratégico de gestión pluvial integrando los tres sistemas relacionados con el agua potable con el fin de obtener y ofrecer resultados reales de acuerdo a una investigación exploratoria, cuantitativa y cualitativa de casos similares en regiones con problemáticas muy conjuntas pero con factores determinantes como la geografía, el clima y las condiciones sociales en las que se encontró cada ciudad con su situación problemática.

A partir de aquí se ha propuesto generar así, el plan de gestión integral del agua pluvial basada en trabajos que han generado el mismo sistema y proceso de gestión, pero cambiando factores determinantes de acuerdo a las regiones en donde se aplicará éste protocolo.

El plan de gestión integral se creara con el fin de lograr dos objetivos primordiales:

1. Lograr desviar y almacenar el agua pluvial que escurre al poniente de la ciudad de Matehuala con el fin de evitar que éstas lluvias corran por la mancha urbana de la ciudad y con ello evitar inundaciones, derrumbes, carros varados y dañados en las calles, árboles caídos, calles dañadas con baches y llenas de escombros y lo más importante, hacer uso de estos volúmenes inmensos de agua para la población de Matehuala.
2. Ofrecer una alternativa más pertinente, adecuada, eficaz, sostenible, económica, ambiental y sobre todo social en el ámbito de ofrecer agua

potable entre los habitantes que no tienen éste en recurso en sus hogares y de ésta forma lograr abatir la desigualdad social y pública que existen todavía entre millones de habitantes en el mundo, además de crear e impulsar un desarrollo económico importante en la ciudad más importante del norte del estado de San Luis Potosí.

Capítulo 4. Marco territorial de referencia de la problemática del agua pluvial en la ciudad de Matehuala

1. Diagnóstico de la problemática del agua en la ciudad de Matehuala

Los cambios climáticos, la explosión demográfica y la falta de cultura de la sustentabilidad, han modificado en diferentes lugares las tendencias del agua pluvial constituyéndose en un verdadero reto la gestión del recurso hídrico. Es por ello que existe una necesidad por estudiar este fenómeno natural de la precipitación pluvial con el objetivo de que sea utilizada y aprovechada, ya que de seguir con los actuales hábitos de consumo el agua subterránea se agotará.

De acuerdo a lo anterior el VI Foro Mundial del Agua señala que:

Los factores demográficos y un aumento del consumo como consecuencia de una mayor renta per cápita son los principales responsables de la presión ejercida sobre los recursos hídricos. La demanda energética (para calefacción, luz, electricidad y transporte) está aumentando rápidamente. El aumento de la producción de bioenergía puede tener un gran impacto en la calidad y disponibilidad de agua (VI Foro Mundial del Agua , 2006).

Por otro lado, los efectos que está causando el cambio climático, afectan también la disponibilidad del recurso hídrico mundial. Esto genera un panorama futuro sombrío, sobre los posibles escenarios que podemos enfrentar en un lapso de 30 años. De tal manera que el aumento poblacional a nivel global está afectando a nivel mundial los recursos naturales.

En México, la situación del recurso agua también es grave, ya que la escases de este recurso natural ha comenzado a afectar diferentes ámbitos de la actividad humana; la ganadería, la agricultura, el consumo mismo para los humanos y hasta las actividades industriales. Por ello se han puesto focos rojos y es necesario valorar el potencial que representa la captación y utilización del agua pluvial. Al respecto Martínez Austria (2007) señala:

En México, la disponibilidad ha venido disminuyendo debido al desarrollo económico y, principalmente, al crecimiento demográfico. Así, la disponibilidad per

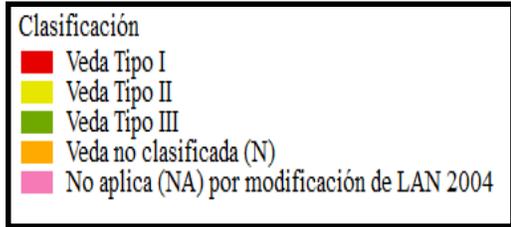
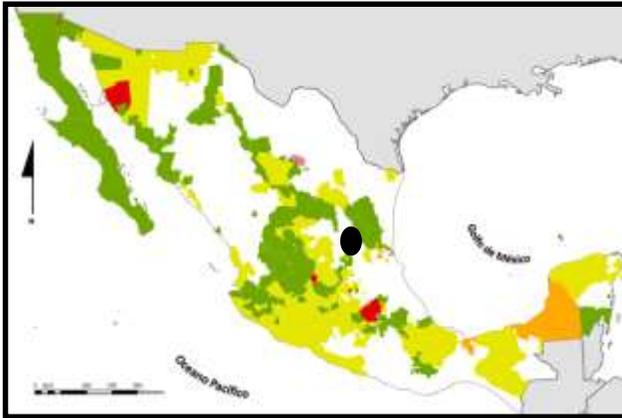
cápita pasará de 11,500 m³/hab/año en 1955 a 3,500 m³/hab/año en el año 2025, lo que generará una mayor escasez en las zonas áridas y semiáridas. Aun sin cambio climático, la gestión de los recursos hídricos en México se complicará en los próximos años como resultado del crecimiento demográfico y del desarrollo económico, que típicamente incrementa el consumo per cápita (2007, pág. 3).

Con el paso de los años, y basado en las gráficas que se presentan en este documento, la población de Matehuala advierte una tendencia a la alza en su población, es por ellos que ésta y varias otras ciudades estarán necesitando de más recursos para su desarrollo y subsistencia de sus habitantes. En este contexto, el agua es el elemento primordial y básico que hace falta: en la actualidad 40% de las viviendas carece del vital líquido (Ing. Alonso Tobías, SAPSAM). Esto se debe a las ineficientes gestiones por parte de los organismos de abastecer de agua, además de que la ciudad actualmente cuenta con serios problemas de infraestructura para dar abasto a todos los habitantes matehualenses, según lo señala el Ing. Alonso Tobías, Director de proyectos en SAPSAM.

Por ello, es urgente abordar las causas de lo que ha originado este fenómeno en el recurso hídrico, para solucionar o dar pie a regenerar los efectos que han causado en el planeta.

1.1. Zonas y tipos de veda en México

De acuerdo a CONAGUA, en el país existen tres tipos de veda, esto quiere decir que son zonas restringidas para hacer uso del agua subterránea, debido a los grandes problemas que padece el mundo y en lo particular México en cuanto al agua para consumo y uso humano, de tal forma que se investigó y se obtuvo que la ciudad de Matehuala está rodeada principalmente por la zona de veda tipo III, y que significa que tiene los mantos limitados para extracciones de usos domésticos, industriales y de riego, esto quiere que el manto no puede ser explotado para más usos, tal y como lo muestra la figura 1. Que está a continuación, además de mostrar la clasificación de vedas en el país



Los tipos de veda son los siguientes:

I. Zonas de veda en las que no es posible aumentar las extracciones sin peligro de abatir peligrosamente o agotar los mantos acuíferos.

• Fig.4.1 Tipos de veda en México, fuente CONAGUA, 2013

III. Zonas de veda en las que la capacidad de los mantos acuíferos permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros.

III. Zonas de veda en las que la capacidad de los mantos acuíferos permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros.

En el estado de San Luis Potosí, el Centro Virtual de Información del Agua señala que :

Matehuala, San Luis Potosí.- En San Luis Potosí estamos llegando al límite en el uso de los mantos acuíferos, si no cuidamos y realizamos un uso racional del agua, en pocos años se comenzarán a presentar problemas severos de falta de ella, por eso urge un compromiso entre autoridades y sociedad por generar las políticas integrales que nos permitan contar con este vital líquido para futuras generaciones (2010).

Cabe mencionar que Matehuala pertenece al tipo de veda III, por lo tanto es necesario poner manos a la obra antes de presentar problemas fuertes de agua subterránea.

1.2. El agua pluvial, un problema de gestión

La ciudad de Matehuala es una de las mas afectadas en tiempos de sequia. Últimamente ha tenido días muy lluviosos, desde hace unos 8 años en la ciudad ha aumentado la precipitación pluvial anual de acuerdo a los datos obtenido en CONAGUA. Éstas aguas de lluvia nadie las ha podido canalizar, al pasar por la

ciudad dejan huella de su presencia principalmente en las calles, dañando los pavimentos de éstas y así como también daños en edificaciones.

Este problema se agrava debido a que la ciudad se encuentra en la altiplanicie de dicha zona, pero a la vez en una zona donde parece formarse una olla y por aquí es por donde toda el agua que precipita en el poniente de la ciudad ingresa nuevamente, arrastrando piedras, tierra y acarreado toda clase de objetos que se atraviesan al paso del torrente del agua y que no se cuenta con un sistema para tapar el paso del agua pluvial en la ciudad.

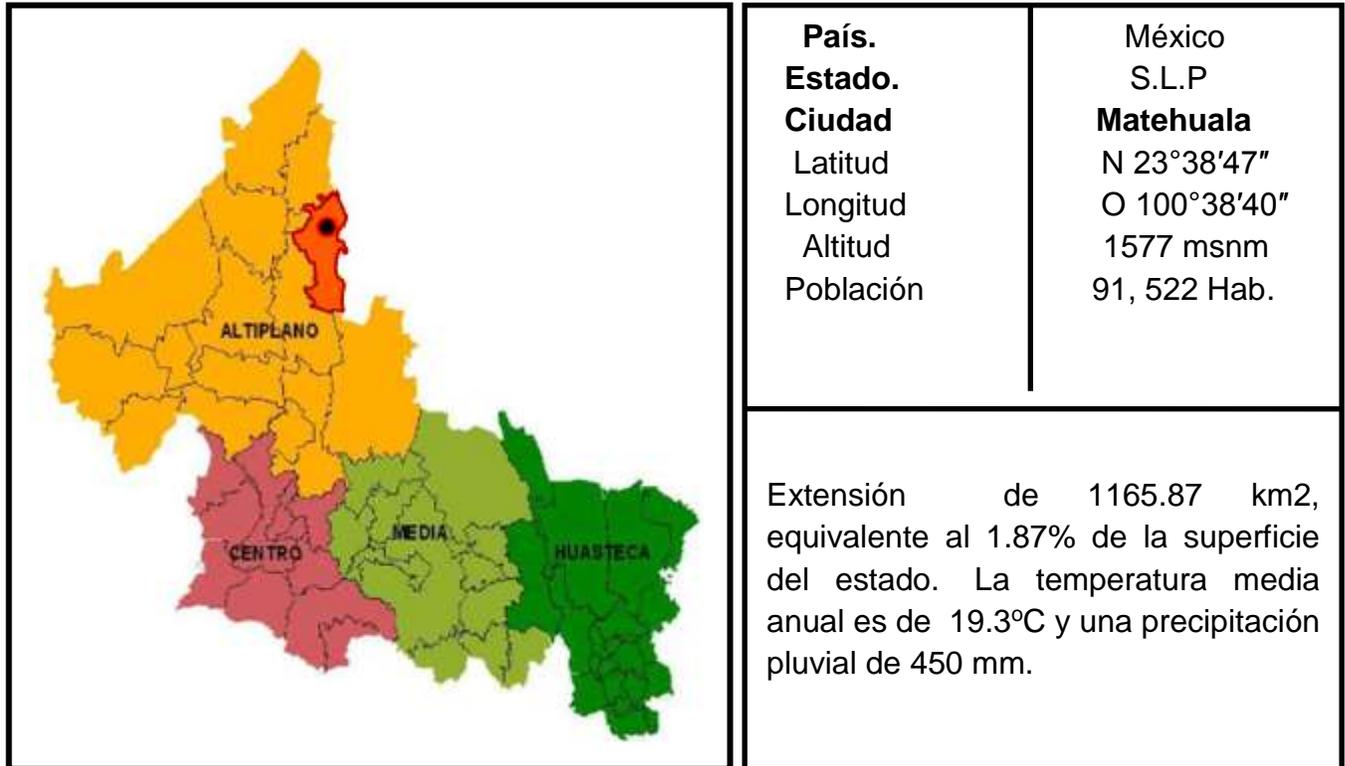
De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua y a las estadísticas que ellos tienen referente al agua pluvial, se demuestra que en los años 2002, 2003, 2004, 2006 y 2008 la precipitación pluvial anual ha sido mayor a los 600mm anuales, esto quiere decir que de acuerdo al promedio que tiene Matehuala en cuanto a precipitación pluvial anual que es de 450mm por año, estas fechas mencionadas anteriormente, han sobrepasado el promedio y las cantidades que el organismo tenía registrado en su información. (CONAGUA, 2011).

Es de tal manera que las condiciones para nuestra unidad de análisis, en el municipio de Matehuala se han visto afectadas, debido a que los factores climáticos se han modificado a causa del calentamiento global y las formas de vivir en los habitantes han sufrido cambios al igual que la región, lo que antes presentaba un problema para Matehuala como lo es el agua, actualmente es uno de los principales.

Con todos los datos obtenidos por la Comisión Nacional del Agua se ha podido elaborar una serie de gráficas para comprobar y demostrar a los interesados los cambios que ha tenido la ciudad de Matehuala y las tendencias que marcan dichas condiciones para el futuro de los recursos hídricos en aquella zona, con esto se elaboró un plan en el cual se fijaron proyecciones futuras para Matehuala, y lograr con esto un buen proyecto para solucionar los padecimientos que han sido devastadores para el desarrollo adecuado de aquella ciudad, contando con el

apoyo de los organismos competentes en facilitar la información y al igual que obtener las opiniones de expertos en el tema para guiar de la mejor manera este resultado.

1.3. Ubicación de Matehuala, S.L.P



• Fig.4.2 Ubicación y datos de Matehuala. Elaboración Propia del Autor, fuente de imagen Google; fuente de datos INEGI. 2013

De acuerdo a la orografía, el municipio de Matehuala cuenta con planicies de consideración, es ahí en donde se encuentra la mancha urbana de la ciudad. Al poniente de la ciudad se cuenta con sierras como lo son la Sierra de Catorce, Sierra de Coronados y Sierra Azul, encontrando aquí las partes más altas del Altiplano (2200 a 2800 msnm).

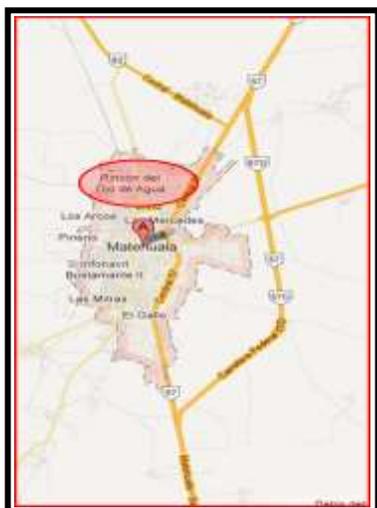
La precipitación en el poniente de la zona estudiada, podría ser un gran beneficio para aquella parte del Altiplano y el municipio de Matehuala si el agua que cae en dicha zona pudiera canalizarse y llevarse a un lugar estratégico, a partir de donde podría distribuirse para los diferentes usos que se le pudieran destinar al agua capturada.

En base a entrevistas realizadas a originarios de la ciudad, así como al director y autoridades de SAPSAM hechas por el propio autor de esta investigación, se dedujo que la ciudad se encuentra en el cauce del agua cuando precipita en la sierra, ya que la mancha urbana se encuentra en el cauce del agua precipitada y el desemboque de la misma.

1.4. Primeros asentamientos y fuentes de abastecimiento de agua

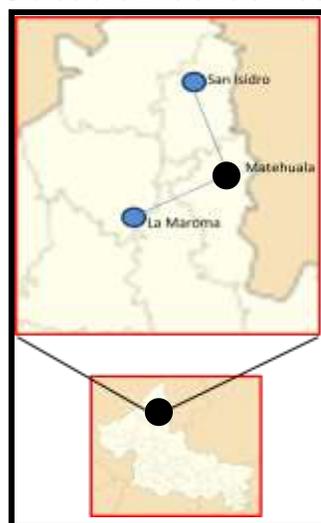
La ciudad de Matehuala fue fundada en 1550 y es ahí precisamente, en el Manantial ojo de agua, donde se asentaron los primeros hombres para dar origen a esta ciudad. Este manantial abastecía a los pobladores antiguos, pero después se dio la necesidad y demanda de más agua y ésta comenzó a llevarse de otro manantial llamado “la maroma”. Éste tiene seco desde 1994/1996, debido a que vecinos cercanos a éste perforaron pozos para usos personales beneficiando así sus cultivos. (Entrevista con el entonces Director de SAPSAM, Ing. Jorge Flores Torres)

Mancha urbana de Matehuala



• Fig.4.3 Mancha urbana. Elaboración propia del autor. 2013

Ubicación de fuentes



• Fig.4.4 Fuentes de abastecimiento. Elaboración propia del autor 2013

Las principales y más importantes fuentes que abastecen de agua a la ciudad de Matehuala son el manantial “La Maroma” ubicado en el municipio de Real de Catorce y “San Isidro”, una zona acuífera en el municipio de Cedral, el primero con una distancia de unos 30km y el segundo de unos 25km.

Debido a la carencia de agua superficial “perenne”², esta demanda ha sido sustentada hasta ahora por medio de fuentes subterráneas, provenientes tanto de los pozos localizados en el acuífero Matehuala-Cedral (80% de la demanda), así como por el caudal de algunos manantiales como lo es de la Maroma.

Colín y Valdez confirman como se dan los asentamientos en el mundo:

El agua, el líquido vital por naturaleza, ha sido un factor determinante para la evolución tanto de especies vegetales como animales. El hombre, en su transición de nómada a sedentario procuró siempre establecerse en las inmediaciones de los ríos, manantiales, lagos y otras fuentes donde pudiera proveerse del vital líquido. A lo largo de su historia, el hombre ha tenido que enfrentarse con el problema del agua, pues tanto resulta imperante la presencia del agua para el desarrollo de sus actividades cotidianas, como le es peligrosa en exceso, tal es el caso de las grandes inundaciones y catástrofes que han ocurrido a causa del agua y los fenómenos que suceden a raíz de ésta. Durante mucho tiempo se pensó en el agua como un recurso inagotable, por su fácil obtención de los ríos, lagos y manantiales. Con el avance de su evolución ya no era necesario que el hombre se estableciera cerca de estos sitios, pues ideó técnicas para excavar pozos hasta encontrar el agua del subsuelo y abastecerse de ésta (2003, pág. 1).

1.5. Autoridades encargadas del agua

Los organismos encargados de las aguas pluviales, extraídas, tratadas y potabilizadas en México, San Luis Potosí y Matehuala respectivamente aportaron con entrevistas, así como con material físico y digital información cualitativa y cuantitativa que a partir elaboré tablas, gráficas y balances del agua en la región de Matehuala con el fin de obtener un panorama amplio y seguro de las consecuencias que ha tenido y de las tendencias que marca tanto el agua subterránea como el agua pluvial.

Estos organismos son los encargados de todo lo referente al tratado, cuidado y uso del agua desde la subterránea, hasta la de lluvia. Estos tres organismos están divididos por niveles contando con uno a nivel federal llamado Comisión Nacional del Agua, otro a nivel estatal llamado Comisión Estatal del Agua y también a nivel

² Los cursos de agua “perennes” se localizan en regiones de lluvias abundantes con escasas fluctuaciones a lo largo del año. Sin embargo, incluso en las áreas donde llueve muy poco pueden existir ríos con caudal permanente si existe una alimentación freática (es decir, de aguas subterráneas) suficiente. UNIVERSIDAD DEL SALVADOR. SARA MARÍA BARBÓN MENJÍVAR Ing. Química.

municipal llamado Servicio de Agua Potable, Saneamiento y Alcantarillado de Matehuala, estos tres organismos aportaron información de suma importancia para lograr desarrollar este trabajo. En la tabla 4.1 que está a continuación se pueden observar las normas que rigen a cada dependencia, marcando los límites del manejo de las aguas nacionales, estatales y municipales respectivamente para llevar una administración ordenada y eficiente que pueda ser controlada para el beneficio de los mexicanos.

Dependencias encargadas del agua en México, San Luis Potosí y Matehuala

Entidad	Jurisdicción	Normativa
<p>CONAGUA (Comisión Nacional del Agua)</p>	<p>Federal</p>	<p>Ley de aguas nacionales. Art. 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Banco del Agua/ Norma Oficial Mexicana</p>
<p>CEA (Comisión Estatal del Agua)</p>	<p>Estatal</p>	<p>Programa Estatal de desarrollo- Artículo 22. Fracc. 1</p>
<p>SAPSAM (Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Matehuala)</p>	<p>Municipal</p>	<p>Periódico Oficial del Estado Libre y Soberano de San Luis Potosí- Servicio de Agua Potable/ Alcantarillado y Saneamiento. Artículo 18 Fracc. II</p>

• Tab.4.1 Dependencias encargadas del manejo de aguas en México. Elaboración propia. 2013

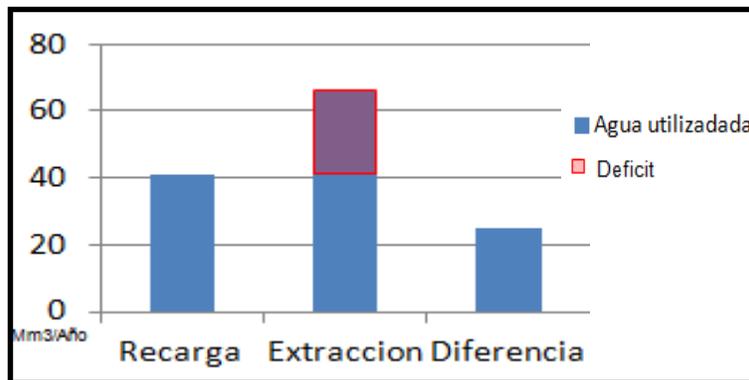
1.6. Agua demandada y balance de aguas subterráneas

En los últimos 20 años, la demanda de agua para la zona de Matehuala-Cedral ha venido en aumento, particularmente en la ciudad de Matehuala debido al desarrollo comercial y crecimiento de la población. Además de esto, se espera un crecimiento industrial que también impactará en la demanda de agua. Considerando las condiciones hidrológicas establecidas administrativamente por la Comisión Nacional de Agua y de acuerdo a la relación existente entre la recarga

natural de agua subterránea y la extracción por bombeo, la zona de Cedral-Matehuala ha sido declarada administrativamente como sobreexplotada.

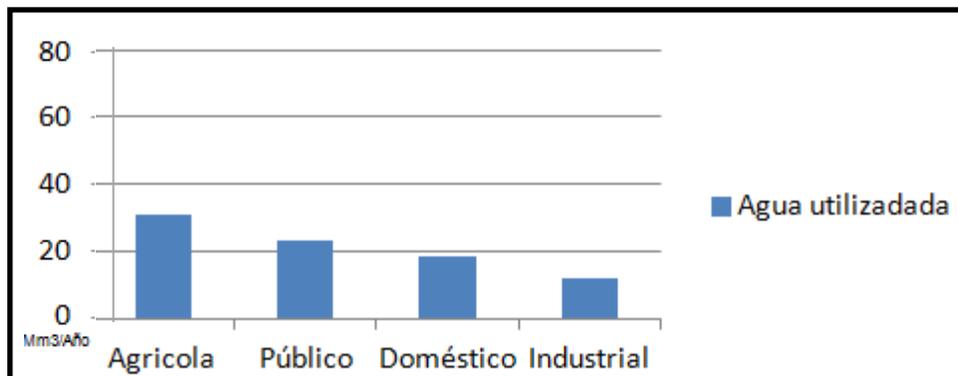
Con base en lo anterior me di a la tarea de investigar el balance de aguas y los usos que estaba teniendo el acuífero, para, a partir de ahí, dar comienzo a un análisis cuantitativo de recargas, extracciones, pérdidas, y usos que se le estaba dando al agua que se obtenía de esta fuente de abastecimiento para la población matehualense.

Balance de aguas subterráneas en el acuífero de Matehuala-Cedral



• Gráfica.4.1 Balance de aguas subterráneas. Elaboración propia. 2013. Con base en datos de CONAGUA.

Extracciones de agua para diferentes usos en acuífero Matehuala-Cedral



• Gráfica.4.2 Extracciones de aguas subterráneas. Elaboración propia. 2013. Con base en datos de CONAGUA

En las gráficas anteriores se muestra como el acuífero está siendo sobreexplotado y se marcan tendencias claras de que en un futuro no muy lejano va a haber falta de agua debido a que las extracciones y recargas dan una diferencia de 24.7 Mm3

y esta diferencia, con el pasar de los años va creciendo cada vez más, hasta que llegue el punto en donde va a ser imposible o demasiado caro seguir utilizando el mismo método para abastecer de agua a las ciudades.

Es de tal forma que se ha estado extrayendo agua del subsuelo para dar abasto a los pobladores de aquella región, utilizando el agua en lo agrícola relacionado con los cosecha y cultivos de alimentos de la región, el uso público, relacionado con el uso común de las áreas e una ciudad para desarrollar actividades en pro de las comunidades y colonias de una ciudad, el uso doméstico, únicamente el uso que se destina a los hogares y el industrial exclusivamente con tomas para empresas e industrial como parte fundamental del desarrollo de una sociedad.

1.7. Filtración, escurrimientos, recarga y evaporación de agua en una ciudad



• Fig.4.5 Ciclo del agua en ciudades. Imagen tomada de, fuente Ciclo del agua. 2012.

En la figura 4.5 se puede observar como es el ciclo del agua, así como los escurrimientos en montañas cercanas a una ciudad y se observa como ésta se filtra cuando llueve para la recarga de los acuíferos. En la imagen se muestra con claridad cómo una ciudad extrae agua subterránea para subsanar las necesidades de sus pobladores, se observan las pérdidas en evaporación por una parte y en

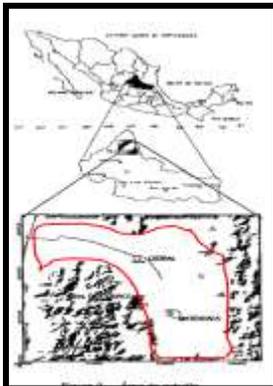
las aguas residuales después de haberse usado, y es así como este ciclo aplica para este caso de estudio.

Con base en el párrafo anterior se analizó más adelante en el documento, cuánta agua es la que precipita en la zona y además se analizaron datos duros de cómo este ciclo ya no sigue su cauce natural en Matehuala.

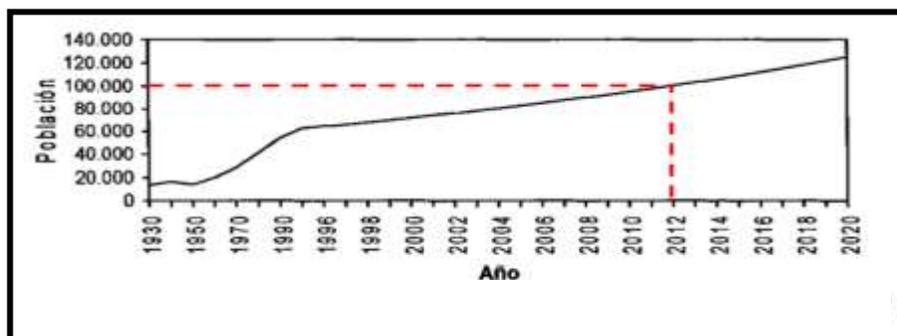
También, con base en el ciclo del agua se pudieron definir con más claridad los términos que fueron aplicados en nuestra solución, esto de acuerdo a un factor muy importante que es el clima con el que cuenta la ciudad y que se analizó más adelante, debido a que la evaporación es un factor muy importante que influye en el mecanismo pertinente para captar el agua de lluvia.

1.8. Área de estudio, crecimiento en población y lluvia total anual y mensual en Matehuala, S.L.P

En la figura 4.6 se muestra el área de estudio para la zona de Matehuala – Cedral, y se nota con claridad la superficie marcada con línea roja zona que corresponde a la planicie que en donde se encuentra Matehuala, y donde también se encuentra el acuífero, siendo este la única fuente de abastecimiento de agua para toda aquella región del altiplano norte.



Proyección de crecimiento de la población en Matehuala



• Fig.4.6 Área de estudio Imagen obtenida de archivo de SAPSAM

• Gráfica.4.3 Proyección de crecimiento poblacional. Fuente archivo Sapsam.2012

La proyección marca un claro aumento de población de acuerdo a la metodología usada por SAPSAM, además de que es un dato analizado y argumentado al realizar una comparativa con INEGI, otra fuente de información oficial de esta investigación.

Ésta se basa en las tomas de agua que el organismo registra para suministrar el vital líquido a todas las familias; esta tabla se realizó en 1999 y es ahora en el 2012, como lo marca la línea punteada, que ya son cerca de 100 mil habitantes. En el crecimiento histórico de la población, se observa una tasa máxima de crecimiento de 3.75% durante los años de 1970; en el año de 1995, el organismo operador del agua en Matehuala (SAPSAM) hizo un cálculo por medio del número de tomas domiciliarias, considerando una media de 4 habitantes por casa, que arrojó una población de 70,200 habitantes para la ciudad de Matehuala, así la tasa de crecimiento descendió hasta un 2.7% y durante los 90s se llegó a una tasa de 2.1%.

1.9. Precipitación en Matehuala del periodo de 1970 a 2011

Con los datos obtenidos por la agencia federal (CONAGUA), se pudo analizar como a través de los años ha venido cambiando la precipitación pluvial en aquella ciudad, y con ella pudimos definir parámetros y soluciones para el problema de agua que tanta falta hace para los Matehualenses, captando el agua de lluvia.

Estos cambios en la precipitación son también consecuencia de la contaminación y el daño que hemos causado al medio ambiente, pudiendo aprovechar el agua pluvial con la que esta región no contaba y plantear soluciones pertinentes de acuerdo al producto final que arroje este trabajo.

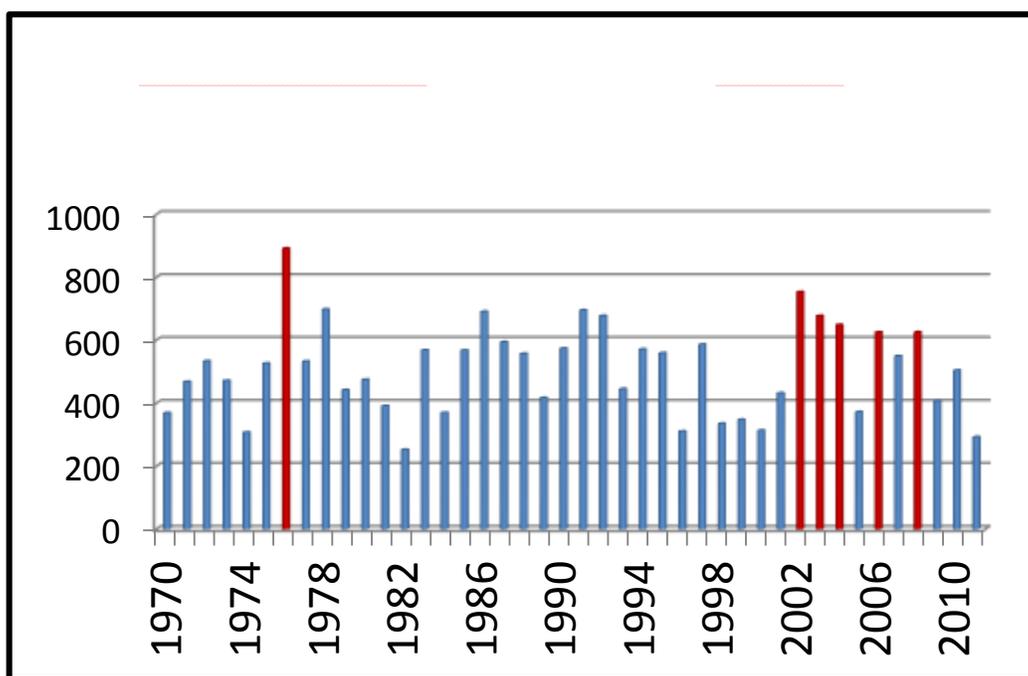
Con la gráfica que se muestra en la página siguiente pudimos tomar puntos muy importantes que nos hicieron tomar un rumbo claro y objetivo en la solución de nuestro problema de investigación, así como definimos si es o no factible la captación de agua pluvial de acuerdo a los datos obtenidos por la dependencia federal encargada de los rastros meteorológicos en el país.

Las gráficas 4.4 y 4.5 que a continuación se muestran, fueron elaboradas a partir de información meteorológica de la agencia encargada de la precipitación de las aguas pluviales en el país, que arrojó de acuerdo a todas sus estadísticas y métodos utilizados en aquel municipio.

Estos datos tienen fundamentos oficiales por parte de las autoridades encargadas a nivel federal, estatal y municipal y por esto fue que a partir de ahí se definió un rumbo que marcó el destino de esta investigación, analizando con cuidado los puntos que tratan las precipitaciones anuales y mensuales en Matehuala.

En la siguiente gráfica, se realizó una comparación y un claro análisis de cómo el agua pluvial ha actuado en los últimos 40 años en Matehuala, el agua de lluvia por supuesto ha precipitado cada vez con más frecuencia, además hemos encontrado información muy valiosa, como lo es saber cuáles son los meses más lluviosos en la ciudad.

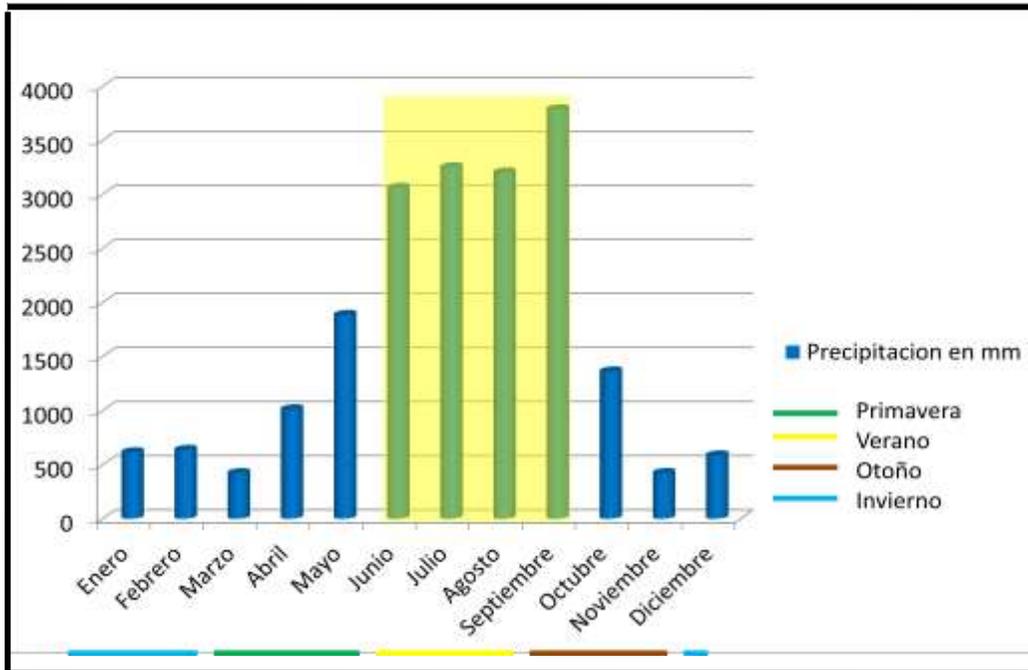
Gráfica de precipitación pluvial anual y mensual en Matehuala, S.L.P



- Gráfica.4.4 Datos de precipitación de 1970 al 2012, fuente CONAGUA. Elaboración propia del autor 2013

Al realizar la gráfica que se muestra anteriormente se obtuvo información muy valiosa que sirvió para completar espacios en blanco que se tenían por la falta de datos referente a las precipitaciones que Matehuala tenía cada año y que no podía opinarse o debatirse un tema tan importante como lo ha sido este en la última década de la ciudad.

Con base en la información que proporcionó CONAGUA y SAPSAM se ha llegado a una conclusión de que en los últimos años Matehuala ha aumentado la precipitación pluvial, al igual se tiene información de los meses con más lluvia según las estadísticas analizadas en un periodo de 1970-2012.



• Gráfica. 4.5 Datos de precipitación por mes de 1970 a 2012, fuente CONAGUA. Elaboración propia del autor 2014

Con los datos obtenidos por parte del Ing. Armando Rocha de CONAGUA, se realizó la gráfica 4.5 que corresponde a las estadísticas oficiales sobre de la precipitación pluvial por mes. Se obtiene que los meses más lluviosos son Junio, Julio Agosto y Septiembre respectivamente, y de acuerdo a las estaciones del año, estos meses corresponden a la estación de Verano, esto quiere decir, que los meses más lluviosos son en los meses también más calurosos. Con ello se pudo crear algún mecanismo para captar esa agua en dichos meses, ya que se trata de la mayor cantidad de precipitación de acuerdo a los datos obtenidos por CONAGUA.

También, en la grafica 4.5 podemos observar como los promedios mensuales de lluvia actúan al pasar de los años, marcando con un claro margen la diferencia de los meses más lluviosos en la ciudad. Con los datos que se presentan en tabla pudimos reafirmar y definir mediante la investigación correspondiente, una gran solución para el problema que enfrenta la ciudad.

1.10. Clima en Matehuala, factor determinante



• Fig.4.7 Clima de México .Fuente Servicio Meteorológico Nacional CONAGUA , 2013

De acuerdo al mapa que proporcionó el Servicio Meteorológico Nacional se pudo también obtener el clima con el que cuenta nuestra área de estudio. Este factor fue muy importante para analizar los puntos críticos de precipitación y calcular la evaporación que tiene el agua

De acuerdo a la figura 4.7 nuestra zona de estudio se encuentra en el clima seco, el Servicio Meteorológico Nacional señala que:

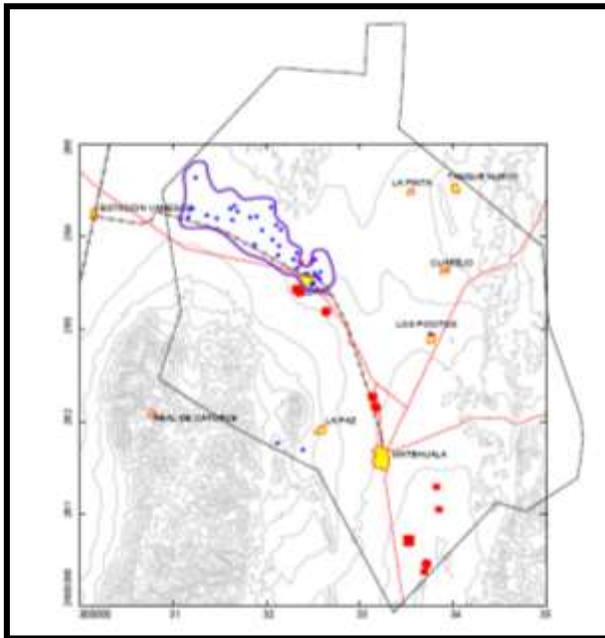
En México el clima está determinado por varios factores, entre los que se encuentran la altitud sobre el nivel del mar, la latitud geográfica, las diversas condiciones atmosféricas y la distribución existente de tierra y agua. Por lo anterior, el país cuenta con una gran diversidad de climas, los cuales de manera muy general pueden clasificarse, según su temperatura, en cálido y templado; y de acuerdo con la humedad existente en el medio, en: húmedo, subhúmedo y muy seco (2013).

Después de demostrar que el clima en Matehuala es seco, el Servicio Meteorológico Nacional explica en qué consiste dicho clima:

El clima seco se encuentra en la mayor parte del centro y norte del país, región que comprende el 28.3% del territorio nacional; se caracteriza por la circulación de los vientos, lo cual provoca escasa nubosidad y precipitaciones de 300 a 600 mm anuales, con temperaturas en promedio de 22° a 26° C en algunas regiones, y en otras de 18° a 22° C (2013).

De tal forma es que también incluimos el clima como elemento básico para la solución de nuestro problema, debido a las evaporaciones que son parte del ciclo del agua y que definimos con claridad, además de que en nuestra unidad de análisis tuvimos que poner mejor atención debido al clima que presenta la región, ya que éste ocasiona en el agua mayor evaporación y con más frecuencia, también consideramos que con las abundantes lluvias y el cambio climático pueden modificar este factor climático generando condiciones óptimas en el clima que puedan ser remuneradas mediante la evaporación del agua y con ella generando lluvias más consecuentes en una región árida como lo es Matehuala y que al suceder este cambio estaremos obteniendo información y datos nuevos para ésta investigación.

1.11. Polígono del acuífero y datos geográficos del área de estudio



• Fig. 4.8 Acuífero en Matehuala-Cedral. Fuente CONAGUA, Ing. Armando Rocha. 2012

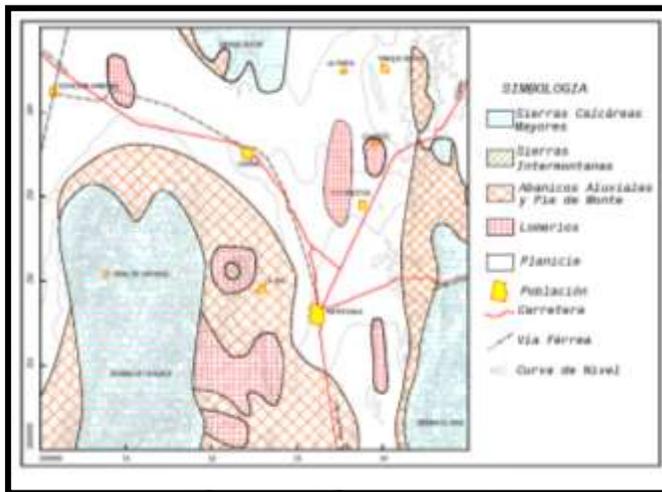
En la figura 4.8 se observan las dimensiones claras del polígono del acuífero para la zona Matehuala-Cedral, ubicando en él pozos, así como puntos críticos del agua en bajada y además tomar en cuenta los cauces que toma el agua a su precipitación, donde se filtra para balancear al acuífero, así como ver donde será más viable crear algún proyecto para captar el agua pluvial o crear algún mecanismo para que el agua precipitada filtre para recarga del mismo acuífero.

El área aproximada que tiene el polígono del acuífero, para zona de estudio, es de 16,161 km² o que es lo mismo 1,616 has. Ésta superficie es la que en sus mantos mantiene agua subterránea y es en las partes más bajas de este polígono en donde se perfora para extraer el agua para abastecer a los habitantes de Matehuala, mostrando así en la imagen con puntos azules, los pozos y la mancha urbana de la ciudad en amarillo, hasta donde es llevada el agua extraída.

En la imagen también se ubican los diferentes pozos activos, así como los que ya están inactivos, además de ubicar norias, manantiales y galerías filtrantes del agua en el polígono del acuífero para la zona Matehuala-Cedral.

También con este mapa podemos orientar un poco más al lector sobre lo que se ha venido argumentado a lo largo de este documento, acerca de que la fuente de abastecimiento de agua se encuentra lejana (25 km) a la ciudad de Matehuala, y los pozos que actualmente sirven para extraer agua debido a la gran demanda de los pobladores en aquella zona.

En la zona de estudio se observa que existen sierras bajas alargadas, con orientación preferencial norte-sur, como evidencia de las diversas estructuras de

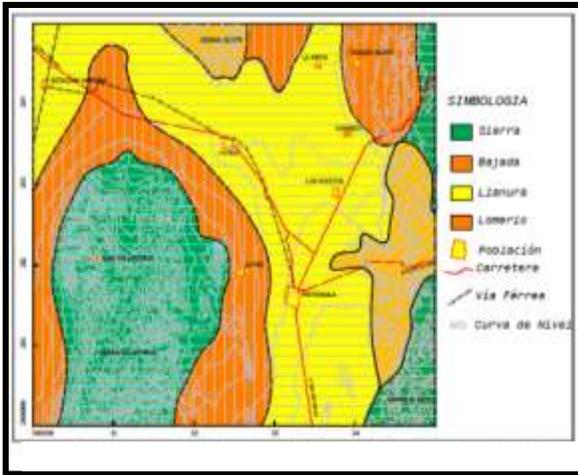


sinclinales y anticlinales por plegamiento de rocas sedimentarias mesozoicas. Aunque no existe una red hidrográfica bien definida, la zona se caracteriza por presentar una severa etapa de erosión, llevándose importantes espesores de rocas sedimentarias de las zonas.

• Fig. 4.9 Geomorfología de la zona. Fuente CONAGUA, Ing. Ricardo Rocha

Al oriente y sur de las Sierras de Catorce y Coronados, se localizan los sistemas de topografías de bajadas con lomeríos; bajadas de menor extensión y sin lomeríos o con llanuras, se encuentran dispersas en la Subprovincia. Estos

datos son tomados en cuenta porque son de gran ayuda para la solución del problema, aprovechando las pendientes y planicies con las que cuenta la ciudad. Con ellos se va a crear alguna solución efectiva en donde el agua se pueda concentrar por medio de algún proyecto arquitectónico y solucionar dos problemas a la vez, que son los que enfrenta Matehuala: la falta de agua y los daños que esta causa en los días que llueve.



En la figura 4.10 se observa como el área naranja queda completamente al poniente de la ciudad de Matehuala, siendo esta parte baja de lomerío y por tal motivo está considerada en esta investigación como un factor importante y determinante en la solución del problema.

- Fig. 4.10. Geomorfología de la zona de estudio. Fuente CONAGUA, Ing. Armando Rocha.

1.12. Fuentes de abastecimiento de agua para Matehuala. Manantial “La maroma” y pozos de San Isidro (Cedral, S.L.P)

La Maroma, una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para Matehuala, dejó de funcionar en 2011 debido a que ya no eran suficientes las producciones de agua, por lo mismo no lo consideraba viable el organismo operador y dejó de llevar agua de aquel lugar a Matehuala. Con esto quedo solo una fuente de abastecimiento, que es la de los Pozos de San Isidro, ubicada en Cedral, SLP.

Los Pozos de San Isidro, son las únicas fuentes de donde se extrae agua subterránea para abastecer la ciudad de Matehuala y sus comunidades más cercanas, el recorrido que éste cauce realiza es de unos 25 km aproximadamente y a lo largo del recorrido se han ido perforando pozos en aquel acuífero, para darle una mejor calidad de vida a todos los pobladores del Altiplano Norte.

Es así como en Matehuala, se cuenta actualmente con una sola y única forma de obtener agua para sus habitantes, con la solución que se pretende dar a este

trabajo de investigación, se busca el crear o desarrollar otra forma de obtener agua para los pobladores.

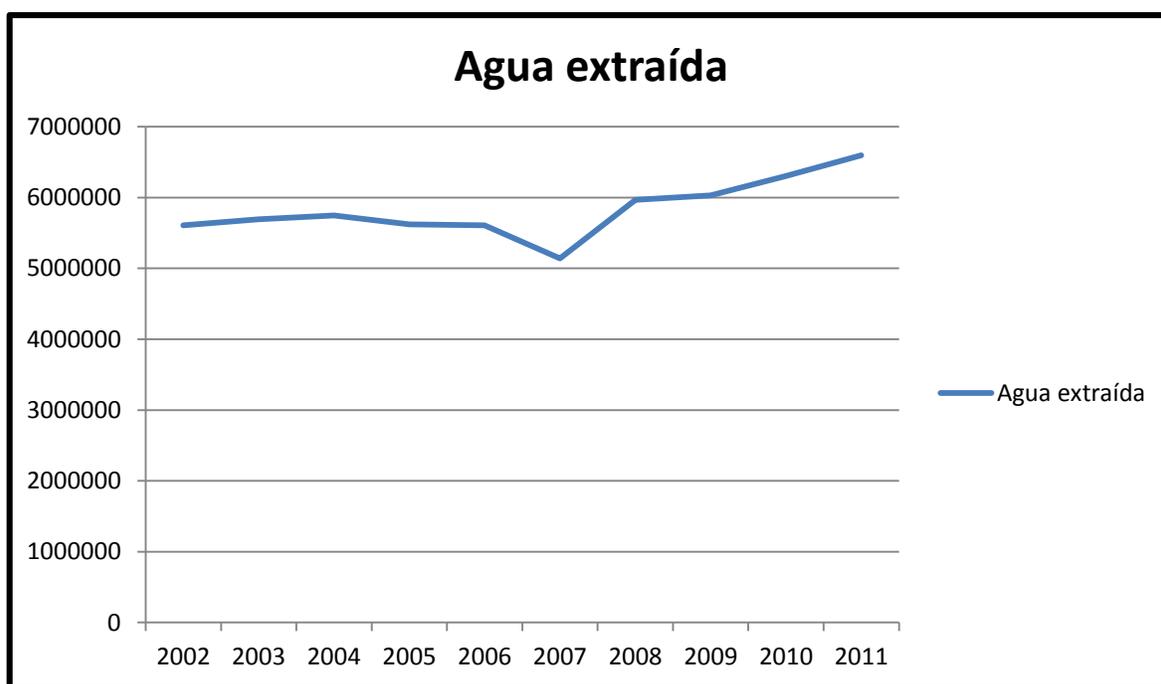
Gasto histórico de producción

AÑO	CAUDAL EN LPS
1999	237
2000	227
2001	216
2002	204
2003	196
2004	189
2005	172
2006	188
2007	186
2008	212
2009	231
2010	234
2011	327

El gasto histórico de los pozos de San Isidro, de acuerdo a los datos obtenidos por SAPSAM nos muestra con claridad, como en los comienzos del siglo XXI, eran pocas las extracciones, esto debido a que el manantial de la maroma era la fuente más importante para abastecer a la ciudad y del año 2011 a la fecha, estos pozos se han encargado de abastecer de agua a toda la ciudad de Matehuala. Por lo mismo en la grafica citada se observa el aumento veloz que tuvo de un año a otro la extracción de agua en este lugar, dando una diferencia de casi 100 L/s, por consecuencia se deduce que estos aumentos irán avanzando al paso de los años.

- Tab.4.2 Gasto en pozos de San Isidro, Fuente SAPSAM, Ing. Alonso Tobías. 2012

Registro histórico del volumen de aguas extraídas e incrementos de éstos por año en Matehuala, S.L.P



- Gráfica.4.6 Volúmenes de agua extraídos por año .Fuente SAPSAM, Ing. Alonso Tobías. Elaboración propia del autor 2013

En todo el año 2011 se extrajeron 6'597,753m³, lo que nos da un gasto medio de 319.7 lps, de tal forma que fue una cantidad excesiva de agua, de acuerdo a las capacidades con las que cuenta dicha fuente, esto comparado con los niveles de agua subterránea, da un completo déficit en las extracciones.

Las zonas que carecen de este recurso en la Ciudad de Matehuala, se debe a que son lugares ubicados en la periferia de la ciudad y no cuentan con el servicio, debido a que son asentamientos irregulares, es decir, no se cuenta con certeza jurídica acerca de la propiedad ni el uso de suelo, y debido a que la mayoría se ubica dentro de los límites de algunos ejidos, el organismo se encuentra limitado por la Ley de Aguas para el Estado para poder otorgarles el servicio, ya que el abastecimiento corresponde a los comités de agua . En el caso de colonias dentro de la mancha urbana, las zonas donde no se cuenta con el servicio se debe a la escasa ó nula población.

2. Resultados en porcentaje de tablas evaluadoras

Sistemas	Factores					
	Topográficos	Económicos	Climaticos	Políticos	Sociales	Culturales
colector sist. Unitario	25%	40%	30%	15%	10%	20%
colector sist. Seudoseparativo	20%	15%	20%	20%	20%	15%
colector sist. Separativo	45%	35%	30%	40%	50%	45%
colector sist. Dolemente separativo	10%	10%	20%	25%	20%	20%
Sist. Almacenamiento bordo almacenamiento	70%	85%	75%	65%	95%	95%
Sist. Almacenamiento cisternas grandes	30%	15%	25%	35%	5%	5%
sist. Distribucion inyectar en red hidraulica previo tratamiento al agua	-	-	-	-	-	-

• Tab .4.3. Resultados de evaluación. Elaboración propia del autor 2014

De acuerdo a la evaluación anterior y a los resultados obtenidos por los distintos usuarios entrevistados, el sistema de recolección más propio para esta región es el colector pluvial de sistema separativo, el sistema de almacenamiento óptimo de acuerdo a la encuesta es el bordo de almacenamiento y a partir de aquí se tratará

el agua capturada y se inyectará en la red hidráulica del municipio de Matehuala para abastecer de agua potable los hogares de miles de matehualenses.

Con base en los resultados antes generados se aplicará un método sistemático en el cual se empleen los 3 ejes fundamentales para lograr la gestión integral en el agua pluvial, proponiendo un desarrollo constructivo y administrativo en la aplicación para la zona de estudio en la que se generará dicho plan, es así que estos resultados han sido tan importantes para esta investigación debido a que en el próximo sub capítulo se hizo un análisis comparativo entre lo que arrojaron las encuestas y la relación de estos resultados y la investigación teórica aplicada en la búsqueda de mejor opción para la recomendación del plan de gestión integral para el agua pluvial en Matehuala, S.L.P.

3. Análisis comparativo entre investigación teórica y encuestas

De acuerdo a los resultados que arrojaron las encuestas, y los resultados obtenidos en la investigación, pudimos obtener que por un lado las encuestas nos ofrecen un panorama real de la situación problemática frente al agua en Matehuala, y por otro lado la investigación teórica nos ofrece un mundo literario en el cual se han estudiado factores y elementos claves para crear sistemas, planes, mecanismos y/o estrategias de gestión pluvial que den como resultado una solución pertinente frente a los problemas del agua que han presentado diferentes regiones a lo largo del planeta.

Las encuestas han sido una herramienta fundamental que han servido para conocer con base en las experiencias de los diferentes usuarios encuestados los diferentes puntos de vista de cada uno. Estos han coincidido en algunos puntos de los datos sugeridos en las encuestas, debido a que las personas tienen cierta pertinencia con el problema del agua en Matehuala. Por un lado autoridades encargadas del manejo del agua en el municipio, por otro lado personas relacionadas directamente con el problema del agua diario y por último expertos en la materia, individuos relacionados con la materia de la hidrología o hidráulica.

Los diferentes encuestados contestaron variablemente de acuerdo a sus experiencias y relaciones que tienen frente al problema del agua en Matehuala. Los resultados fueron vaciados en la tabla 4.3 que se mostró anteriormente y se han obtenido elementos que han servido para crear una comparativa con la literatura mostrada en esta investigación. Los resultados han guardado una relación congruente con la literatura que ha sido elegida de entre un mundo teórico, ésta fue seleccionada por tener mayor relación con la posible solución que necesita la ciudad de Matehuala. La expectativa que manejaban la mayoría de los encuestados, era el de crear un sistema de captación total en el cual se llevara el agua a un lugar estratégico para después hacer uso de ella, de tal manera que con base en las teorías de gestión pluvial, se relacionaron los tres diferentes sistemas que forman parte de la integración de esta recomendación para el plan de gestión integral del agua pluvial en Matehuala.

La captación, el almacenamiento y la distribución del agua pluvial en Matehuala, tuvieron una coincidencia total, tanto en el marco teórico como en los resultados, esto debido a que Matehuala guarda ciertos factores climatológicos, geográficos, topográficos y económicos, y la recomendación para el plan de gestión integral aquí propuesta hace de éste la mejor opción que la ciudad podría utilizar para terminar con la problemática que presenta la ciudad de Matehuala.



• Fig.4.11 Gestión integral del agua pluvial. Fuente. Internet. IslaUrbana 2014

4. Conclusión de los puntos expuestos anteriormente

Con todo lo anterior hemos de concluir que estos antecedentes, son más que suficientes para comprobar que el agua es fundamental para las actividades de todos los seres humanos y es de esta forma que si en el municipio de Matehuala hay carencia de este líquido elemental, tenemos que buscar y proponer soluciones para este gran problema que enfrentan los matehualenses, es por ello que con esta investigación comienzo a poner de mi parte para la solución de este problema.

Garrido Hoyos señala la necesidad por comenzar con la captación de agua de lluvia:

La captación y aprovechamiento de agua de lluvia es una importante fuente de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, pecuario y agrícola para las comunidades rurales con población menor a 2 mil 500 habitantes, que presentan problemáticas por su topografía, aislamiento, dispersión de caseríos o ausencia de fuentes de abastecimiento, ya sean superficiales o subterráneas (2008, pág. 1).

Y es con ello que si en estas comunidades por más pequeñas que sean existe la necesidad de captar el agua, es de suma importancia poner atención en ciudades grandes que rebasan ya los 80mil habitantes y no se hace nada por ellas. Es así que a continuación se plantea una recomendación de plan de gestión integral para el agua pluvial urbana a partir de toda la información recabada a los largo de este documento, proponiendo una manera eficaz, eficiente y efectiva de solucionar la problemática del agua en Matehuala enfocada en la escasez y el exceso de ella en la ciudad.

Capítulo 5. Recomendación de plan de gestión integral para la captación, almacenamiento y distribución del agua pluvial para uso doméstico en Matehuala, S.L.P

A lo largo de éste trabajo de investigación, se han desarrollado diferentes capítulos de los cuales todos se han enfocado en un objetivo, éste es, el lograr el manejo eficiente del recurso hídrico primordial mediante un plan de gestión integral para ofrecer una alternativa pertinente de acuerdo a la problemática y a los factores climáticos y topográficos para que la ciudad de Matehuala tenga una respuesta social y ambiental con la cual puedan enfrentar los problemas de ámbito público que se han presentando en los últimos años. Estos capítulos desarrollados con anterioridad se han enfocado en buscar información sobre antecedentes del agua pluvial a nivel global, antecedentes del agua en México y antecedentes del agua en Matehuala particularmente, con el fin de tener un panorama global y específico de los problemas a los que nos enfrentamos desde el ámbito social mundial. Tal es así, que también la investigación se ha tornado de manera cualitativa y cuantitativa indagando en estadísticas y datos oficiales para de ésta manera tener una bitácora oficial sobre los números que nos servirán para desarrollar el plan estratégico de la gestión integral del recurso hídrico.

El marco teórico como capítulo elemental, se ha orientado en describir las diferentes teorías relacionadas con el contexto de gestión pluvial, así como herramientas y metodologías que han sido aplicados en diferentes regiones de nuestro planeta, con el fin de coadyuvar en un sentido académico basado en trabajos aplicados y reales obteniendo de esta manera una propuesta más cercana a la realidad. Los autores que aquí han sido mencionados fueron seleccionados de entre una indagación exhaustiva y profunda de un estado del arte relacionado con la gestión del agua pluvial en la cual las teorías son las que más guardan relación y pertinencia con el tema de esta investigación.

La metodología como parte estructural de la formación y planteamiento del plan de gestión integral para el agua pluvial en Matehuala en San Luis Potosí, marca los

puntos clave sobre variables del tema de investigación, así como técnicas de búsqueda de la información y tipos de información con el fin de escoger los adecuados para obtener la información más cercana y así poder ofrecer una respuesta más eficiente, efectiva y eficaz que de solución a nuestro problema de investigación en la ciudad de Matehuala.

1. Información previa para generar el plan de gestión integral

Al haber concluido con toda la investigación necesaria y después de haber realizado un trabajo de campo el cual fue analizado y dirigido por el M. en Ing. Arturo González Ortiz, docente de la Maestría en Hidrosistemas de la Facultad de Ingeniería, así como coordinador en turno de la carrera de Ing. Civil en la misma facultad en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, se derivaron una serie de resultados que se generaron a partir de técnicas matemáticas y fórmulas que las ramas de la hidráulica y la hidrología se encargan del estudio de cuencas. Con esto se ejecutó el estudio de ellas a partir de información obtenida de dependencias como INEGI y CONAGUA que facilitaron documentos oficiales y datos numéricos de carácter público con el fin de encontrar datos como el coeficiente de compacidad, relación de elongación, curva hipsométrica, pendiente de la cuenca, red de drenaje, pendiente del cauce principal y tiempo de concentración del agua pluvial del punto más lejano a la salida pluviométrica de la cuenca.

En el tema sobre el estudio de lluvias se determinaron factores elementales como periodos de retorno de las precipitaciones en Matehuala, serie de máximos anuales, precipitaciones verdaderas en la región y estimaciones de gastos máximos obtenidos a partir de las fórmulas sugeridas por el M. en Ing. Arturo González. Con estos datos, se encontró que las condiciones climáticas con las que cuenta la zona de estudio de ésta investigación ofrecen resultados óptimos con los cuales se puede generar un proyecto constructivo con el fin de poder almacenar agua pluvial suficiente para usarla en lo público – doméstico y de esta manera generar un impacto social para el beneficio de toda la comunidad matehualense.

Algunos de los datos más relevantes del estudio de campo son:

Área de cuenca	56.64 km ²	Tiempo concentración de agua	61.53 min
Coefficiente de compacidad	1.66	Precipitación de cuenca	429.14 mm
Relación de elongación	0.544	Gasto máximo en cuenca	202.80 m ³ /s
Pendiente de cuenca	19.2 %	Volumen para almacenar agua	748,697.04 m ³
Densidad red de drenaje	4.64 km	Vol. total en regionalización	1,346,106.26 m ³
Pendiente cauce principal	28.9 %	Lamina escurrimiento	35.5 mm anuales
Longitud cauce principal	18.875 km	Volumen escurrido anual	4,026,094 m ³

• Tab.5.1 Datos relevantes del estudio de campo. Elaboración propia del autor. Véase anexo técnico, pág. 145

La regionalización, como último apartado del anexo técnico elaborado por el propio autor de esta investigación, nos habla de una serie de cuencas vecinas a la cuenca de estudio principal, con condiciones similares debido a la región en la que se encuentran. A partir de aquí, por el método de coeficiente de escurrimiento para estimar volúmenes anuales se encontró que en la cuenca de estudio escurren 1,952,010 m³ al año, y al hacer un análisis y aplicar valores establecidos por ésta investigación, se generó que en las cuencas sugeridas para capturar el agua pluvial escurren cerca de 4, 026, 094 m³ de agua al año, siendo esta cantidad un dato importante que generaría un impacto importante entre la población de Matehuala, además de ofrecer un resarcimiento al daño ambiental y sobre todo ofrecer éste recurso vital a los pobladores de Matehuala que no lo tienen al alcance.

De acuerdo a la investigación, en el capítulo uno, el apartado sobre “Uso domestico del agua captada, el más importante”, habla sobre las necesidades humanas y los derechos que todos los mexicanos tienen acerca de obtener éste recurso en sus hogares y de tal manera basado en la información de la Organización Mundial de la Salud que sugiere una dotación de 200 litros de agua diarios por habitante para poder vivir plenamente y desarrollar sus actividades diarias y satisfacer sus necesidades básicas, logrando una relación entre este dato y el volumen de agua que pudiera ser almacenado que es de 4, 026, 094 m³ de

agua se podría abastecer de agua a un aproximado de 55, 151 habitantes en Matehuala, generando con ello, abastecer a un 60.25% del total de la población

Si bien es cierto, estos datos pueden cambiar debido al constante cambio que la naturaleza está teniendo por los efectos del cambio climático a causa de la contaminación ambiental, pero cabe señalar que éste trabajo está estructurado de tal forma que se puede ir actualizando solo cambiando datos numéricos y detalles cualitativos y cuantitativos acerca de la investigación que ofrece datos sólidos y teóricos sobre la gestión del agua pluvial.

2. Propuesta de plan de gestión integral del agua pluvial urbana para uso domestico en Matehuala, S.L.P

El plan de gestión integral, como una propuesta y alternativa para poder ofrecer agua para los habitantes de Matehuala, además de solucionar el daño que las precipitaciones pluviales causan a la ciudad cuando llueve, se desprende de todos los elementos antes vistos, así como de una investigación exploratoria en la cual se definieron parámetros específicos enfocados en la unidad de análisis y guardando ciertos reglamentos por las condiciones climáticas, topográficas, sociales, públicas, económicas, culturales y políticas con las que se cuenta en aquella región.

2.1. Captación del agua pluvial urbana, sistema colector pluvial separativo

Como primera parte de la gestión integral, está la captación del agua pluvial, que de acuerdo y fundamentado en la investigación, se propone de manera técnica un sistema de colector pluvial de tipo separativo, en el cual se establezcan condiciones para que el agua que aquí escurra llegue de la manera más limpia al sistema que la almacenará, con el fin de ahorrar en el tratamiento de ésta al momento de incluirla en el sistema hidráulico de la ciudad de Matehuala. De tal manera se muestra imágenes de sistemas hidráulicos para la recogida de aguas en las que técnicamente se deberá analizar el proceso y construcción de estos colectores para generar el objetivo aquí planteado.



• Fig. 5.1 Colector pluvial. Fuente Sistema Hidráulicos



• Fig. 5.2 Colector pluvial, construcción. Fuente Sistema Hidráulicos

De esta manera, es que se pretende capturar y de manera estratégica dirigir el agua pluvial al poniente de la ciudad, creando una red de colectores pluviales adecuados para poder dirigir la mayor cantidad de agua posible a nuestro sistema de almacenamiento.

2.2. Almacenamiento del agua pluvial urbana, bordo de almacenamiento

El almacenamiento del agua pluvial en la zona poniente de la ciudad que se propone como parte seguida de la captación en éste plan de gestión integral, está basado en un sistema en la cual se generará un bordo de almacenamiento que tendrá las características necesarias y requeridas para poder almacenar el volumen de agua de más de 4 millones de m³ que se obtuvieron en el trabajo de campo y como dato oficial de escurrimiento de agua en las cuencas que se regionalizaron con el fin de captar toda el agua pluvial de la zona poniente de la ciudad y evitar que ésta corra por la localidad dañándola en cada ocasión que precipita.

El bordo de almacenamiento está considerado como una excavación con maquinaria de construcción que se encargará de abrir un hueco en la tierra de forma que la tierra que vaya removiendo la ponga en el lado oriente del bordo para con ella cerrar éste y así poder generar un almacén de tipo regional debido a que las condiciones de las pendientes y topográficas permiten construir éste sistema

sin la necesidad de invertir miles de pesos en concretar una obra para tal problema.



- Fig.5.3 Bordo de almacenamiento de agua pluvial. Fuente sistema de almacenamiento pluvial

El bordo de almacenamiento es la respuesta más óptima y pertinente de acuerdo a todos los factores en los que se baso esta investigación, conjuntando la integración de estos de manera que se trato de satisfacer todos los intereses públicos inmersos en un proyecto de ésta magnitud.



- Fig 5.4. Ejemplo de construcción de bordo de almacenamiento. Fuente. Sistema de almacenamiento pluvial

La construcción del bordo de almacenamiento trata solo de remover la tierra y amontarla de tal forma que sirva como muro para contener la bajada fuerte del

agua, además de almacenar ésta en el lugar sugerido, en la imagen anterior podemos observar como una maquina remueve la tierra amontándola en el perímetro del bordo, generando así una oquedad que servirá para almacenar el agua pluvial.

Existen también membranas que se colocan en la superficie, o plásticos que sirven para evitar la filtración del agua almacenada y de tal manera conseguir con ellos un mayor aprovechamiento de ésta. Con este sistema de impermeables se pretende aprovechar la mayor cantidad de agua posible, ya que es imposible evitar la evaporación que se cause a consecuencia de la insolación que sufrirá diaria este sistema de almacenamiento, en la imagen siguiente podemos observar esta técnica aplicada.



• Fig.5.5 Ejemplo de bordo de almacenamiento. Fuente Sistema de almacenamiento pluvial

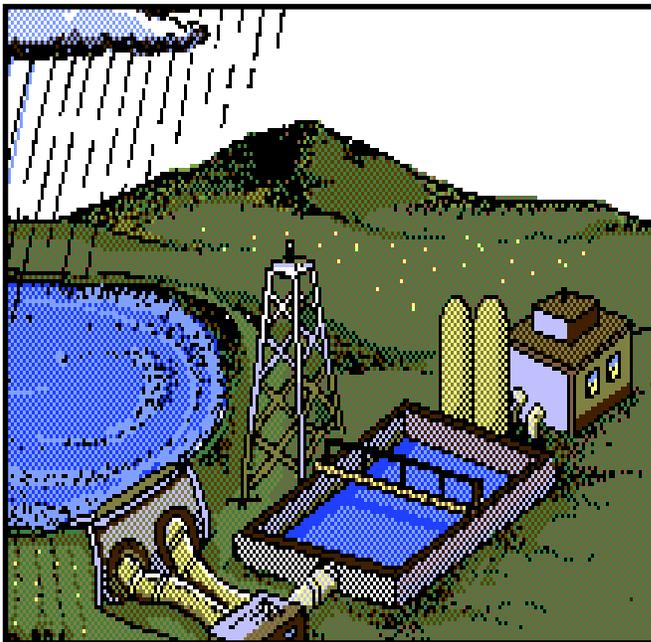
En la imagen anterior se observa un bordo de almacenamiento pequeño, éste ejemplo sirve para mostrar una prueba similar de la propuesta que se generó en éste plan de gestión integral y que es pertinente crear en la ciudad de Matehuala.

2.3. Distribución del agua pluvial en red hidráulica, planta tratadora de agua

En la distribución del agua pluvial, se ha generado que a causa de que el destino final que se propuso en la investigación, que es el uso público – doméstico, se

concibió por consecuencia realizar un tratamiento previo del agua pluvial almacenada para después inyectarla en la red hidráulica de la ciudad, con esto se pretende crear el impacto ambiental para beneficio de la región, pero sobre todo generar el impacto social en el cual se incluyen a más del 50 % de los habitantes de Matehuala.

El tratamiento del agua pluvial, se da una manera en la cual el diseño se aplica de forma industrial y actualmente existen muchos sistema de potabilización y tratamiento, por lo cual que éste plan de gestión integral se limitará a proponer la ubicación basados en la investigación previa de estos sistema y además buscando la pertinencia eficiente en la cual tengan relación la captación, el almacenamiento y la distribución del agua ya tratada para ofrecerla entre los habitantes de Matehuala.



En la imagen se muestra, una planta tratadora de forma abstracta, pero es de ésta forma que el plan de gestión integral pretende ubicar éste sistema para después inyectar el agua en la red hidráulica de la ciudad.

Es así como la distribución del agua pluvial urbana concluye su proceso de distribución para completar la gestión integral a la que se refiere éste trabajo.

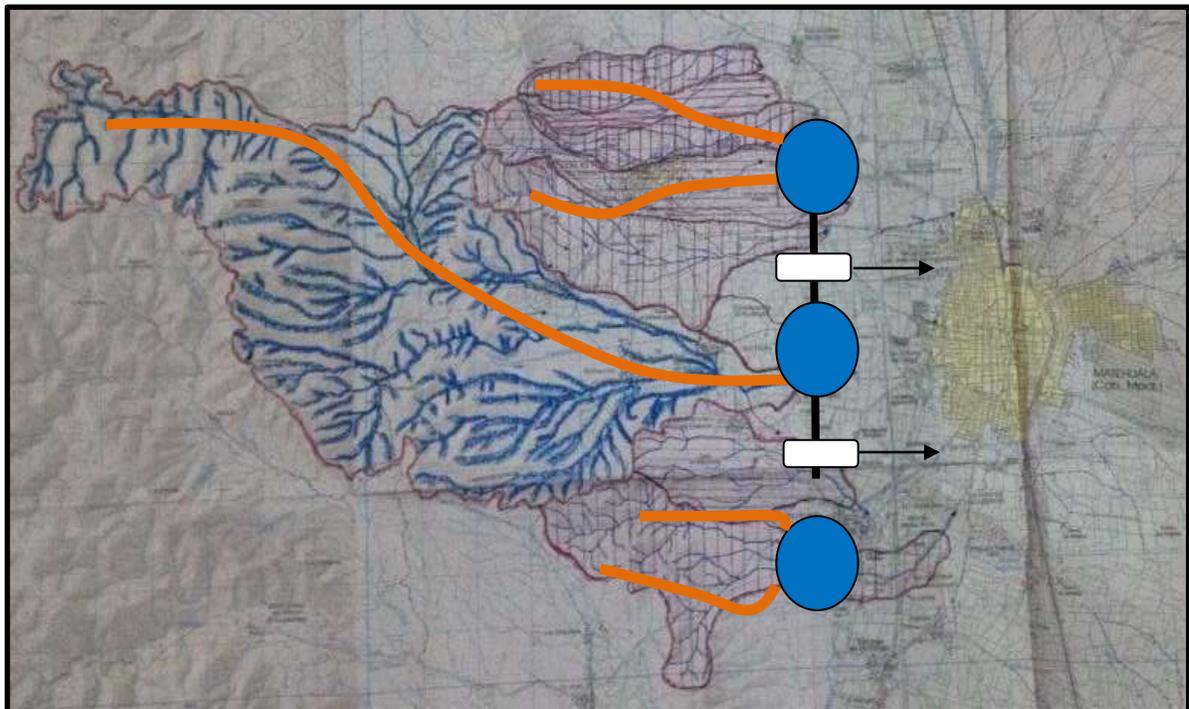
- Fig. 5.6 Planta tratadora de agua. Fuente, Plantas tratadoras de agua en México 2014

Con el fin de obtener los mejores resultados posibles en el plan de gestión integral se ha indagado en información general y específica acerca de los sistemas de captación, almacenamiento, y distribución, y a partir de ahí se generó una propuesta para ofrecer la mejor respuesta final en la que se están tomando todos los factores climáticos, topográficos, orográficos, geográficos, sociales, culturales,

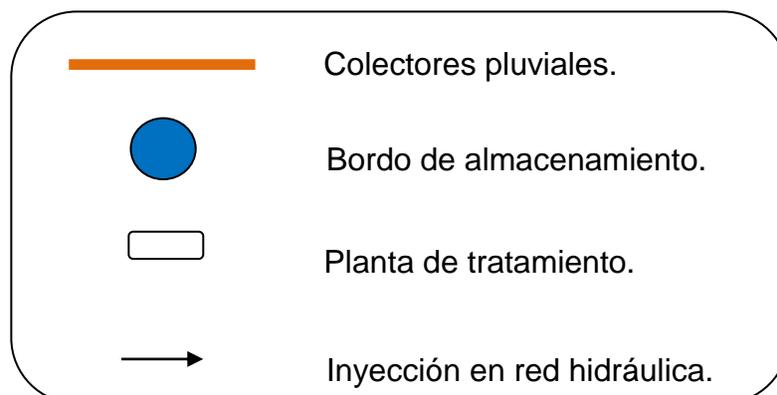
económicos políticos y ambientales con el fin de que ésta gestión integral no genere daños ni traiga consecuencias mayores en caso de ser ejecutado dicho proyecto. Si bien el objetivo de éste trabajo quedo marcado a lo largo de toda la investigación, se cree que se ha logrado ofrecer la respuesta más pertinente con la realización de esta investigación científica en la cual colaboraron expertos del tema para concluir de una manera satisfactoria.

2.4. Gráfico de ubicación

Sistema de captación, almacenamiento y distribución integrados en la zona de estudio.



• Fig. 5.7 Ubicación de sistemas integrados. Elaboración propia del autor 2014

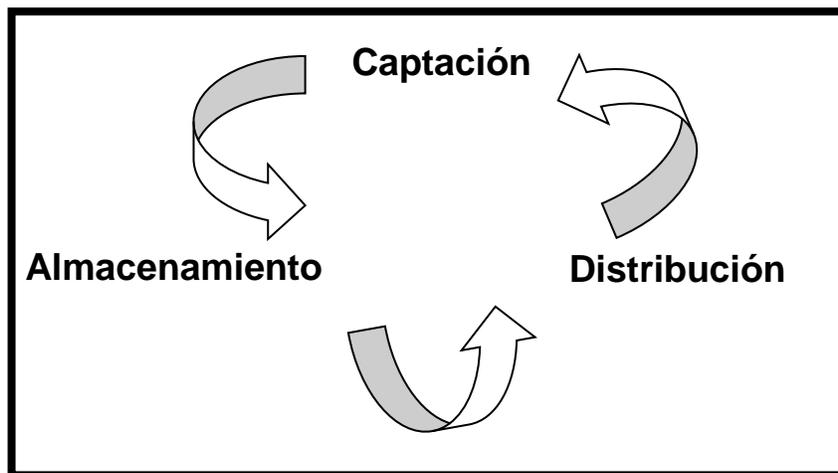


Es de tal manera que el plan de gestión concluye con ésta propuesta en la cual están integrados todos los sistemas antes mencionados con el fin de crear un eficiente manejo del agua pluvial urbana en la ciudad de Matehuala en el estado de San Luis Potosí.

Conclusiones

Para la conclusión de esta investigación, se define que el agua en el mundo, en México y particularmente en Matehuala ha tenido cambios muy paralelos, éstos debido a que cualquier circunstancia que sucede en lo general o en lo específico modifica al contrario, de esta manera el agua es un sistema en donde el ciclo que está en movimiento hace que tanto el planeta como los seres vivos nos mantengamos vivos.

Es así como este trabajo trata una relación integral de los tres ejes fundamentales que he venido remarcando a lo largo de éste trabajo, siendo estos los objetivos a investigar y definir de tal manera que se conjunten e integre para ofrecer una solución mediante la gestión pluvial.



• Fig.5.8 Relación en el proceso de gestión integral. Elaboración propia del autor

También, de acuerdo a la información recabada y apoyándome en todos los autores citados en este trabajo, está claro que existen varias soluciones para que éste problema sea resuelto.

Con el objetivo de comenzar a realizar un cambio en beneficio del bienestar de todos los matehualenses así como el de nuestro planeta, se emprendió una búsqueda en la cual se definió la solución más pertinente para dar respuesta al gran problema de la ineficiencia pluvial urbana en Matehuala, y es por ello, que he puesto manos a la obra junto con esfuerzo y dedicación para que esta investigación arrojara los datos más importantes creando con ellos posibles soluciones eficientes, eficaces y efectivas en cuanto al problema del agua pluvial urbana en la ciudad de Matehuala.

Con todo lo analizado y obtenido también por los organismos operadores encargados del agua en México, en el estado de S.L.P. y en el municipio de Matehuala que serían CONAGUA, CEA y SAPSAM respectivamente, hemos desarrollado información muy veraz y oportuna para poder enfocar todos los conocimientos acerca de la gestión pluvial, creando con esa información una serie de parámetros y límites que marcarán el rumbo de este trabajo.

Es así como este trabajo ofrece grandes resultados para solucionar el problema de ineficiencia pluvial urbana en Matehuala, este trabajo se enfoca con claridad en todos los padecimientos y factores que aquel municipio tiene, buscando de cierta manera, jugar y tener niveles de tolerancia para experimentar con las soluciones, ofreciendo de esta forma las más pertinentes y adecuadas de acuerdo al uso que se le va a dar finalmente a este producto.

Es así como termina éste trabajo de investigación, el cual ofrece un gran avance técnico para la ciudad de Matehuala. Si se analiza desde el punto de vista social y ambiental pueden conseguirse muchos beneficios para la ciudad de tal manera que ejecutando la propuesta de plan integral que aquí se propone ofrecería varias soluciones en distintos ámbitos de la ciudad, desde su imagen, economía, infraestructura y economía, hasta el cuidado del medio ambiente y sobre todo el bienestar social y humano de los habitantes.

El altiplano potosino es una región árida en el estado de San Luis Potosí, y Matehuala representa la ciudad más importante de ella, por ello enfoque mis conocimientos y mi esfuerzo en realizar éste trabajo con el fin de proponer un crecimiento y desarrollo económico – social para que la ciudad de donde provengo crezca y se fortalezca en la región norte del estado de San Luis Potosí.

1. Aspectos generales

Sobre los aspectos generales para concluir esta investigación, hago mención sobre los diferentes elementos que se fueron encontrando, así como datos e información dura que sirvió para que éste trabajo fuera posible.

Los antecedentes expuestos en este trabajo de investigación traen una gran cantidad de información, aunque se trato de sintetizar, había elementos fundamentales que era imposible eliminar del trabajo, de tal manera que todos y cada uno de los temas tratados aquí se reflejaron en el resultado final de la tesis.

El haber indagado en un tema como lo es éste, se fueron analizando un mundo de conceptos que eran desconocidos para el autor del trabajo, pareciera que la información aquí mostrada salió de la manga, pero no fue así, se llevaron a cabo entrevistas con expertos y autoridades que conocían del tema, lecturas sobre lo sucedido en años anteriores y sobre todo una relación de todos los fenómenos que suceden en Matehuala respecto al agua en general, a partir de aquí fue que se comenzó por ir estructurando y ordenando un trabajo que parecía no tener fin, pero al ir armando esta investigación todo coincidía.

La investigación contiene una serie de elementos globales pero sobre todo particulares referidos a la ciudad de Matehuala y su problemática, esperando que toda la información pueda ser utilizada en un futuro para complementarla o hacer uso de ella en casos similares o en regiones con condiciones parecidas con el fin de seguir apoyando la gestión pluvial y evitar el daño a nuestro medio ambiente.

2. Aspectos teórico – conceptuales

Sobre los aspectos teórico – conceptuales, se concluye que existe infinidad de teorías y proyectos de gestión pluvial, las cuales están realizadas en apego obviamente a los autores que han elaborado dicha literatura. La literatura que aquí fue mencionada, se obtuvo de una selección entre muchas pero que las que aquí se presentaron fueron las más cercanas y pertinentes con la finalidad de desarrollar el tema de investigación.

Entre otras teorías, se mencionaron también casos específicos y proyectos similares aplicados alrededor del mundo, de los cuales se analizaron factores que fueron indispensables para proponer al igual un plan de gestión pluvial.

Si bien es cierto, éste trabajo no es una teoría, pero como producto final y basado en antecedentes, teorías y metodologías se concreto en un plan de gestión integral del agua pluvial para crear eficiencia en el uso del agua urbana en Matehuala. Con los aspectos teóricos – conceptuales también pueden generar conocimiento paralelo sobre gestión de captación pluvia, almacenamiento del agua de lluvia y distribución de ésta en los diferentes usos consuntivos que existen en el mundo.

3. Aspectos metodológicos

Los aspectos metodológicos que aquí se trataron, se refieren al hecho de estructurar el trabajo de investigación de una forma cuantitativa y cualitativa de la información, de tal manera que la relación que existe entre una variable y otra, se puedan analizar de acuerdo a una serie de indicadores que servirán para la búsqueda de la información, como lo pueden ser entrevistas o encuestas, hasta lecturas exhaustivas en antecedentes y tendencias que surgieron o pudieran prevenirse en casos como lo son lo de las lluvias en determinada región.

El marco metodológico como tal, sirvió para ordenar de manera adecuada toda la información obtenida de la investigación y a partir de ella comenzar con serie de

datos numéricos que fueron aplicados en el anexo técnico que se expone al final de éste trabajo. Es así que la metodología sirve para cualquier tipo de investigación científica, basados en ella, encontraremos diferentes tipos de soluciones a un caso particular o general enfocado a soluciones en las cuales las personas o el medio ambiente estén como objetivo principal, pero sobre todo la reestructuración con soluciones a los grandes problemas que se han generado a partir de la contaminación ambiental, el crecimiento demográfico, deforestación y daño a los recursos naturales.

4. Recomendaciones de política pública

De acuerdo a (Santos Zavala, 2004), que se refiere a la acción pública organizada en el caso del servicio de agua potable en la zona conurbada en la ciudad de San Luis Potosí, como ya se mencionó con anterioridad en el estado del arte de ésta investigación, nos hace referencia de que esta zona, necesitó de una política pública para que el plan de reestructuración de agua potable, así como el manejo de infraestructura en la red hidráulica pudiera ser posible instalarla en todos las áreas de vivienda en la ciudad. Esto con el fin de lograr el desarrollo humano y derecho al agua que tienen los potosinos.

De esta manera es que Matehuala padece de un problema similar, y casualmente también, una política pública podría ser la solución para que proyectos como éste puedan ser ejecutados, creando con ésta una ley publica que obligue a los organismos a inyectar presupuesto público en beneficio de los habitantes de aquella ciudad.

5. Agenda de investigación futura

La agenda de investigación futura que se propone a partir de que se finalizó la investigación, trata sobre el hecho de seguir indagando y actualizando datos cuantitativos que pudieran modificarse con el pasar del tiempo, pero sobre todo con los cambios climáticos que generan precipitaciones, humedades, sequias, tormentas, vientos, inundaciones y cambios geomorfológicos en el suelo que

podrán desarrollar nuevas estrategias de cambios en las ciudades para poder seguir habitándolas, todo esto de acuerdo a autores que al igual que los temas anteriores fueron mencionados aquí, como expertos en las consecuencias del calentamiento global. De tal manera esta investigación no puede proponer información veraz sobre la agenda futura, éste trabajo puede profundizarse de manera teórica con el fin de comparar regiones con las mismas condiciones y comprobar que en una observación e hipótesis los fenómenos se causan de igual o diferente manera.

Referencias bibliográficas

Arellano Gault, D. (2004). *Gestión estratégica para el sector público*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica .

Asamblea Legislativa del Distrito Federal . (30 de Agosto de 2010). *Lago Tláhuac - Xico* . Recuperado el 4 de Junio de 2014, de Comisión de Cuenca de los ríos Amecameca y la Compañía : http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:_f1-4j-NkysJ:aguaparatos.org.mx/%3Fwpdmact%3Dprocess%26did%3DMTluaG90bGIuaw%3D%3D+&cd=3&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx

Centro Virtual de Información del Agua . (2010). *Se analizó en Matehuala la ley del agua.*(*El Sol de San Luis*). Recuperado el 6 de Septiembre de 2012, de En grave riesgo de mantos acuíferos. (María Concepción del Ángel): http://www.agua.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=10755:se-analizo-en-matehuala-la-ley-del-agua&catid=61&Itemid=100010

CIDECALLI-CP. (2007). *Diseño de sistemas de captación del agua de lluvia*. Recuperado el 16 de Mayo de 2013

Colin Romero, I. F., & Valdez Montealegre, J. (s.f.). *Captación de agua pluvial para la recarga de los mantos acuíferos del Valle de México mediante sistemas de infiltrómetros*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2012, de Instituto Politécnico Nacional.

Colin Romero, I. F., & Valdez Montealegre, J. (2003). *Captación de agua pluvial para la recarga de los mantos acuíferos del Valle de México mediante sistemas de infiltrómetros*. México: Instituto Politécnico Nacional.

CONAGUA. (2011). *Estadísticas del agua en México*. Recuperado el 5 de Junio de 2013, de Usos del Agua: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/SINA/Capitulo_3.pdf

CONAGUA. (11 de Noviembre de 2011). *Gobierno Federal, SEMARNAT*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2012, de Comisión Nacional del Agua: <http://www.cna.gob.mx/>

Consejo Consultivo del Agua, A. (Enero de 2010). *La gestión del agua en México*. Recuperado el 28 de Mayo de 2013, de <http://www.imta.gob.mx/compaps/images/stories/pdf/indicadorescca2010.pdf>

Cortés Rocha, X. (21 de Abril de 2012). *Ciudad y arquitectura sustentables*. Recuperado el 12 de Julio de 2013, de <http://informatica.fquim.unam.mx/util/agendasiglo21/pdf/xaviercortes2.pdf>

Curso. Aula Virtual. (s.f.). *Colectores pluviales*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2013, de Caracterizacion A. Residual: http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/simulacion/modulos/curso/uni_03/u3c3s3.htm#Anchor4

Dourojeanni, A., Jouravlev, A., & Chávez, G. (2002). *Gestion del agua a nivel de cuencas: teoria y practica*. Santiago, Chile: CEPAL.

Dr. Hani. (9 de Septiembre de 2009). *Observacion cientifica*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2013, de Explorable: <http://explorable.com/es/observacion-cientifica>

Estatal, G. (Agosto de 2012). *Comision Estatal del Agua*. Recuperado el 31 de Octubre de 2012, de <http://www.ceaslp.gob.mx/>

García Gonzalez, E., Ibáñez Gallego, M. P., & Mosqueira Martínez, G. (2010 - 2012). *Análisis crítico de la problemática y las soluciones adoptadas a nivel europeo en la gestion de las agua pluviales en entornos urbanos. Posibles aplicaciones en España*. . Recuperado el 4 de Junio de 2014, de Universidad de Zaragoza : <http://zaguan.unizar.es/TAZ/ECON/2012/9431/TAZ-TFM-2012-1050.pdf>

Garrido Hoyos, S. (2008). *Rescatando el agua del cielo para uso domestico en la tierra*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2012, de Instituto Mexicano de Tecnologia del Agua: http://hypatia.morelos.gob.mx/no14/Rescatando_agua/aguadelcielo.html

Hernandez R. (2010). *Desarrollo de la Perspectiva Teorica*. En H. R. Mexico, DF.: McGraw Hill Interamericana.

Herndadez, R.; Fernandez, C. y Baptista , P. . (2003). *Explicacion Explicativa*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2013, de El proceso de investigacion : <http://es.scribd.com/doc/136719435/Investigacion-Explicativa>

Huguet, J. L. (2007). *El agua en la Bioconstrucción, pluviales y*. Barcelona: Centro de documentacion del agua.

INEGI. (2013). *Instituto Nacional de Estadistica y Geografía*. Recuperado el 12 de Julio de 2013, de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reccat/default.aspx>

Jacobo Villa, M. A., & Saborío Fernandez, E. (2004). *La gestion del agua en Mexico: los retos para el desarrollo sustentable*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Kajumulo Tibaijuka, A. (1998). *Ciudades sin agua*. Recuperado el 3 de Junio de 2014, de Subsecretaria General de las Naciones Unidas : www.ourplanet.com/imgversn/141/spanish/tiba.html

Leon Sánchez, J. A. (25 de Marzo de 2011). *Técnicas de investigación en comunicación*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2013, de Blog Guia para la liceciatura en comunicación, de la Universidad Villa Rica, en la Materia de Técnicas de Investigación en Comunicación cuarto semestre.: <http://tecdeinvestigacionvilla.blogspot.mx/2011/03/metodos-de-recoleccion-de-datos.html>

Ley federal de transparencia y acceso a la informacion publica. (11 de Junio de 2002). *IFAI*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2013, de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/244.pdf>

Lourdes Domenech, A. R. (2012). *La entrevista*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2013, de Materiales de lengua y literatura: http://www.materialesdelengua.org/EXPERIENCIAS/PRENSA/f_entrevista_web.pdf

Machorro, J. C. (17 de Octubre de 2010). *Periodico Mi Ambiente*. Recuperado el 31 de Octubre de 2012, de Crisis del agua, con raíces profundas en México: <http://www.miambiente.com.mx/?p=3195>

Martinez Austria, P. (2007). *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos en México*. Mexico: Insituto Mexicano de Tecnologia del Agua.

Mateos, I. (s.f.). *Hormigones Hydromedia, una solución para la gestión del agua pluvial filtrándola hacia el suelo, o recuperándola para su reutilización*. Recuperado el 30 de Mayo de 2013, de Consejo Empresarial Español para el Desarrollo Sostenible: <http://www.fundacionentorno.org/Casos-Empresariales/Hormigones,Hydromedia,solucion,para,gestion,agua,pluvial,filtrandola,hacia,suelo,recuperandola,para,reutilizacion,5508.htm>

Naciones Unidas, Derechos Humanos . (Marzo de 2011). *El derecho al agua*. Recuperado el 13 de Mayo de 2014, de <http://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf>

Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion. (2002). *Agua y Cultivos*. Recuperado el 6 de Junio de 2013, de logrando el uso optimo del agua en la agricultura: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y3918S/Y3918S00.pdf>

Organizacion Mundial de la Salud. (2010). *El derecho humano al agua y al saneamiento*. Recuperado el 13 de Mayo de 2014, de El agua fuente de vida:

http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_spa.pdf

Osornio Berthet, L. J. (Mayo de 2012). *Captacion y tratamiento de agua de lluvia*. Recuperado el 16 de Mayo de 2013

Pacheco Montes, M. (2008). *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*. Recuperado el 3 de Julio de 2014, de Avances en la gestión integral del agua de lluvia: <https://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/7060/1/pacheco.pdf>

Palacio Velez, E., & Mejia Saez, E. (1999). *Uso del agua en el sector agricola en Mexico*. Recuperado el 6 de Junio de 2013, de http://www.crim.unam.mx/drupal/crimArchivos/Colec_Dig/2011/Ursula_Oswald/15_Palacios_Velez.pdf

SAGARPA. (20 de Octubre de 2013). *Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural, pesca y Alimentacion*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2013, de <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/Agricultura.aspx>

Sainz Santamaría, J., & Becerra Pérez, M. (2007). *SEMARNAT*. Recuperado el 13 de Mayo de 2014, de Instituto Nacional de Ecología: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetas/389/conf_agua.html

Santos Zavala, J. (2004). *Acccion publica organizada: el caso del servicio de agua potable en la zona conurbada de san luis potosi*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

SAPSAM. (s.f.). *Servicio de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Matehuala*. Obtenido de http://www.sapsam.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=7

Servicio Meteorológico Nacional. (2013). *Clima en México*. Recuperado el 10 de Julio de 2013, de http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=80

SoftwareHidra . (2013). *DREN-URBA*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2013, de Diseño del sistema de alcantarillado pluvial: <http://www.hidrasoftware.com/disenio-del-sistema-de-alcantarillado-pluvial-con-dren-urba-lo-que-debes-conocer/>

Soluciones Hidropluviales. (2012). *Soluciones para la gestion pluvial*. Recuperado el 29 de Junio de 2013, de <http://hidropluviales.com/?p=562>

Tetreault, D. (2004). *Una taxonomía de modelos de desarrollo sustentable*. Guadalajara, México: Espiral.

Toledo, V. M. (2003). *Ecología, espiritualidad y conocimiento*. Mexico, DF: Universidad Iberoamericana.

Tortajada, C., & Biswas, A. K. (2004). *Precio del agua y participación pública-privada en el sector hidráulico*. México: Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua, A. C.

Valencia Vargas, J. C., Díaz Nigenda, J. J., & Vargas Mtz, L. (2006). La gestión integrada de recursos hídricos en Mexico: Un nuevo paradigma en el manejo del agua.

VI Foro Mundial del Agua . (2006). *Gestion sostenible del agua*. Recuperado el 13 de Julio de 2013, de Crisis mundiales y recursos hidricos: <http://gsagua.com/cifras-y-hechos-del-agua/crisis-mundiales-y-recursos-hidricos/>

VI Foro Mundial del Agua. (2006). *Gestion sostenible del agua*. Recuperado el 13 de Julio de 2013, de Cambio climatico y posibles escenarios futuros: <http://gsagua.com/cifras-y-hechos-del-agua/cambio-climatico-y-posibles-escenarios-futuros/>

Capítulo 6. Anexo Técnico

Geomorfología, estudio de lluvias, estimación de gastos máximos y volumen óptimo para almacenar el agua pluvial para uso agrícola en Matehuala

La geomorfología de la cuenca como tema importante y primordial, se refiere al hecho de las cantidades de agua, pendientes, tiempos, erosiones de la tierra, cauces y evapotranspiración del agua en la tierra para analizar y poder determinar una solución pertinente y adecuada a un problema que se presente ante la población.

De acuerdo al tema de Maestría en Ciencias del Hábitat, titulado “Gestión del agua pluvial para uso doméstico en Matehuala, S.L.P.” Refiere que esta parte es de suma importancia resolver para poder seguir adelante con una propuesta clara y óptima para solucionar el gran problema que enfrente la ciudad de Matehuala en temporada de lluvias, debido a que las cantidades que se han registrado en los últimos 8 años han sido mayores y cada vez más e inclusive han ido en aumento.

El agua que llueve en la parte poniente del municipio baja desde la Sierra de Catorce, encontrando aquí las partes más altas del Altiplano Potosino (2900 msnm) y por consecuencia, debido a que Matehuala se encuentra en una altitud de 1566 msnm siendo ésta una de las partes más bajas de esa región del altiplano, el agua que llueve baja en conjunto con tierra, escombros, piedras y cuanto objeto se encuentra en el camino arrojándolas en el cauce que pasa por encima de la mancha urbana de Matehuala.

Al tener conocimiento de este problema por un lado, y la presente escases de agua por otro, se ha optado por realizar un plan estratégico gestión pluvial para hacer uso de esta agua en el ramo doméstico, reforzando de esta manera la parte de derecho al agua como calidad de vida e impacto social que debería tener Matehuala por las grandes cantidades de agua que pueden ser aprovechadas en este ámbito humano.

De tal manera y con todo lo anterior a continuación se presentan los datos numéricos que envuelven a la cuenca a estudiar para con ellos generar una solución hidráulica en la cual se construya un sistema de captación pluvial pudiendo ser una represa o algún otro sistema de colector para generar, con éste, el almacenamiento y dar paso enseguida a poder distribuirla a las miles de personas, ofreciendo de esta manera también la solución que tanto se necesita para la ciudad, dejando a un lado el agua que ahí escurre para que ya no se causen daños materiales en pavimentos, edificaciones y comunidades como hasta ahora.

1. Área de cuenca hidrográfica

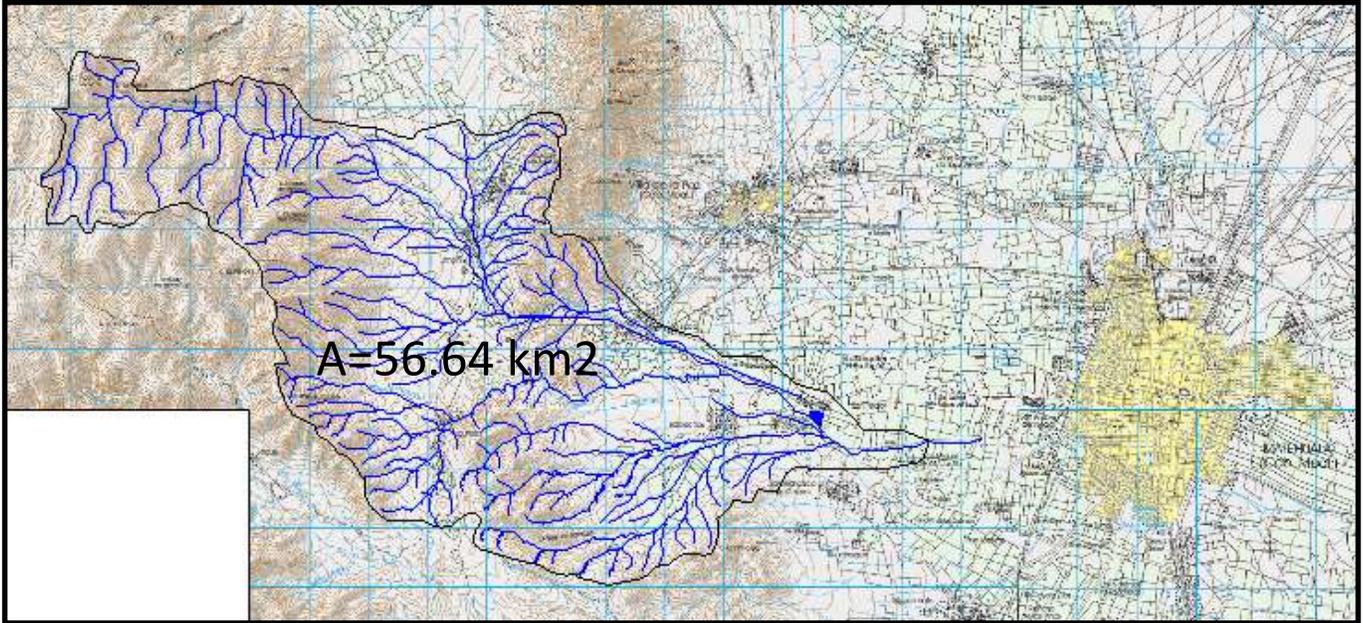
Real de Catorce / Matehuala

Es la totalidad del área drenada por una corriente o sistema interconectado de cauces tales que todo el escurrimiento originado en el área es descargado por una única salida, su área es el área plana horizontal normalmente medida en Km² o en Ha (M. en Ing. Arturo González Ortiz).

Para definir el perímetro o parte aguas de una cuenca existe una serie de reglas:

1. Localizar la salida de la cuenca, trazar a partir de ahí.
2. El parte aguas corta ortogonalmente las curvas de nivel y pasa por los puntos de más alto nivel topográfico.
3. Cuando aumenta de altitud, el parte aguas línea perimetral corta las curvas de nivel por el lado convexo.
4. Cuando disminuye su altitud el parte aguas corta las curvas por el lado cóncavo.
5. El parte aguas nunca cruza un río o arroyo excepto su salida.

Con estos datos se realizó digitalmente en las cartas topográficas F14A25 correspondiente a Matehuala y con F14A24 correspondiente a Real de Catorce la definición del parte aguas para encontrar en esta área los datos necesarios para proponer la gestión adecuada del agua pluvial en nuestra zona de estudio.



• Fig.6.1 Área de cuenca en zona de estudio y mancha urbana de Matehuala. Elaboración propia del autor 2014

Área = 56,647,862.75 m²

Entonces

1km ² – 1,000,000 m ²
? - 56,647,862.75 m ²

A= 56.64 km² ó lo que es igual a 56,647.82 Has

Tamaño de las cuencas de acuerdo a su área

Área en Km ²	Denominación
< 25	Muy pequeña
25-250	Pequeña
500-2500	Intermedia pequeña
500-2500	Intermedia grande
2500-5000	Grande
>5000	Muy grande

• Tab. 6.1 Tamaño de cuencas de acuerdo a su área. Fuente Ing. Arturo González. Elaboración propia del autor 2014

Con estos datos y de acuerdo a la geomorfología de la cuenca, ésta es considerada como una cuenca PEQUEÑA debido a que esta en un rango de 25 a 250 km².

1.1. Coeficiente de compacidad (Cc)

Es una medida de la redondez de las cuencas

$$\text{Formula: } Cc = 0.282 * P / \sqrt{A}$$

Cc= Coeficiente de compacidad

P= Perímetro de cuenca

A= Área de la cuenca

El perímetro de la cuenca medido en el programa de Archicad resulto a 44,372.04m lo que es igual a 44.37 km.

$$Cc = 0.282 * 44.37 \text{ km} / \sqrt{56.64 \text{ km}^2} =$$

- Cc= 1.6625

De acuerdo a lo anterior y sabiendo que la geomorfología de la cuenca refiere que:

Cc < 1.5 = Cuenca Concentrada

Cc > 1.5 = Cuenca Alargada

Esto quiere decir que con el dato obtenido de **Cc= 1.66 la cuenca es considera alargada**

1.2. Relación de elongación (Re)

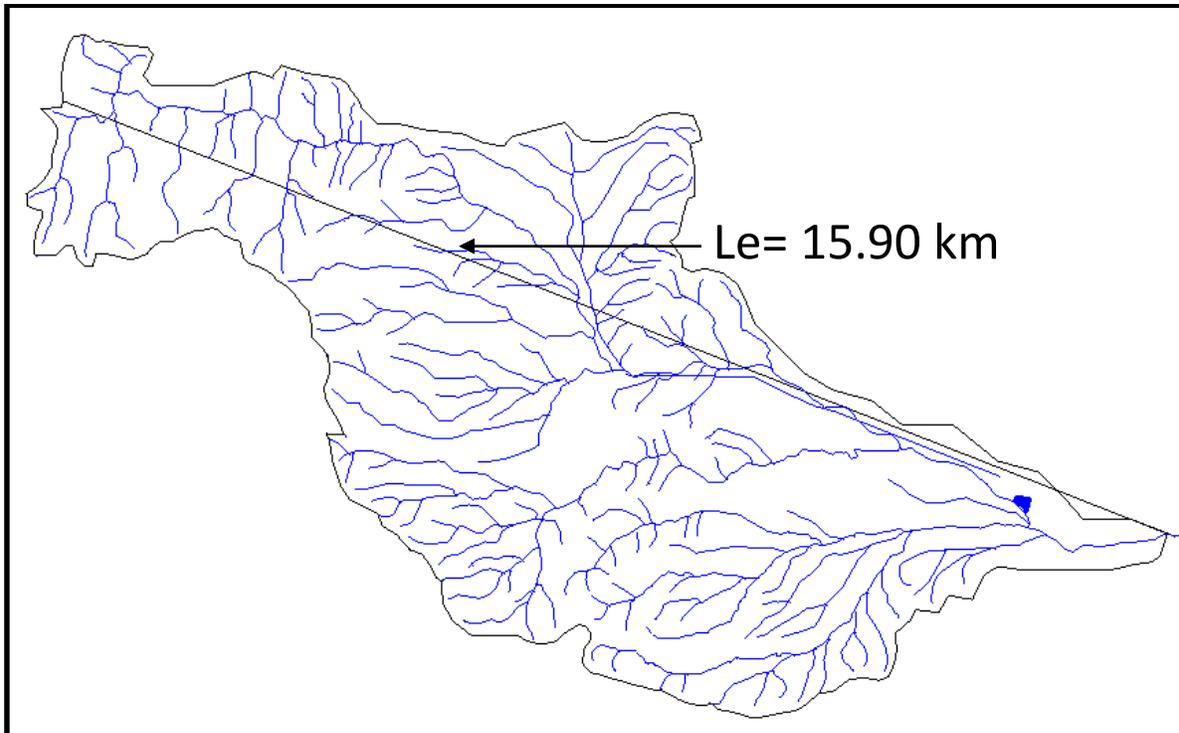
Es un parámetro que compara la cuenca con el círculo

$$\text{Formula: } Re = 1.128 * \sqrt{A} / Le$$

Re= Relación de elongación

A= Área de la cuenca

Le= Dimensión más grande desde la salida hasta la divisoria de línea recta y paralela al cauce principal



- Fig.6.2 Le. Dimensión más grande desde la salida hasta la divisoria. Elaboración propia 2014

$$Le = 15,590.75 \text{ m } \text{ ó } 15.590 \text{ km}$$

$$Re = 1.128 \sqrt{56.64 \text{ km}^2} / 15.590 \text{ km}$$

$$Re = 0.544$$

De acuerdo a lo anterior y sabiendo que la geomorfología de la cuenca refiere que:

$Re < 0.8$ = Cuenca Alargada

$Re > 0.8$ = Cuenca Concentrada

Esto quiere decir que con el dato obtenido de **Re= 0.544** la cuenca esta considera **como alargada**

1.3. Curva hipsométrica

La curva hipsométrica, es una curva de elevaciones de la cuenca. La topografía o relieve de una cuenca puede tener más influencia sobre su respuesta hidrológica que la forma de la misma, la curva hipsométrica es el gráfico de las elevaciones del

terreno contra la superficie del mismo y nos ayuda a clasificar las cuencas de la siguiente manera:

6. TIPO A Cuenca geológicamente nueva (meseta)
7. TIPO B cuenca geológicamente madura (pie de montaña)
8. TIPO C cuenca geológicamente erosionada (valle).

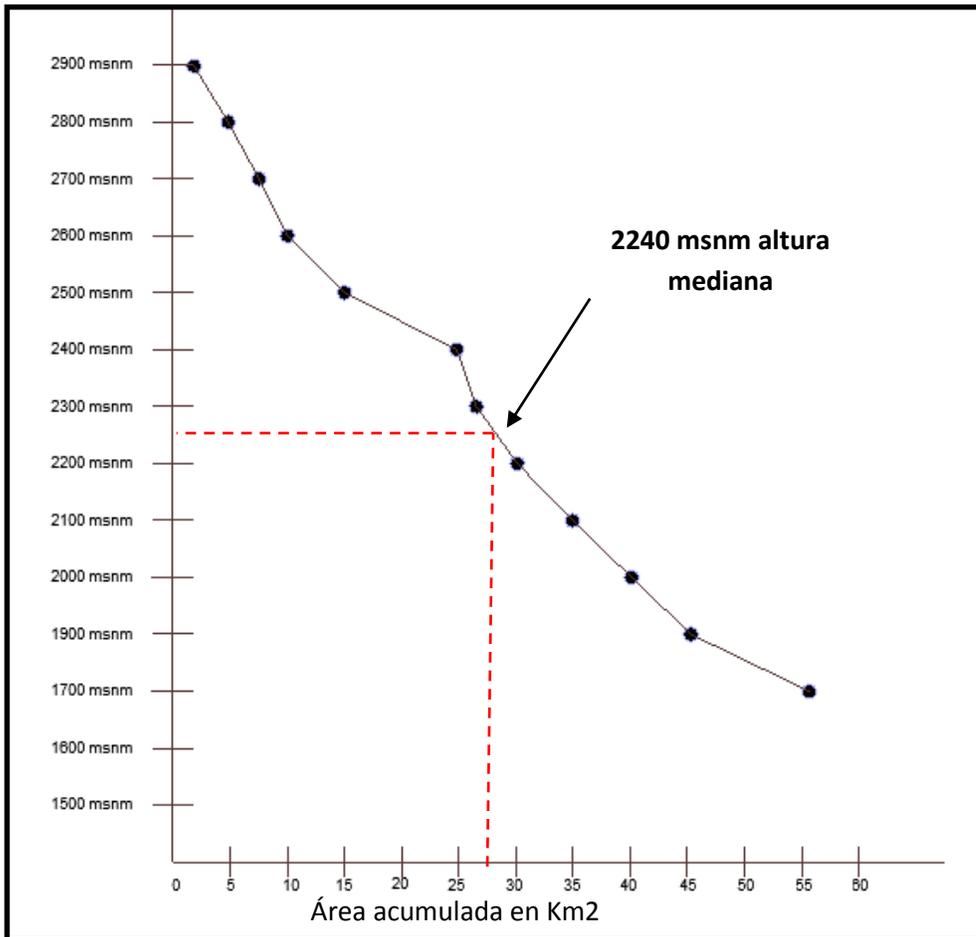
Tabla de elevaciones y relación de km2 sobre la cuenca

Elevación (msnm)	Área km2	Área Acumulada km2
2900-2800	1.932	1.932
2800-2700	2.42	4.35
2700-2600	2.90	7.25
2600-2500	2.38	9.63
2500-2400	5.11	14.74
2400-2300	10.16	24.90
2300-2200	1.64	26.54
2200-2100	3.68	30.23
2100-2000	4.22	34.45
2000-1900	4.96	39.41
1900-1700	5.18	44.59
1700-1600	11.85	56.53

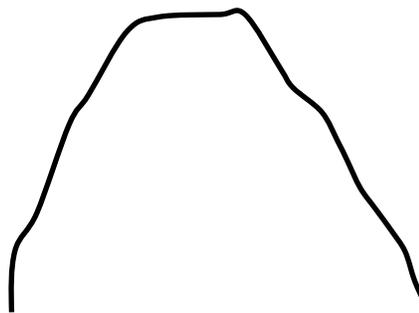
- Tab. 6.2 Elevaciones de la cuenca y áreas correspondientes. Elaboración propia del autor 2014

De acuerdo a los datos anteriores mencionados se realizó también una gráfica en la cual se mostrara la relación de áreas con la altitud que se maneja en la cuenca de estudio, ésto con el fin de definir matemáticamente la pendiente que tiene esa cuenca y a partir de este dato obtener la altitud media, mediana con el fin de conocer los tiempos que tarda el agua precipitada en concentrarse en la salida de ésta y además saber cuánta es la cantidad evaporada, filtrada, y el escurrida de acuerdo a este dato geomorfológico.

Gráfica



- Gráfica. 6.1 Curva hipsométrica y altura mediana de acuerdo a valores obtenidos. Elaboración propia del autor 2014
La cuenca esta considera como TIPO A = Geológicamente nueva o cerro nuevo



- **Altura mediana**

$$56.53 / 2 = 28.26$$

Altura mediana es 2240 msnm como se muestra en la gráfica anterior.

- **Elevación media**

5500.5
6655
7685
6069
12495
23876
3690
7912
8651
9672
9324
19522
121,018.5

- Elevación + elevación (Área) / 2

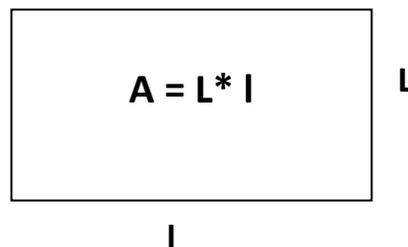
121,018.5 / 56.53 = 2140 msnm

De acuerdo a los datos aquí mostrados se concluye que la elevación media de la cuenca es de 2140 msnm

- Tab. 6.3 Elevación media de la cuenca. Elaboración propia del autor 2014

1.4. Rectángulo equivalente

Resulta muy útil cuando hacemos comparaciones entre cuencas, este procedimiento lo propuso M.N. Roche y supone que el escurrimiento y todos los elementos que en él influyen como pendiente, precipitación, etc, se comporten de manera similar a un rectángulo con características idénticas a las de la cuenca.



De acuerdo a los datos anteriores obtendremos un rectángulo con las mismas características que tiene la cuenca, las medidas de los lados del rectángulo son las siguientes.

$$L = Cc \sqrt{A / 1.128 [1 + \sqrt{1 - (1.128/Cc)^2}]}$$

$$L = 1.6625 \sqrt{56.53 / 1.128 [1 + \sqrt{1 - (1.128/1.6625)^2}]}$$

$$L = 11.08 [1 + \sqrt{0.539}]$$

$$L = 11.08 [1.73]$$

$$\underline{\underline{L = 19.21 \text{ km}}}$$

$$l = Cc \sqrt{A / 1.128 [1 - \sqrt{1 - (1.128/Cc)^2}]}$$

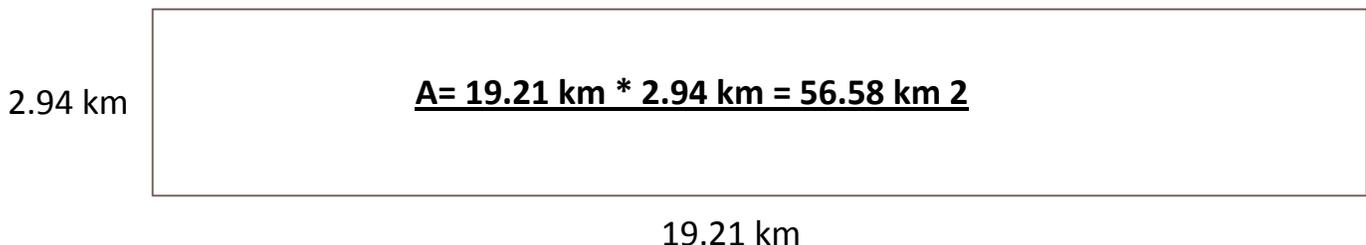
$$l = 11.08 [1 - \sqrt{1 - (1.128/1.6625)^2}]$$

$$l = 11.08 [1 - 0.539]$$

$$\underline{\underline{l = 2.94 \text{ km}}}$$

El rectángulo tiene las siguientes características

Comprobación a escala



Con el rectángulo equivalente que obtuvimos con anterioridad nos será mucho más fácil hacer comparación de esta cuenca con otras, ésto debido a que se hará una

extrapolación de cantidades, áreas y volúmenes a regiones paralelas a nuestra cuenca de estudio para obtener un proyecto más definido y concreto en cuanto a la recolección del agua pluvial que pudiéramos capturar para hacer uso de esta en uso público- doméstico de los matehualenses.

Características similares a las de la cuenca Real de catorce / Matehuala.

Curvas de nivel y elevaciones

Tabla

Área Acum km2	Posición km
2900-2800 (1.932 / 2.94)	0.657
2800-2700 (4.35/2.94)	1.47
2700-2600 (7.25/ 2.94)	2.46
2600-2500 (9.63(2.94)	3.27
2500-2400 (14.74 / 2.94)	5.01
2400-2300 (24.90 /2.94)	8.46
2300-2200 (26.54 / 2.94)	9.02
2200-2100 (30.23 / 2.94)	10.28
2100-2000 (34.45 / 2.94)	11.71
2000-1900 (39.41/ 2.94)	13.40
1900-1700 (44.59 / 2.94)	15.16
1700-1600 (56.53 / 2.94)	19.22

• Tab. 6.4 Curvas de nivel y elevaciones. Elaboración propia del autor 2014

Gráfica



Es así que de acuerdo a la hidrología el rectángulo equivalente sirve para condensar los datos y compararlos de manera más simple contra otras cuencas.

1.5. Pendiente de la cuenca

Es un aspecto de suma importancia ya que tiene relación directa con la filtración, humedad en el suelo y sobre todo con la velocidad del escurrimiento.

Fórmula: $Sc = D * L / A$

Sc= Pendiente cuenca

D= intervalo entre curvas de nivel

L= Longitud curvas nivel

A= Área de cuenca

De acuerdo a la medida realizada en la computadora se obtuvo que :

L= 60.60 km

D= Suma de intervalos / total de ellos = 108.33 m = 0.180 km

A= 56.53 km²

Sc= D*L/A

Sc= 0.180 * 60.60 /56.53 =

Sc= 0.192 * 100 % =

Sc = 19.2 %

La pendiente de acuerdo a los datos anteriores arroja que tiene **19.2 % de inclinación**

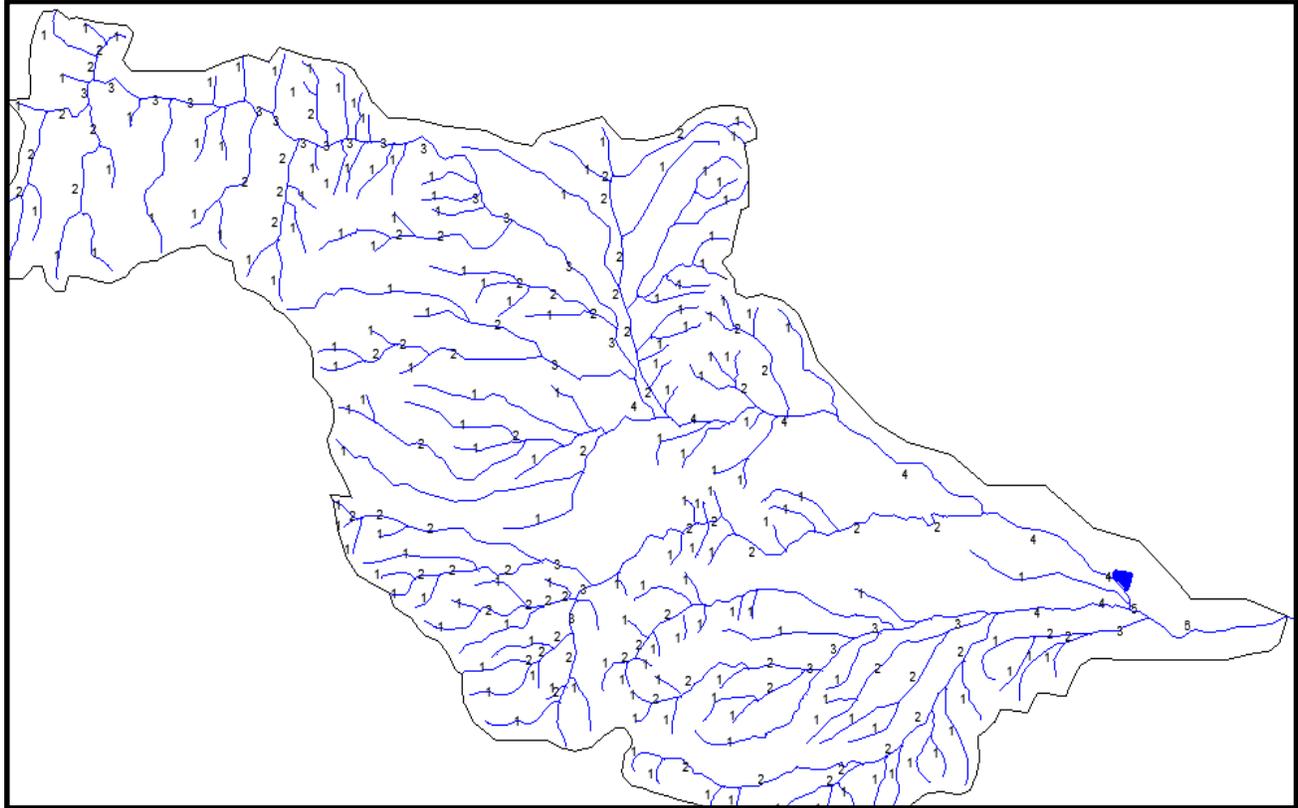
1.6. Red de drenaje

En el sistema de cauces por el que escurren los flujos superficiales de manera temporal o permanente, de acuerdo a estos se clasifican en:

- a) **Perennes:** siempre llevan agua, un arroyo perenne lleva agua todo el año.
- b) **Intermitentes:** solo llevan agua en ciertas temporadas, semanas o meses.
- c) **Efímeras:** solo llevan agua mientras llueve y minutos u horas después.

El sistema de cauce está considerado efímero, esto quiere decir que solo lleva agua mientras llueve y minutos después u horas después.

Orden de corriente



• Fig.6.3 Mapa de corriente y orden corriente que influye en la cuenca. Elaboración propia del autor 2014

El arroyo está considerado como de orden # 6 esto debido a que el cauce principal es el de mayo orden.

$$\text{Fórmula: } Dd = Lc / A$$

Dd= densidad de drenaje

Lc= longitud de cauces = 262.453 km

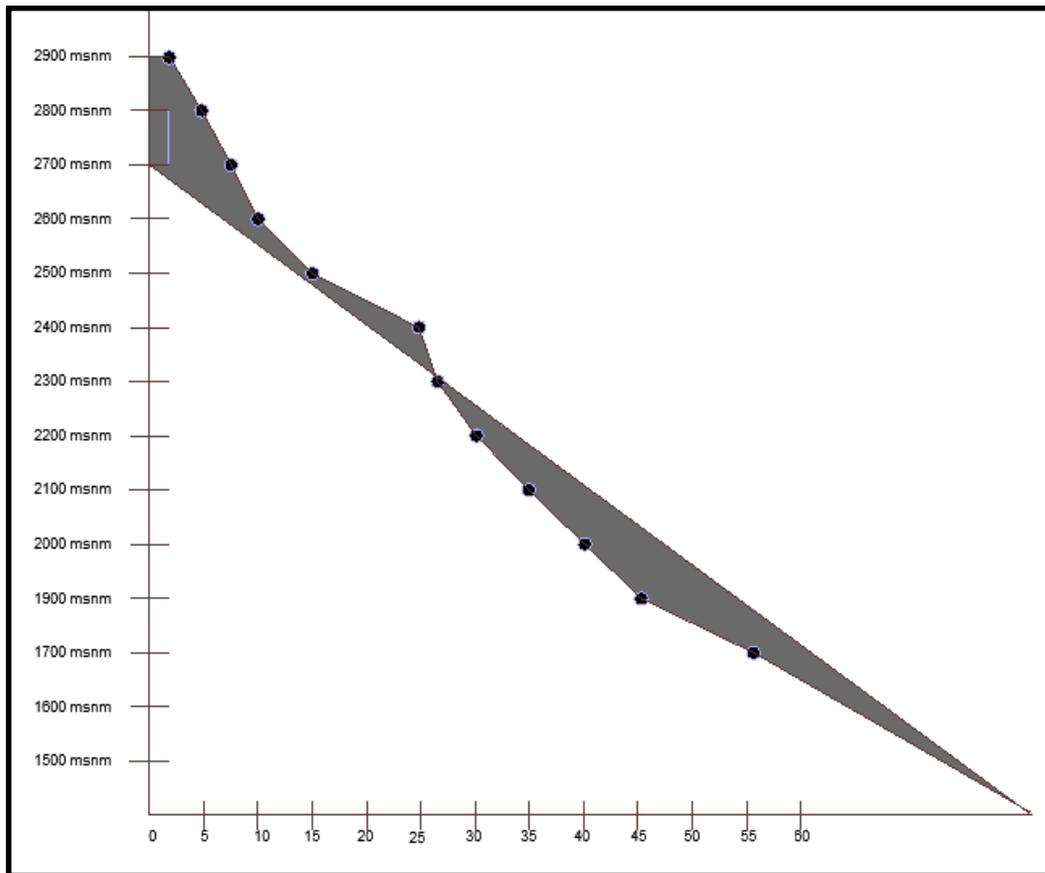
A= Área cuenca = 56.53 km²

$$Dd = 262.453 \text{ km} / 56.53 \text{ km}^2 = 4.64 \text{ km}$$

Esto quiere decir que de acuerdo a los datos de la geomorfología de la cuenca si la cantidad es mayor a 1.5 la densidad es alta si es menor a 1.5 es baja.

Entonces la densidad de la red de drenaje esta considera como ALTA (4.64 km)

1.7. Pendiente del cauce principal



• Gráfica. 6.2 Pendiente del cauce principal. Elaboración propia del autor 2014

Existen 2 criterios, el de los puntos extremos y el de la compensación de área clasificándose de acuerdo al resultado de la siguiente manera:

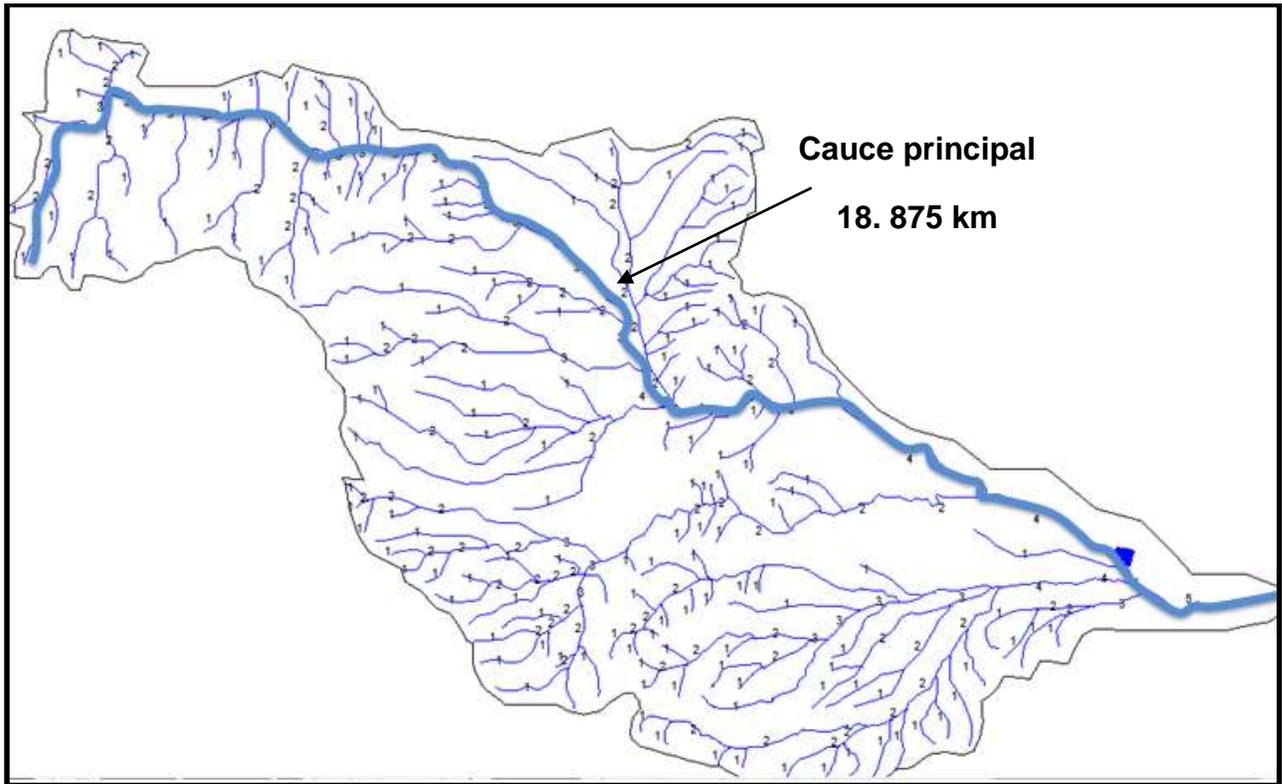
Pendiente %	Tipo de terreno
<2%	llano
<5%	Suave
<15%	accidentado
<25%	Fuertemente accidentado
<50%	Escarpado
>50%	Muy escarpado

• Tab. 6.5 Criterios de clasificación de las áreas de acuerdo a porcentaje de pendiente. Fuente Ing. Arturo González Ortiz

$$S = \text{Alt mayor} - \text{Alt menor} / \text{longitud de cauce} = 2900 - 1600 / 18,875 \text{ m} = 0.289$$

$S = 0.289 * 100 \% = 28.9 \%$, de acuerdo a esto la pendiente del cauce principal esta considera como ESCARPADO.

Cauce principal



• Fig. 6.4 Cauce principal de la cuenca. Elaboración propia del autor 2014

1.8. Tiempo de concentración del agua

Es el tiempo de concentración para que se produzca el máximo caudal en el punto de interés, es decir el tiempo requerido para que la gota más lejana dentro de la cuenca llegue a ese punto.

a) Kirpich

$$T_c = 0.39 (L^2/S) 0.385$$

$$T_c = 0.39 (18.87^2 / 28.9 \%) 0.385 = 1.02 * 60 \text{ min}$$

$$T_c = 61.53 \text{ min}$$

b) CALIFORNIANA

$$T_c = [0.8708 (18.87) / 13] 0.385 =$$

$$T_c = [1.26] 0.385 = 1.09 * 60 \text{ min}$$

Tc = 65 min

c) De Rizha

$T_c = L / V_c$ donde $V_c = 72 (H / L)^{0.60}$

$V_c = 72 (1.3 / 18.87)^{0.60} = 14.46 \text{ km / h}$

$V_c = \text{Velocidad de concentración del agua} = 14.46 \text{ km / h}$

De acuerdo a esto:

$T_c = L / V_c = 18.87 \text{ km} / 14.46 \text{ Km / h} = 1.30 \text{ Hr} * 60 \text{ min}$

Tc = 78 min

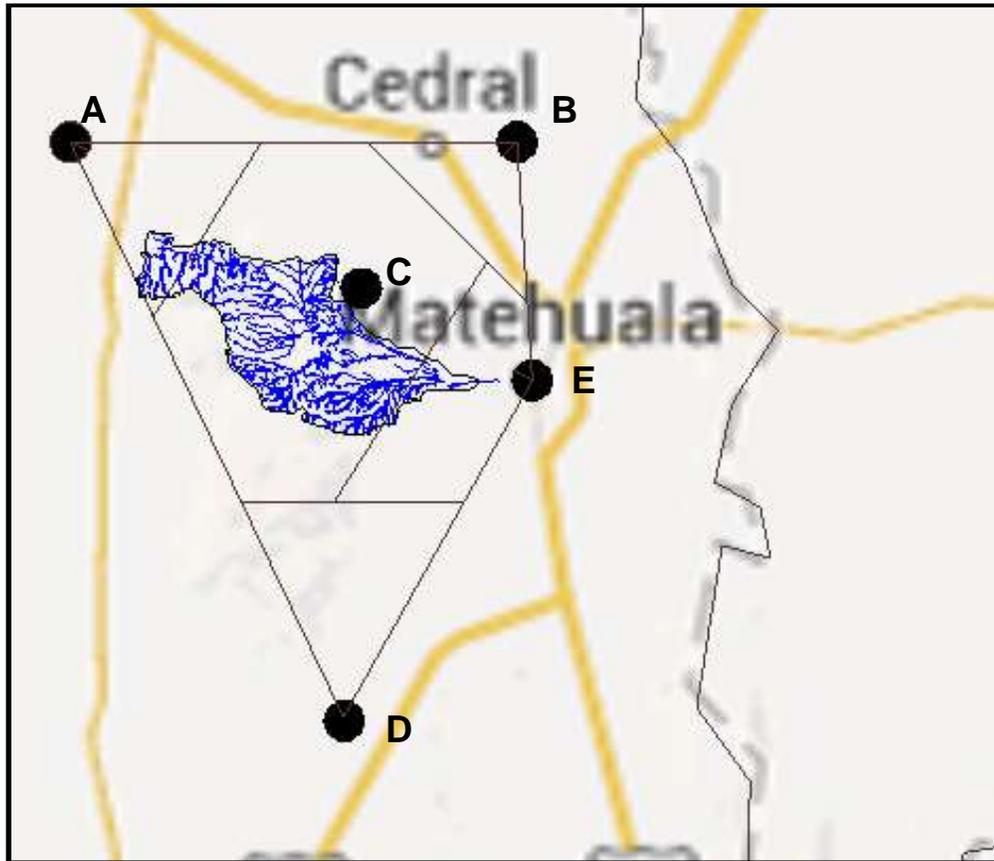
Con todo esto y de acuerdo a la geomorfología de la Cuenca se obtiene que en Matehuala se cuenta con una importante cuenca de agua, con estos datos se comprueba que la pendiente y la cantidad de agua que ahí precipita son un factor muy importante en el desarrollo y en los problemas que actualmente enfrenta la ciudad debido a estos grandes volúmenes de agua que precipitan en esa área del poniente de Matehuala.

Es así como de acuerdo a esta información crearemos un sistema de captación pluvial y un sistema de almacenamiento para distribuirla en el ramo doméstico y ofrecer una oportunidad de desarrollo económico y social al municipio de Matehuala y a la vez solucionar el problema que la ciudad enfrenta debido a los grandes chubascos que con mayor constancia han caído en aquella región.

2. Precipitación media anual de la cuenca

Este tema se refiere específicamente al estudio de la precipitación media anual en la cuenca de acuerdo a un promedio por medio del método de “polígonos de Thiessen” que refiere a que se colocan en un mapa las estaciones pluviométricas y el área de cuenca en análisis, se trazan triángulos con las estaciones más próximas y se trazan mediatrices a cada lado, tomando un polígono para cada estación.

Estaciones pluviométricas y polígonos de Thiessen



• Fig. 6.5 Estaciones pluviométricas influyentes en la cuenca y polígonos de Thiessen. Elaboración propia del autor 2014

Fórmula para obtener precipitación media de la cuenca:

$$P_m = \frac{\sum (A_i \cdot P_i)}{A}$$

P_m = Precipitación media

A_i = área del polígono

P_i = precipitación en mm de estación

A = Área total de cuenca

Estación	P_i (mm)	A Correspondiente (Km ²)
A	Vanegas – 289.6	4.48
B	Cedral – 415.8	0
C	Villa de la Paz – 440	48.91

D	Vill. Gpe – 495	0
E	Matehuala – 450	3.30

- Tab.6.6 Estaciones pluviométricas influyentes en la cuenca . Información de INEGI. Elaboración propia del autor 2014

Con los datos anteriores y la formula correspondiente se resuelve que:

$$A = 56.64 \text{ km}^2$$

<p>Precipitación de estación x Área correspondiente</p> <p>A = 1 297.40 mm / km²</p> <p>B = 0</p> <p>C = 21 520.4 mm / Km²</p> <p>D = 0</p> <p>E = 1 489.05mm / Km²</p> <hr style="width: 20%; margin-left: 0;"/> <p>24 306.85 mm / Km²</p>	<p>Fórmula aplicada</p> $P_m = \sum (A_j \cdot P_i) / A$ $P_m = \frac{24\ 306.85 \text{ mm / Km}^2}{56.64 \text{ Km}^2}$ <p>Pm = 429. 14 mm</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

De tal manera es como se obtuvo que la precipitación media para la cuenca de Matehuala / Real de catorce que es nuestra unidad de análisis es de 429.14 mm anuales, con esto obtenemos un panorama más amplio y deducimos las razones por las que Matehuala se inunda cuando llueve en la región.

Por otro lado este dato compara con la precipitación media que marca la ciudad de Matehuala como dato oficial para estudiar y se encuentra con este resultado que la precipitación en la ciudad no es la misma que la de la cuenca.

2.1. Periodo de retorno

Éste es el lapso promedio entre la concurrencia de un evento igual o mayor al de una magnitud dada, es el inverso de la probabilidad.

Este periodo se obtuvo de analizar las precipitaciones media anuales desde el año de 1970 hasta el 2010, tomando en cuenta 40 años para ser más exactos en el registro histórico que marcan las teorías hidrológicas en cuanto al llamado periodo

retorno en el cual las lluvias sucederán nuevamente en la ciudad de Matehuala, San Luis Potosí.

Orden, precipitación y periodo de retorno en años

Orden	Precipitación (mm)	Tr (Años)
1	891	$41 / 1 = 41$
2	753.1	$41 / 2 = 20.5$
3	698.3	$41 / 3 = 13.6$
4	695.2	$41 / 4 = 10.25$
5	91	$41 / 5 = 8.2$
6	677.6	$41 / 6 = 6.83$
7	677.3	$41 / 7 = 5.85$
8	648.7	$41 / 8 = 5.125$
9	624.8	$41 / 9 = 4.555$
10	625.5	$41 / 10 = 5.1$
11	593.9	$41 / 11 = 3.7272$
12	586.2	$41 / 12 = 3.416$
13	573.5	$41 / 13 = 3.1538$
14	571.1	$41 / 14 = 2.9285$
15	568	$41 / 15 = 2.7333$
16	559.1	$41 / 16 = 2.5625$
17	557.2	$41 / 17 = 2.4117$
18	551.3	$41 / 18 = 2.2777$
19	549.3	$41 / 19 = 2.1578$
20	543.8	$41 / 20 = 2.05$
21	533.5	$41 / 21 = 1.9523$
22	532.6	$41 / 22 = 1.8636$
23	526	$41 / 23 = 1.7826$
24	519.1	$41 / 24 = 1.7083$
25	503.6	$41 / 25 = 1.64$
26	474.6	$41 / 26 = 1.5769$
27	471	$41 / 27 = 1.5185$
28	445.2	$41 / 28 = 1.4642$

29	441.9	41 / 29= 1.4137
30	431.7	41 / 30= 1.3666
31	417	41 / 31=1.3125
32	406.9	41 / 32=1.2812
33	372	41 / 33= 1.2424
34	369	41 / 34= 1.2058
35	368.5	41 / 35= 1.1714
36	347.6	41 / 36= 1.1388
37	334.8	41 / 37= 1.1081
38	313.2	41 / 38= 1.0789
39	310.3	41 / 39= 1.0512
40	306.6	41 / 40=1.025
41	252	41 / 41= 1

• Tab. 6.7 Periodo de retorno de la lluvia en Matehuala. Elaboración propia del autor 2014

De acuerdo a los datos anteriormente citados con información del centro meteorológico de CONAGUA, se organizaron los eventos de precipitación del más alto al más bajo del periodo 1970 al 2010, con esto se registró el periodo de retorno con el que la lluvia más alta volverá a estar presente en la región de Matehuala previniendo con estos datos los posibles diseños que se construyan al finalizar este proyecto.

- **Tr > o = a 891.8 mm será en 41 años**
- **Tr > o = a 650.0 mm será en 5.85 años**
- **Tr > o = a 450.0 mm será en 1.51 años**

Tr > o = a 891.8 mm = 1 / 41 = 0.024 x 100 % = 2.4 % de probabilidades al año que vuelva a caer esta cantidad de lluvia. (Muy baja probabilidad)

Tr > o = a 650 mm = 7 / 41 = 0.17 x 100 % = 17 % de probabilidades al año que vuelva a caer esta cantidad de lluvia. (Baja probabilidad)

Tr > o = a 450 mm = 27 / 41 = 0.65 x 100 % = 65.85 % de probabilidades al año que vuelva a caer esta cantidad de lluvia.

2.2. Serie de Máximos Anuales

	Y		X	X2	XY
Orden	Precipitacion (mm) SMA	Tr (Años)	Log * Tr	(Log*Tr)2	P*Log*Tr
1	72.8	31	1.4913617	2.2241597	108.57113
2	63	15.5	1.1903317	1.4168896	74.990897
3	62.5	10.3333333	1.0142404	1.0286837	63.390027
4	59	7.75	0.8893017	0.7906575	52.4688
5	56	6.2	0.7923917	0.6278846	44.373935
6	56	5.16666667	0.7132104	0.5086691	39.939785
7	51	4.42857143	0.6462637	0.4176567	32.959446
8	50	3.875	0.5882717	0.3460636	29.413585
9	48	3.44444444	0.5371192	0.288497	25.781721
10	46.5	3.1	0.4913617	0.2414363	22.848319
11	46	2.81818182	0.449969	0.2024721	20.698574
12	46	2.58333333	0.4121804	0.1698927	18.960301
13	42	2.38461538	0.3774183	0.1424446	15.85157
14	41.5	2.21428571	0.3452337	0.1191863	14.327197
15	41.5	2.06666667	0.3152704	0.0993954	13.083723
16	41.5	1.9375	0.2872417	0.0825078	11.920531
17	35	1.82352941	0.2609128	0.0680755	9.131947
18	34.5	1.72222222	0.2360892	0.0557381	8.145077
19	34.5	1.63157895	0.2126081	0.0452022	7.3349792
20	32	1.55	0.1903317	0.0362262	6.0906143
21	31	1.47619048	0.1691424	0.0286092	5.2434144
22	29	1.40909091	0.148939	0.0221628	4.3192314
23	29	1.34782609	0.1296339	0.0168049	3.7593819
24	27	1.29166667	0.1111505	0.0123544	3.0010622
25	26	1.24	0.0934217	0.0087276	2.4289638
26	24.5	1.19230769	0.0763883	0.0058352	1.8715145
27	23	1.14814815	0.0599979	0.0035998	1.3799524
28	21	1.10714286	0.0442037	0.001954	0.9282769
29	17	1.06896552	0.0289637	0.0008389	0.4923828
30	13	1.03333333	0.0142404	0.0002028	0.1851257
31	12	1	0	0	0
	1211.8		12.317191	9.0130482	643.89147

• Tab. 6.8 Serie de Máximo anuales. Elaboración propia del autor 2014

Valores que serán utilizados para encontrar las precipitaciones en ciertos periodos de retornos

$$X = 12.31$$

$$X2 = 9.01$$

$$xy = 643.89$$

Fórmulas y valores para encontrar las precipitaciones en tiempo de retornos de 2, 5, 10, 25 y 50 años

$$X = 12.31 / 31 = \mathbf{0.39}$$

$$Y = 1211.8 / 31 = \mathbf{39.09}$$

$$SX^2 = 9.01 / 31 - (0.39)^2 = \mathbf{0.138}$$

$$Sxy = 643.89 / 31 - (0.39)(39.09) = \mathbf{5.52}$$

$$M = 5.52 / 0.138 = \mathbf{40}$$

$$B = 39.09 - 40(0.39) = \mathbf{23.49}$$

$$Y = 40 + 23.49$$

$$\mathbf{P = 40 \log Tr + 23.49}$$

De acuerdo con la fórmula anterior sustituiremos los periodos de retorno (Tr) en dicha fórmula para encontrar las precipitaciones máximas en estos periodos y estar diseñando las propuesta con base en cierta información.

Precipitaciones en 2, 5, 10, 25 y 50 años

$P=(40 \log 2 \text{ años})+23.49$	35.53 mm
$P=(40 \log 5 \text{ años})+23.49$	51.44 mm
$P=(40 \log 10 \text{ años})+23.49$	63.49 mm
$P=(40 \log 25 \text{ años})+23.49$	79.40 mm
$P=(40 \log 50 \text{ años})+23.49$	91.44 mm

• Tab. 6.9 Precipitaciones en Matehuala. Elaboración propia 2014

De acuerdo a los datos anteriormente señalados se puede saber cuáles serán las lluvias en los años expuestos para prever las máximas cantidades.

2.3. Precipitaciones verdaderas

Por otro lado, L.L. Weis afirma que para obtener las lluvias verdaderas debe incrementarse el valor encontrado en 13 % a través del ajuste de mínimos cuadrados para encontrar las lluvias máximas en 24 horas.

Tr (Años)	Precip. (mm)	Precip. Verdadera
2	35.23 x 1.13	39.80 mm
5	51.44 x 1.13	58.12 mm
10	63.49 x 1.13	71.74 mm
25	79.40 x 1.13	89.72 mm
50	91.44 x 1.13	103.32 mm

• Tab.6.10 Precipitaciones verdaderas. Elaboración propia del autor 2014

De acuerdo a L.L. Weis y con los datos que he obtenido con ayuda del M. en Ing. Arturo González Ortiz se ha encontrado que las precipitaciones verdaderas máximas en 24 hrs son las que se muestran en la tabla anterior, esto con relación a los años que se muestran en la misma tabla.

2.4. Obtención de las curvas [P*D*Tr] y [I*D*Tr] y Fórmula de Bell

El procesamiento estadístico de lluvias máximas diarias y obtención de curvas para intensidad, duración y periodo de retorno (I*D*Tr) y precipitación, duración y periodo de retorno (P*D*Tr).

En las siguientes tablas se hace la elaboración de las curvas por medio de la Serie de Máximo Anuales, esto de acuerdo a que utilizamos más de 10 años para encontrar valores más cercanos a nuestro punto de conflicto y tener un registro histórico de las lluvias máximas en el periodo mencionado.

La obtención de las curvas servirá para hacer una comparación en ciertos periodos de retorno en las lluvias máximas que éstos tendrían según los valores proporcionados por el centro meteorológico de CONAGUA, encargado de medir las lluvias diarias, mensuales y anuales de aquella región.

Tablas de valores para la obtención de las curvas (P * D * Tr) e (I * D * Tr)

Ptr2= [0.35 Ln(Tr)+0.76](0.54T) ^{0.25.0.50} (P2) ⁶⁰							Ln2		
0.35	0.69314718	0.76	1.002601513	0.54	1.49535	0.5	0.30749	23.88	7.3619
0.35	1.60943791	0.76	1.323303269	0.54	1.49535	0.5	0.30749	23.88	9.7168
0.35	2.30258509	0.76	1.565904783	0.54	1.49535	0.5	0.30749	23.88	11.438
0.35	3.21887582	0.76	1.886606539	0.54	1.49535	0.5	0.30749	23.88	13.853
0.35	3.91202301	0.76	2.129208052	0.54	1.49535	0.5	0.30749	23.88	15.634
0.35	0.69314718	0.76	1.002601513	0.54	1.77828	0.5	0.46027	23.88	11.0199
0.35	1.60943791	0.76	1.323303269	0.54	1.77828	0.5	0.46027	23.88	14.5448
0.35	2.30258509	0.76	1.565904783	0.54	1.77828	0.5	0.46027	23.88	17.2110
0.35	3.21887582	0.76	1.886606539	0.54	1.77828	0.5	0.46027	23.88	20.7362
0.35	3.91202301	0.76	2.129208052	0.54	1.77828	0.5	0.46027	23.88	23.4027
0.35	0.69314718	0.76	1.002601513	0.54	2.11474	0.5	0.64196	23.88	15.3639
0.35	1.60943791	0.76	1.323303269	0.54	2.11474	0.5	0.64196	23.88	20.2863
0.35	2.30258509	0.76	1.565904783	0.54	2.11474	0.5	0.64196	23.88	24.0054
0.35	3.21887582	0.76	1.886606539	0.54	2.11474	0.5	0.64196	23.88	28.9217
0.35	3.91202301	0.76	2.129208052	0.54	2.11474	0.5	0.64196	23.88	32.6408
0.35	0.69314718	0.76	1.002601513	0.54	2.34035	0.5	0.76379	23.88	18.2867
0.35	1.60943791	0.76	1.323303269	0.54	2.34035	0.5	0.76379	23.88	24.1361
0.35	2.30258509	0.76	1.565904783	0.54	2.34035	0.5	0.76379	23.88	28.5609
0.35	3.21887582	0.76	1.886606539	0.54	2.34035	0.5	0.76379	23.88	34.4103
0.35	3.91202301	0.76	2.129208052	0.54	2.34035	0.5	0.76379	23.88	38.8352
0.35	0.69314718	0.76	1.002601513	0.54	2.78316	0.5	1.00291	23.88	24.0117
0.35	1.60943791	0.76	1.323303269	0.54	2.78316	0.5	1.00291	23.88	31.6923
0.35	2.30258509	0.76	1.565904783	0.54	2.78316	0.5	1.00291	23.88	37.5024
0.35	3.21887582	0.76	1.886606539	0.54	2.78316	0.5	1.00291	23.88	45.183
0.35	3.91202301	0.76	2.129208052	0.54	2.78316	0.5	1.00291	23.88	50.9932
0.35	0.69314718	0.76	1.002601513	0.54	3.30975	0.5	1.28727	23.88	30.8199
0.35	1.60943791	0.76	1.323303269	0.54	3.30975	0.5	1.28727	23.88	40.6782
0.35	2.30258509	0.76	1.565904783	0.54	3.30975	0.5	1.28727	23.88	48.1358
0.35	3.21887582	0.76	1.886606539	0.54	3.30975	0.5	1.28727	23.88	57.9941
0.35	3.91202301	0.76	2.129208052	0.54	3.30975	0.5	1.28727	23.88	65.4516
0.35	0.69314718	0.76	1.002601513	0.54	6.16014	0.5	2.82648	23.88	67.6718
0.35	1.60943791	0.76	1.323303269	0.54	6.16014	0.5	2.82648	23.88	89.318
0.35	2.30258509	0.76	1.565904783	0.54	6.16014	0.5	2.82648	23.88	105.693
0.35	3.21887582	0.76	1.886606539	0.54	6.16014	0.5	2.82648	23.88	127.339
0.35	3.91202301	0.76	2.129208052	0.54	6.16014	0.5	2.82648	23.88	143.714

• Tab.6.11 Datos numéricos para curvas. Elaboración propia del autor 2014

De acuerdo a estos valores obtenido por una serie de fórmulas matemáticas en las cuales se aplicaron los valores de lluvia registrados máximos anuales e

interpolándolos por una serie de tiempos de 5, 10, 20, 30, 60, 120 y 1440 minutos, con el fin de conocer las precipitaciones en eventos constantes de la lluvia en aquel municipio.

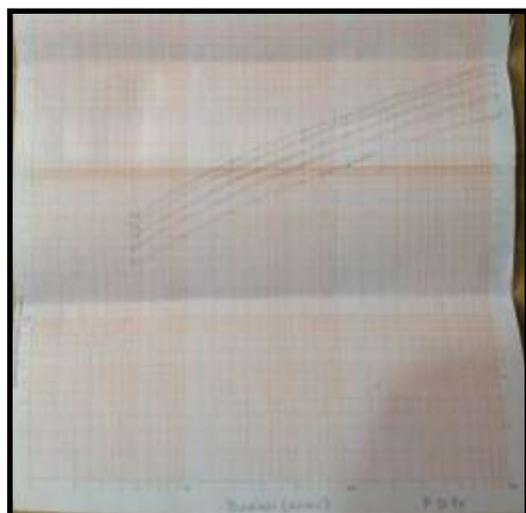
Gráficas de valores obtenidos con base en datos anteriores

P-D-Tr							
Tr	Duracion (T)						
	5	10	20	30	60	120	1440
2	7.36	11.01	15.36	18.28	24.01	30.81	67.67
5	9.71	14.54	20.28	24.13	31.69	40.67	89.31
10	11.49	17.21	24	28.56	37.5	48.13	105.69
25	13.85	20.73	28.92	34.41	45.18	57.99	127.33
50	15.63	23.4	32.64	38.83	50.99	65.45	143.71

I-D-Tr							
Tr	Duracion (T)						
	5	10	20	30	60	120	1440
2	88.32	66.06	45.96	36.56	24.01	15.4	2.81
5	116.52	87.24	60.84	48.26	31.69	20.33	3.72
10	137.88	103.26	72	57.12	37.5	24.06	4.4
25	166.2	124.38	86.76	68.82	45.18	28.99	5.3
50	187.56	140.4	97.92	77.66	50.99	32.72	5.98

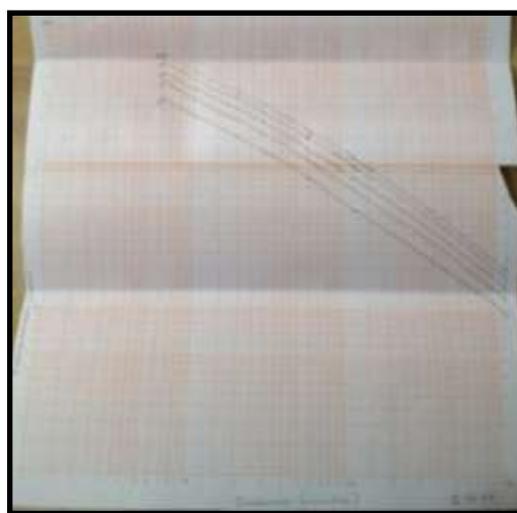
• Tab.6.12 Resultados de curvas. P-D-TR y I-D-TR. Elaboración propia del autor 2014

Curvas obtenidas de acuerdo a datos anteriores



• Fig. 6.6 Fotografía resultado de curvas. Elaboración propia del autor 2014

P * D * Tr



• Fig. 6.7 Fotografía resultado de curvas. Elaboración propia del autor 2014

I * D * Tr

2.5. Estimación de gastos máximos por método racional

Este método es válido para cuencas rurales y urbanas, este factor y un coeficiente de suelo que presenta el efecto combinado de la infiltración, la evaporación y el encharcamiento o retención del agua sobre las superficies del terreno.

Formula $Q = C \cdot I \cdot A$

Q = gasto máximo generado en m³ / s

C = coeficiente del suelo

A = Área en m²

I = Intensidad de lluvia en m / s

Con esta fórmula y ayuda del M. en Ing. Arturo González, utilizando en este proceso el rectángulo equivalente se obtuvieron los siguientes operaciones para llegar al gasto máximo de la cuenca en el evento más alto de precipitación para prever los máximos volúmenes y diseñar los sistemas con base a estos resultados.

2.94 km

$$\underline{A = 19.21 \text{ km} \cdot 2.94 \text{ km} = 56.58 \text{ km}^2}$$

19.21 km

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

$$A = 56.58 \text{ km}^2 = 56\,580\,000 \text{ m}^2$$

$$Tr = 25 \text{ años}$$

$$C = 0.29$$

Tiempo de concentración del agua

Kirpich

$$T_c = 0.39 (L^2/S) 0.385$$

$$T_c = 0.39 (18.87^2 / 28.9 \%) 0.385 = 1.02 * 60 \text{ min}$$

$$T_c = 61.53 \text{ min}$$

$I = 44.50 \text{ mm}$, dato obtenido de las hojas logarítmica en las cuales se grafico las curvas

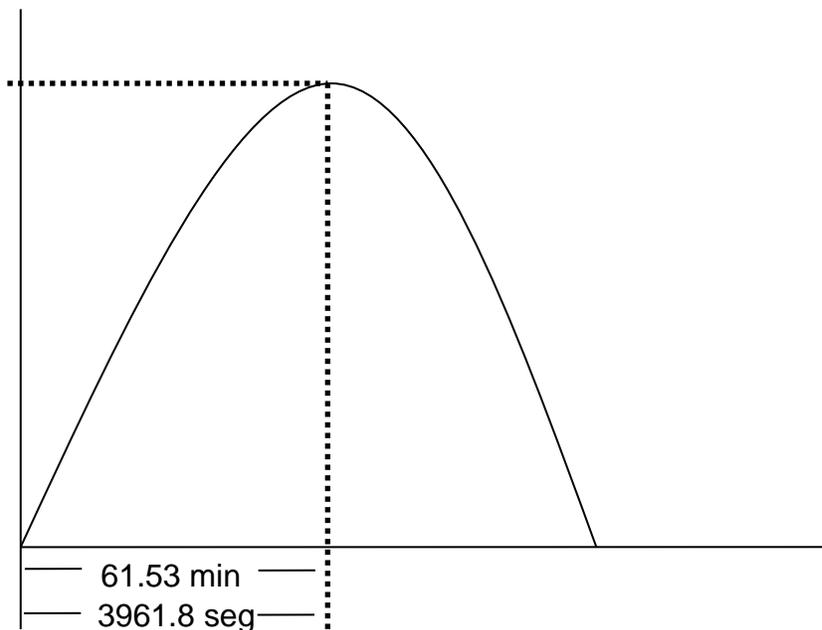
$$I = 44.50 \text{ mm} / h \times ha / 3600 \times lm / 1000 = 0.00001236$$

$$Q = (0.29) (0.00001236) (56\ 580\ 000)$$

$$Q = 202.80 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q = 202\ 800 \text{ l} / \text{s}$$

Al haber obtenido el gasto máximo para la cuenca Matehuala / Real de Catorce, previendo el evento más alto en cuanto al volumen precipitado en un periodo de retorno de 25 años se obtiene la siguiente grafica:



- Gráfica. 6.3 Gasto máximo en Matehuala de acuerdo al tiempo de concentración.
Elaboración propia del autor 2014

Al conocer que en un lapso de 61.53 min de acuerdo a la formula de Kirpich se sabe que en el evento máximo de precipitación pueden caer 244,765.08 l / s, así que será necesario tener un espacio de :

$$A = b * h / 2 = 2 * 3691.8 \text{ seg} * 202.80 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

A = 748, 697.04 m³ para poder almacenar el agua pluvial precipitada en una máxima tormenta en esta área y que la misma pueda ser utilizada en el ramo doméstico para el beneficio y desarrollo de la sociedad matehualense.

3. Regionalización

La regionalización es considerada en la hidrología como un concepto encargado de unificar regiones cercanas a una que ya haya sido analizada, esto significa que los datos de la cuenca que ya fue analizada en este proyecto de investigación pueden ser extrapolados a cuencas cercanas debido a que se considera que cuenta con semejantes características como precipitación, niveles de filtración de agua por la densidad del suelo, pendientes iguales etc.

Es por lo anterior y necesario para la construcción final de este proyecto generar una regionalización en la zona poniente de Matehuala, esto con el fin de encontrar más cuencas que pudieran ser aprovechadas de manera que el agua que precipita en ellas pueda ser también almacenada subir los niveles de almacenamiento que pudiéramos lograr y con ello abastecer a más personas en sus hogares.

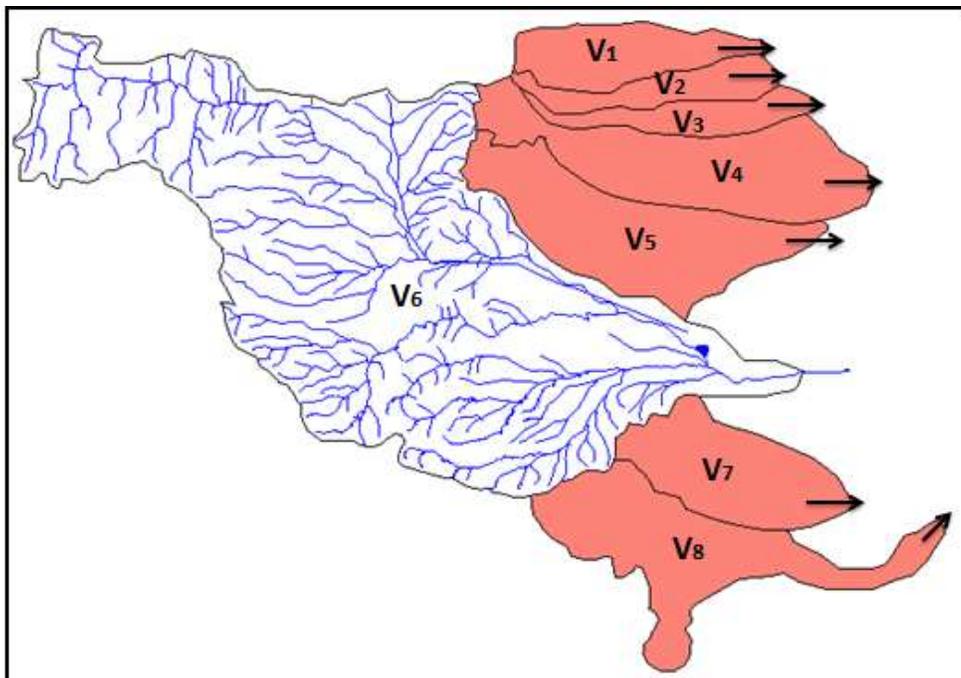
A continuación se muestra el planteamiento que fue necesario para llevar a cabo la regionalización, desde las áreas de las cuencas aledañas, así como una relación existente entre la cuenca ya estudiada que arrojó como dato final el posible almacenamiento de 748, 697.04 m³ de agua pluvial en una tormenta máxima, esto quiere que es lo máximo que podría juntarse de agua en un día en un evento máximo, y con base en este dato y por medio del método del coeficiente de escurrimiento para estimar volúmenes de agua escurridos anuales en nuestra cuenca analizar cual sería la cantidad de agua posible almacenar en todo el año de acuerdo a la precipitación media anual de la cuenca y la sumatoria de este resultado con el de las demás cuencas analizadas con el fin de obtener el resultado

más cercano a la realidad y por fin dar propuesta al plan de gestión integral de agua pluvial para uso domestico en Matehuala, S.L.P.

La imagen que se muestra a continuación deja ver la regionalización generada por el propio autor y avalado por el M. en Ing. Arturo González Ortiz.



• Fig. 6.8 Regionalización de cuencas en zona poniente de Matehuala. Elaboración propia del autor 2014



• Fig. 6.9 Regionalización de cuencas en zona poniente de Matehuala. Áreas. Elaboración propia del autor 2014

En las imágenes anteriores podemos observar la regionalización definida, encontrando ciertamente las cuencas aledañas y las que tomaremos en cuenta para este proyecto debido a que afectan nuestro resultado de final estos porque las bajas de agua de todas ellas se dirigen hacia la mancha urbana de Matehuala y el punto es que no suceda esto.

En la siguiente tabla observaremos las áreas de cada cuenca, así como el volumen de agua que pudiera almacenarse en un evento máximo (tormenta).

Área 1	4.19 km ²	Volumen de agua. V1	55, 444. 33 m ³
Área 2	2.69 km ²	Volumen de agua. V2	35, 595. 52 m ³
Área 3	2.61 km ²	Volumen de agua. V3	34, 536. 92 m ³
Área 4	9.69 km ²	Volumen de agua. V4	128, 269. 53 m ³
Área 5	9.78 km ²	Volumen de agua. V5	129, 414. 22 m ³
Área 6	56.58 km²	Volumen de agua. V6	748, 697. 04 m³
Área 7	6.49 km ²	Volumen de agua. V7	85, 879.17 m ³
Área 8	9.69 km ²	Volumen de agua. V8	128, 269. 53 m ³

- Tab. 6.13 Áreas y volúmenes posibles a almacenar en evento máximo. Elaboración propia del autor 2014

Después de haber realizado la estimación de gastos máximos en un evento muy poco probable pero no descartado obtenemos que en toda el área cubierta por este análisis podemos almacenar hasta **1, 346, 106. 26 m³ de agua pluvial**, con éste dato hemos dado un gran paso en la búsqueda de la solución que Matehuala necesita, a partir de él se generará información básica para la propuesta que tiene como objetivo crear un plan de gestión que pueda ofrecer agua diaria a todos los habitantes posibles.

3.1. Método del coeficiente de escurrimiento para estimar volúmenes escurridos anuales

Con éste método, que fue el que me recomendó el Ing. Arturo González y en el que aportó su conocimiento para realizar este trabajo, obtuvimos una serie de valores que fueron encontrados anteriormente, analizando el coeficiente de suelo de Matehuala, así como estimando que queremos captar el agua pluvial, llegamos a

un parámetro que depende del tipo de suelo que se pondera de acuerdo a una tabla realizada por Aparicio (1999) y además tomamos en cuenta la precipitación anual de la cuenca llegando al siguiente resultado.

1. $C = k (P - 250 / 2000) \quad k \leq 0.15$
2. $C = k (P - 250 / 2000) + (k - 0.15 / 1.5) \quad k > 0.15$

Lámina escurrida = C * P

P = 429 mm promedio de cuenca

K = 0.24 coeficiente determinado por tabla de Aparicio

A = 56.58 km²

$$2 \quad C = 0.24 (429 - 250 / 2000) + (0.24 - 0.15 / 1.5) =$$

C = 0.08112

$$\text{Lamina escurrida} = (0.08112) (429) =$$

Lamina escurrida = 35.5 mm anuales

Volumen escurrido = Lamina escurrida x área de cuenca

$$\text{Volumen escurrido} = 35.5 \text{ mm} \times 5\,658\,000\,000 =$$

Volúmen escurrido de cuenca = 1, 952, 010 m³

Es de esta manera que de acuerdo al método racional podemos almacenar en 1 año, 1, 952, 010 m³ de agua pluvial para uso doméstico, con esto haré a continuación una tabla en la cual se hizo una tabla más en la cual se expone el volumen anual escurrido en todas las cuencas que utilizamos en la regionalización, esto con el de obtener el gasto anual de lluvia que podrá ser captada y almacenada para uso domestico y a partir de aquí realizar una relación de los 200 litros de agua que utiliza el mexicano en promedio al día con el volumen total que podremos captar para conocer a cuanta gente se podrá abastecer con este plan de gestión integral .

3.2. Volumen escurrido anual

Área 1	4.19 km ²	Volumen de agua escurrido	144, 555 m ³
Área 2	2.69 km ²	Volumen de agua escurrido	92, 805 m ³
Área 3	2.61 km ²	Volumen de agua escurrido	91, 425 m ³
Área 4	9.69 km ²	Volumen de agua escurrido	505, 566 m ³
Área 5	9.78 km ²	Volumen de agua escurrido	510, 262 m ³
Área 6	56.58 km ²	Volumen de agua escurrido	1, 952, 010 m ³
Área 7	6.49 km ²	Volumen de agua escurrido	223, 905 m ³
Área 8	9.69 km ²	Volumen de agua escurrido	505, 566 m ³

• Tab. 6.14 Volúmenes escurridos anuales. Elaboración propia del autor 2014

Después de haber encontrado todos los volúmenes escurridos por área en las cuencas de la regionalización que se propuso para éste trabajo, se ha definido que el volumen total aproximado que se podrá almacenar es de **4, 026, 094 m³ de agua pluvial**, esta cantidad de agua se planea almacenar en lugares estratégicos para inyectarla en la red hidráulica por medio de la gravedad, esto quiere decir que la propuesta de los bordos de almacenamiento estarán ubicados también al poniente de la ciudad y en el mismo lugar tener una planta de tratamiento o cloración para después mandarla a la red hidráulica y poder abastecer a las personas que más necesitan este recurso así como reducir las extracciones de agua subterránea del acuífero Matehuala – Cedral y con ello lograr un impacto ambiental, social y económico en la región norte del Altiplano potosino.

Por medio de una regla de tres, conociendo y utilizando los datos obtenidos por la Organización Mundial de la Salud, sabemos que una persona en México utiliza 200 litros de agua diarios, esto quiere decir que utiliza 73 m³ de agua al año si tenemos 4, 026, 094 m³ de agua para ofrecer a la población podremos abastecer a:

4, 026, 094 m³ / 73 m³ = 55, 151 habitantes al año podrán ser abastecidos plenamente.

Si la población de Matehuala cuenta con 91, 522 Hab. Dato de INEGI, podremos abastecer al 60.25 % de la población total, con esto se ha comprobado que el

impacto será sin lugar a duda demasiado grande tanto ambiental como económico, pero principalmente causando un beneficio con el derecho y calidad de vida de los seres humanos.