

**FORMULACIÓN DE UN PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DEL  
AGUA EN UNA ZONA REPRESENTATIVA DE LA CUENCA DEL RÍO  
GUADALAJARA COMO MEDIDA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

**MARLON STEEWART BUITRAGO ROJAS  
ISABELLA QUINTERO LUCIO**

**UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
TULUÁ, VALLE DEL CAUCA  
2021**

**FORMULACIÓN DE UN PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DEL  
AGUA EN UNA ZONA REPRESENTATIVA DE LA CUENCA DEL RÍO  
GUADALAJARA COMO MEDIDA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

**MARLON STEEWART BUITRAGO ROJAS  
ISABELLA QUINTERO LUCIO**

**Proyecto de grado para optar al título de  
INGENIERO AMBIENTAL**

**Director  
Álvaro Gómez González  
Ingeniero Agrícola**

**UNIDAD CENTRAL DEL VALLE DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
TULUÁ, VALLE DEL CAUCA  
2021**

## GLOSARIO

**AMENAZA:** peligro de que un evento físico de origen natural o antropogénico accidental, se presente con una severidad significativa para causar pérdida de vidas, lesiones, daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

**CAMBIO CLIMÁTICO:** representa la variación estadística en el estado del clima que persiste durante un periodo de tiempo prolongado, es decir, en más de 10 años, dicho cambio puede ser consecuencia de alteraciones persistentes de origen antropogénico en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras.

**CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN:** facultad general de los sistemas, contextos o individuos de adaptarse a los daños potenciales, de aprovecharse de las oportunidades o de gestionar las consecuencias.

**CONCESIÓN:** hace referencia al permiso que otorga la autoridad ambiental para el uso y aprovechamiento del recurso hídrico tanto para fuentes superficiales como para subterráneas para el uso doméstico, agrícola, industrial, pecuario etc.

**CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES:** determina el porcentaje del tiempo en que el caudal de un cuerpo de agua superficial es superior o inferior a cantidades diarias determinadas con independencia de la continuidad del tiempo

**MITIGACIÓN:** hace referencia a las medidas de intervención correctiva orientadas a reducir o disminuir los daños y pérdidas ocasionados por una o varias amenazas presentes en un contexto determinado.

**RIESGO:** se refiere a la probabilidad de ocurrencia de sucesos peligrosos, el riesgo es el resultado entre la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro.

**SENSIBILIDAD:** hace referencia a la predisposición de las comunidades, la infraestructura, el ecosistema o el contexto en general de ser afectado por una amenaza debido a sus condiciones de vulnerabilidad.

**VARIABILIDAD CLIMATICA:** corresponde a las variaciones del estado del clima en todas las escalas espaciales y temporales, las cuales pueden deberse a procesos internos naturales del sistema climático o a variaciones del forzamiento externo natural o antrópogeno.

**VULNERABILIDAD:** susceptibilidad o fragilidad física, social, ambiental o institucional que tiene un contexto social, ambiental, económico o institucional de sufrir efectos adversos en el caso de que un evento físico peligroso natural o antropogenico se presente, como consecuencia de dicha vulnerabilidad se pueden generar pérdidas y daños.

## CONTENIDO

RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
2. JUSTIFICACIÓN	22
3. OBJETIVOS	24
4. MARCO REFERENCIAL	25
4.2. MARCO HISTÓRICO	25
4.3. MARCO TEÓRICO	26
4.3.1. PUEAA (Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua)	26
4.3.2. Cambio climático.	27
4.3.3. Gestión del riesgo.	28
4.3.3.1 Amenaza.	29
4.3.3.2. Vulnerabilidad.	29
4.3.3.3. Riesgo.	29
4.3. ESTADO DEL ARTE	30
4.4. MARCO CONCEPTUAL	38
4.5. MARCO LEGAL	39
5. DISEÑO METODOLOGICO	45
5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	45
5.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	46
5.2.1. Fase 1: Determinar las características de un grupo de usuarios, que conformen una zona representativa dentro de la cuenca del Río Guadalajara, para convertirla en un PUEAA colectivo	46
5.2.1.1. Determinación de la derivación representativa	49
5.2.1.2. Determinación de grupo de usuarios que representen la derivación planteada	51
5.2.1.3. Diseño de las fichas de recolección de datos obtenidos en la primera visita de campo.	53
5.2.2. Fase 2: Diagnosticar las amenazas y las vulnerabilidades sobre el recurso hídrico presentes en la zona seleccionada del río Guadalajara.	54
5.2.2.1. Construcción de la línea base.	54
5.2.2.2. Determinación de vulnerabilidades.	56

5.2.2.3. Diagnóstico general de Amenazas y Vulnerabilidad de la cuenca, y cálculo del riesgo.	65
5.2.3. Fase 3: Formular los lineamientos estratégicos que conlleven al uso eficiente y ahorro del agua en la zona de estudio, dentro del marco legal vigente.	69
6. RESULTADOS	71
6.1. Fase 1: Determinar las características de un grupo de usuarios, que conformen una zona representativa dentro de la cuenca del Río Guadalajara, para convertirla en un PUEAA colectivo.	71
6.1.1. Determinación de la derivación representativa.	71
6.1.2. Determinación de grupo de usuarios que representen la derivación 4 (Chambimbal)	76
6.1.3. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS	78
6.2. Fase 2: Diagnosticar las amenazas y las vulnerabilidades sobre el recurso hídrico presentes en la zona seleccionada del río Guadalajara.	79
6.2.1. Construcción de la línea base.	79
6.2.2. Determinación de vulnerabilidades.	81
6.2.3. Diagnóstico general de amenazas y cálculo del riesgo	96
6.2.4. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS	99
6.3. Fase 3: Formular los lineamientos estratégicos que conlleven al uso eficiente y ahorro del agua en la zona de estudio, dentro del marco legal vigente.	100
6.3.1. Experiencias a escala nacional de planes que se pudieran enmarcar como de uso eficiente y/o ahorro del agua.	100
6.3.2. Análisis de vulnerabilidades y amenazas levantado para elevar consultas a expertos en lo relacionado a planes de reducción en el consumo de agua.	102
6.3.3. Encuestar a los usuarios seleccionados en el muestreo, con el propósito de verificar su disposición hacia el cambio de los sistemas actuales de aprovechamiento del agua por sistemas más eficientes.	102
6.3.4. Planteamiento de líneas estratégicas	103
6.3.4.1 Programa 1: Reducción del consumo de agua	105
6.3.4.2. Programa 2: Mejoramiento de la oferta hídrica	120
6.3.5. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS	126
CONCLUSIONES	129
RECOMENDACIONES	131
REFERENCIAS	132

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Balance hídrico para el 95% del tiempo de disponibilidad de caudal	20
Tabla 2 Balance oferta disponible de distribución y demanda total de agua superficial en L/s	22
Tabla 3. Caso 1	32
Tabla 4. Caso 2	33
Tabla 5. Caso 3	34
Tabla 6. Caso 4	36
Tabla 7. Caso 5	37
Tabla 8. Caso 6.	38
Tabla 9. Categoría y criterios de selección	52
Tabla 10. Criterio para cada tamaño de concesión	54
Tabla 11 Ficha técnica para la primer visita en la zona de estudio	55
Tabla 12 Indicadores seleccionados	57
Tabla 13. Índice de aridez	60
Tabla 14. Índice de alteración potencial de la calidad de agua	60
Tabla 15. Índice de retención y regulación hídrica	61
Tabla 16. Índice de uso de agua	61
Tabla 17. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico	62
Tabla 18 Probabilidad de ocurrencia y vulnerabilidad de impactos.	69
Tabla 19 Índices de riesgo a partir de la probabilidad y vulnerabilidad	70
Tabla 20 Evaluación de riesgos a partir de amenazas	71
Tabla 21. Formato para elaboración de proyectos	72
Tabla 22. Datos obtenidos de las 6 derivaciones evaluadas	73
Tabla 23. Tipo de actividad	76
Tabla 24. Criterios de calificación y sus respectivos valores.	77
Tabla 25. Evaluación de cada criterio con respecto a cada derivación.	78
Tabla 26. Número de muestras para cada tamaño de concesión	79
Tabla 27. Información de los 21 usuarios seleccionados para las encuestas	79
Tabla 28. Indicadores cualitativos para cada contexto	82
Tabla 29. Categorías según los indicadores	83
Tabla 30. Descripción de los índices para la cuenca del río Guadalajara	84
Tabla 31. Matriz de selección para índice de aridez	85
Tabla 32. Matriz de selección para índice de alteración potencial de la calidad de agua	85
Tabla 33. Índice de retención y regulación hídrica	86
Tabla 34. Matriz de selección para el índice de uso de agua	86
Tabla 35. Matriz de selección para el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico	86

Tabla 36. Matriz de ponderación de la estructura	87
Tabla 37. Eficiencia en la estructura y el sistema de riego	88
Tabla 38. Rangos para cada valor de vulnerabilidad	89
Tabla 39. Determinación de la vulnerabilidad	90
Tabla 40. Vulnerabilidad para cada uso de acuerdo a su representatividad	91
Tabla 41. Eficiencia en el sistema de riego y volumen propuesto	92
Tabla 42. Rangos para determinar vulnerabilidad según el módulo	93
Tabla 43. Resumen para el modulo y volumen ahorrado	94
Tabla 44. Porcentaje equivalente a la obra	95
Tabla 45. Matriz de selección vulnerabilidad obra	95
Tabla 46. Porcentaje equivalente a la conducción	95
Tabla 47. Matriz de selección de la vulnerabilidad de la conducción	95
Tabla 48. Eficiencia para cada predio y sistema de riego	96
Tabla 49. Porcentaje equivalente para el sistema de riego	96
Tabla 50. Matriz de selección de la vulnerabilidad para el sistema de riego	97
Tabla 51. Tabla resumen para determinar vulnerabilidad	97
Tabla 52. Determinación de variabilidad climática en un tiempo determinado	99
Tabla 53. Matriz, índices de riesgo, probabilidad vs vulnerabilidad	100
Tabla 54. Experiencias a escala nacional de planes de uso eficiente y ahorro del agua	102
Tabla 55. Disposición de cambio por parte de los usuarios	105
Tabla 56. Relación entre aspectos de vulnerabilidad y proyectos planteados	107
Tabla 57. Consumo y ahorro de riego por aspersión	114



## LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Derivaciones en la zona reglamentada - Guadalajara de Buga	50
Ilustración 2. Ecuación para determinar el número de muestras	53
Ilustración 3. Caudal representativo de cada derivación.	77
Ilustración 4. Área representativa de cada derivación.	77
Ilustración 5. Número de usuarios representativo de cada derivación.	78
Ilustración 6. Módulo Caudal vs Número de usuarios para cada derivación.	78
Ilustración 7. Módulo Caudal vs Área para cada derivación.	79
Ilustración 8. Curva doble masa para determinar variabilidad climática	101
Ilustración 9. Disposición para mejoras en el consumo	106
Ilustración 10. Resumen de Programas y Proyectos	108
Ilustración 11. Grifo ahorrador de agua	112
Ilustración 12. Trampa de grasas	112
Ilustración 13. Tanque plástico 2000L	122
Ilustración 14. Tubería en PVC para bajante	122

## ANEXOS

- Anexo A. Diagnostico derivación 1
- Anexo B. Diagnostico derivación 2
- Anexo C. Diagnostico derivación 4.
- Anexo D. Diagnostico derivación 5
- Anexo E. Diagnostico derivación 6.
- Anexo F. Diagnostico derivación 7.
- Anexo G. Consumo humano.
- Anexo H. Uso agrícola.
- Anexo I. Uso pecuario
- Anexo J. Uso industrial.
- Anexo K. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento de agua
- Anexo L. Índice de uso de agua
- Anexo M. Índice de retención y regulación hídrica
- Anexo N. Índice de calidad de agua.
- Anexo Ñ. Índice de aridez
- Anexo O. Cartografía captaciones y medidores usuarios grandes y pequeños
- Anexo P. Convenciones cartografía de captaciones y medidores.

## RESUMEN

En el presente proyecto se tuvieron en cuenta las características de un grupo de usuarios los cuales conformaron una zona representativa dentro de la cuenca del río Guadalajara, en donde se determinó que de 5 derivaciones principales de la zona reglamentada, la número 4 era representativa con respecto a las otras considerando su caudal, área, módulo de asignación y la diversidad en los usos del agua.

Posteriormente, se diagnosticaron las amenazas y las vulnerabilidades sobre el recurso hídrico presentes en la zona seleccionada, considerando los contextos biofísico, institucional y socioeconómico; cada uno de ellos se identificó a través de una serie de indicadores los cuales se evaluaron para calificar las vulnerabilidades y las amenazas. Así, la vulnerabilidad de desabastecimiento calificó como importante; por su parte, al evaluar la amenaza se obtuvo una probabilidad significativa de alteraciones en la oferta hídrica de la cuenca como consecuencia de fenómenos climáticos globales. De acuerdo con lo anterior, en esta cuenca se presenta un riesgo moderado de desabastecimiento de agua, razón por la cual se recomienda emprender acciones para formular un programa de uso eficiente y ahorro del agua en la cuenca del río Guadalajara como medida de adaptación al cambio climático.

Como un alcance adicional de este proyecto, se evaluaron acciones enmarcadas dentro de las líneas estratégicas, las cuales dieron lugar a una serie de programas y proyectos enfocados a actividades para mitigar el riesgo encontrado en la zona de estudio.

## INTRODUCCIÓN

El uso del agua en los diferentes sectores agrícolas, industriales, agropecuarios, domésticos, recreativos, etc, es esencial para llevar a cabo las actividades que en cada uno de ellos se realizan, en este orden de ideas, a medida que crecen dichos sectores, la demanda por el recurso aumenta.

De acuerdo a lo anterior, la demanda creciente del recurso hídrico conlleva a un riesgo por desabastecimiento, el cual es el resultado de un conjunto de factores como lo son, la exposición, la sensibilidad, la capacidad de adaptación de un sistema y las amenazas que influyen en un determinado contexto.

Es preciso mencionar que en los dos últimos años, se han identificado 391 municipios de 24 departamentos susceptibles al desabastecimiento del agua a nivel nacional, “el Valle del Cauca se encuentra entre los 9 departamentos más afectados”<sup>1</sup>. Por otro lado, el municipio de Guadalajara de Buga es uno de los más susceptibles a las condiciones de sensibilidad, amenazas y exposiciones.

Dicha susceptibilidad se conoce a partir de una curva de duración de caudales, la cual determina el porcentaje del tiempo en que el caudal de un cuerpo de agua superficial es superior o inferior a cantidades diarias determinadas con independencia de la continuidad del tiempo.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se logró identificar que, los meses de Enero, Febrero, Junio, Julio y Agosto presentan déficit de agua para el 95% del tiempo de ocurrencia de disponibilidad de caudal, siendo el mes más crítico el de agosto con un déficit aproximado de 3036L/s.

Lo anterior hace necesaria la implementación de estrategias que como primera medida ayuden a determinar las características de un grupo de usuarios, que conformen una zona representativa dentro de la cuenca del Río Guadalajara.

---

<sup>1</sup> IDEAM. ENA, Desabastecimiento del agua por departamentos. 2018. Op. Cit., P. 45.

Seguidamente, el diagnóstico de las amenazas y las vulnerabilidades sobre el recurso hídrico presentes en la zona seleccionada y finalmente, la formulación de los lineamientos estratégicos que conlleven a un uso eficiente y ahorro del agua en la zona de estudio, dentro del marco legal vigente.

En este orden de ideas, al determinar una derivación representativa dentro de la zona reglamentada de la cuenca del río Guadalajara, se tienen en cuenta factores incidentes como lo son, la demanda y oferta del caudal, el área y el módulo de la misma, y con ello el área que va a ser estudiada para realizar un análisis de riesgo.

El análisis de riesgo es fundamental ya que toma en consideración una serie de indicadores que representan la vulnerabilidad del sistema, los cuales hacen referencia a la institucionalidad, lo social, lo económico y ecosistémico, se tiene en cuenta también la capacidad que tiene dicho sistema de adaptarse a los cambios, y finalmente se logra identificar el riesgo de desabastecimiento de agua en la zona.

Al determinar el riesgo de desabastecimiento es fundamental tener en cuenta las acciones ligadas a programas y proyectos que contribuyen a la mitigación y adaptación a las amenazas y vulnerabilidades que influyen en la zona de estudio.

Finalmente, es preciso mencionar que la implementación de un programa de uso eficiente y ahorro del agua derivado de un estudio de riesgo por desabastecimiento es fundamental ya que implementa las acciones estratégicas a partir de las debilidades del sistema, lo cual proporciona un fortalecimiento adecuado del sistema frente a las amenazas relacionadas con la variabilidad y cambio climático.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El agua es el líquido con mayor importancia para la existencia de la vida en el planeta tierra. De esta manera, en el ordenamiento jurídico colombiano, el agua tiene diversas implicaciones, pues está ligada al servicio público de acueducto, y es considerada un “derecho fundamental”<sup>2</sup> para el consumo humano. Por otro lado, las ciencias jurídicas han denotando que se debe tratar al agua como un “sujeto de derechos”.

De acuerdo a lo anterior, siendo el agua un recurso tan importante para el desarrollo de las actividades correspondientes al sector industrial, agrícola, domestico, agropecuario, o recreativo y teniendo en cuenta, que dichas actividades están en constante crecimiento, se considera que la demanda al recurso hídrico también aumenta, y con ellos las presiones sobre el mismo, relacionadas al crecimiento poblacional y con ello el cambio irremediable del clima y sus variaciones cada vez más significativas.

En consideración a lo anterior, ***“El cambio climático es la variación del estado del clima la cual es identificable en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante varios periodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede darse debido a procesos internos, naturales o alteraciones externas como ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropogénicos, por otro lado, la variabilidad climática denota de las variaciones del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos, de igual manera, se debe a procesos internos, (naturales) y externos, (naturales y antropogénicos)”***<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> GARCÍA PACHÓN MARÍA DEL PILAR, Universidad Externado de Colombia. Tratado de derecho de aguas. [En libro]. Bogotá. 2018. [Citado el 19 de Octubre de 2019]. P.27

<sup>3</sup> SERGE PLANTON. Glosario de Cambio Climático, Bases físicas [En línea]. Estados Unidos. 2013. [Citado el 19 de Octubre de 2019]. P.188. Disponible en internet: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI\\_AR5\\_glossary\\_ES.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf).

Es importante recalcar que, “los cambios en la temperatura y la precipitación, resultan del incremento en la concentración de GEI (Gases de Efecto Invernadero), y que la vulnerabilidad nace del modelo de desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales”<sup>4</sup>. De esta manera, el impacto del cambio climático sobre el recurso hídrico, se debe a las alteraciones de la temperatura, de la precipitación, y el nivel del mar, “El cambio climático afecta la función y operación de la estructura hídrica existente, así como la gestión integral del recurso hídrico”<sup>5</sup>

Desde este punto de vista, el desabastecimiento de agua, es un riesgo latente, que poco a poco, podrá vivirse y evidenciarse cada vez más, también es claro, que la vida en el planeta no se encuentra preparada para asumir dicho riesgo, y que la vulnerabilidad presente en cada región depende del uso y aprovechamiento de los recursos naturales; las amenazas por otro lado, se encuentran definidas en forma de alteraciones al curso natural del agua, como el cambio climático, la variabilidad climática y las actividades económicas de empresas que involucren el uso de dicho recurso.

En consideración de lo anteriormente mencionado, los países desarrollados poseen las más grandes industrias y equivalen al “85% de aporte al aumento en el cambio climático”<sup>6</sup>. Sin embargo, es de gran importancia analizar los dos conceptos, variabilidad climática y cambio climático, y determinar cuál es la razón causante de que países en vía de desarrollo como es el caso de Colombia, sean los más afectados por el desabastecimiento de agua.

Lo anterior afecta la riqueza de la red hídrica de las cuencas en Colombia, pues, toma en consideración la existencia y calidad de la cobertura vegetal, las fuentes de

---

<sup>4</sup> MAGAÑA VICTOR. Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante Cambio Climático. [En línea]. México DF. 2013. [Citado el 19 de Octubre de 2019]. P. 6. Disponible en internet: [http://climasaludal.org/resources/images/public/avirtuales/cuarta\\_conferencia/140923\\_guia\\_metodologica.pdf](http://climasaludal.org/resources/images/public/avirtuales/cuarta_conferencia/140923_guia_metodologica.pdf).

<sup>5</sup> IPCC, Rajendra K. Pachauri. Cuarto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre cambio climático. Ginebra Suiza. 2007. [Citado el 22 de octubre de 2019]. P. 9. Disponible en internet: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4\\_syr\\_sp.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf).

<sup>6</sup> IPCC, Rajendra K. Pachauri. Quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre cambio climático. Ginebra Suiza. 2014. [Citado el 22 de Octubre de 2019]. P. 118. Disponible en internet: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf).

abastecimiento y la precipitación; la demanda de agua está condicionada a la población y a las actividades económicas. El agua tiene variedad de usos que van de la mano con el desarrollo económico del país, “el sector con mayor participación en el uso del recurso hídrico, es el de agricultura, con el 43%, seguidamente se encuentra el sector de hidroenergía con un 23% y por último el pecuario con el 8%”<sup>7</sup>.

En consecuencia, en los dos últimos años, se han identificado 391 municipios de 24 departamentos susceptibles al desabastecimiento del agua a nivel nacional, “el Valle del Cauca se encuentra entre los 9 departamentos más afectados”<sup>8</sup>. Por otro lado, el municipio de Guadalajara de Buga es uno de los más susceptibles a las condiciones climáticas.

En contexto, el principal uso del suelo que representa la superficie de la zona de producción del río Guadalajara hace referencia a la cobertura de bosque mixto denso alto de tierra firme, que corresponde al “53,26%(6911,71Ha) del área, el cual representa un aprovechamiento sostenible junto con el uso de cultivo limpio, correspondiente a la cobertura de pasto cultivado, con una ocupación del 42,26%(5483,69Ha) del área productora”<sup>9</sup>, y tan solo el 4,48%(436,23Ha) del área, corresponde a las zonas de conservación y de cultivos semilimpios, como el cultivo de café, pasto de corte y frutales.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, del área de producción de agua total que equivale a 12955,21Ha, 8832Ha, se encuentran reglamentadas bajo la figura de Reserva Forestal Protectora Nacional; de lo anterior se concluye que, la zona de conservación con respecto al área total es significativa y que las actividades de producción que se lleven a cabo en esta área, pueden realizarse siempre y cuando estén sujetas al mantenimiento protector.

---

<sup>7</sup> IDEAM. Estudio Nacional del Agua. Bogotá. 2018. [Citado el 22 de Octubre de 2019]. P.45. Disponible en internet: [http://www.andi.com.co/Uploads/ENA\\_2018-comprimido.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/ENA_2018-comprimido.pdf).

<sup>8</sup> IDEAM. ENA, Desabastecimiento del agua por departamentos. 2018. Op. Cit., P. 45.

<sup>9</sup> CVC. Reglamentación del río Guadalajara. [En libro] Guadalajara de Buga. 2019. [Citado el 25 de Octubre de 2019]. P. 4.



Por otro lado, la zona de consumo corresponde al “38%(11837,86Ha) del área total de la cuenca, de esta superficie, el 65,21%(7719,3Ha) corresponde a cultivos densos, el 5,47%(648,07Ha) a la zona urbana, el 1,33%(158Ha) a la zona industrial”<sup>10</sup> y el 28% restante, equivale a la zona de cultivos limpios y de conservación, donde predomina la extensión de la laguna de Sonso. Con lo anteriormente mencionado, se determina que, el 72,01%, de la zona de consumo es únicamente de interés económico y que tan solo el 28% corresponde a las zonas de conservación.

En contraste, la oferta de agua depende de la precipitación, la fuente superficial y el aporte de las reservas subterráneas, en este orden de ideas, para determinar el caudal determinado en un periodo de tiempo, se debe tener en cuenta la curva de duración de caudales, la cual se elaboró en el documento de reglamentación del río Guadalajara con el objetivo de definir los caudales que transitan el río y determinar cuál es la probabilidad de ocurrencia que existe.

En la siguiente tabla que contiene los datos de disponibilidad dada a partir de la curva de duración de caudales para el 95% del tiempo y la demanda de caudales, la cual incluye la demanda agrícola, doméstica e industrial, se logra determinar el balance hídrico correspondiente.

---

<sup>10</sup> CVC. Reglamentación del río Guadalajara. 2019. Op. Cit. P. 5.

**Tabla 1** Balance hídrico para el 95% del tiempo de disponibilidad de caudal

<b>Balance para caudal disponible el 95% del tiempo</b>												
	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Ma y</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep t</b>	<b>Oct</b>	<b>No v</b>	<b>Dic</b>
<b>Caudal de la fuente (L/s)</b>	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290
<b>Caudal ecológico(L/s)</b>	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645
<b>Caudal disponible(L/s)</b>	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645	645
<b>Demanda total (L/s)</b>	1285	817	493	493	493	1717	3122	3681	493	493	493	493
<b>Balance oferta-demanda</b>	-640	-172	152	152	152	-1073	-2478	-3036	152	152	152	152

*Fuente: Elaboración propia a partir del pProyecto de reglamentación del río Guadalajara, 2019*

De acuerdo con este balance, los meses de enero, febrero, junio, julio y agosto presentan déficit de agua para el 95% del tiempo de ocurrencia de disponibilidad de caudal, siendo el mes más crítico el de agosto con un déficit aproximado de 3036L/s, lo que hace necesaria la implementación de estrategias de adaptación para el riesgo, determinado como desabastecimiento de agua y las amenazas, definidas como cambio climático, variabilidad climática y actividades económicas de la zona a estudiar.

Por otro lado, es crucial dar a conocer la cobertura de suelo que mayor consumo de agua genera en el municipio, esta se encuentra ubicada en la zona de consumo de la cuenca del río Guadalajara, según las investigaciones realizadas en el documento de reglamentación por parte de la CVC(Corporación autónoma regional del Valle del Cauca) en el año 2019, la caña de azúcar representa al uso mayoritario, el cual corresponde al “59,20% de la cobertura, siendo significativo, comparado con la zona de pasto cultivado con una cobertura del 19,58% seguido de los cultivos de sorgo con un 5,18%”<sup>11</sup>.

Las aguas del río Guadalajara se encuentran distribuidas por una red de canales conformada por 8 derivaciones principales y captaciones directas al cauce”, de las cuales no se tiene un manejo adecuado de oferta de caudales, para cada tipo de actividad correspondiente ya sea para pequeños usuarios o el sector productivo, en donde el uso eficiente y ahorro del recurso hídrico no se está llevando a cabo en la mayoría de predios concesionados, y sumándole a esto, el desabastecimiento de agua en el municipio, en los últimos años; se tiene como principal consecuencia, la inequidad en la distribución del recurso hídrico, y el uso ineficiente del mismo.

Con base en la información mencionada anteriormente, se logra considerar que las condiciones actuales de distribución del agua, principalmente para riego equivalen a bajas eficiencias caracterizadas por pérdidas notables del recurso hídrico y de igual manera, un incremento de agua requerida para satisfacer las necesidades de cada predio, lo que indica un uso inadecuado e ineficiente de la misma por parte de los suscriptores, lo anterior conlleva a considerar la implementación de estrategias enfocadas al “aumento de la eficiencia en la conducción, distribución y aplicación del recurso hídrico en un 90, 80 y 60% respectivamente.”<sup>12</sup>

Desde otro punto de vista, se da a conocer la demanda industrial, la cual, según el sistema único de información, de la empresa Aguas de Buga, cuenta con 56 suscriptores, los cuales tienen altas demandas del recurso hídrico superficial y

---

<sup>11</sup> CVC. Reglamentación del río Guadalajara. 2019. Op. Cit. P. 17.

<sup>12</sup> CVC. Reglamentación del río Guadalajara. 2019. Op. Cit. P. 24.

subterráneo suministrado en 14 pozos; algunas de las empresas que requieren el recurso para sus procesos industriales son, Holcim Colombia S.A, Cristar, Solla S.A, Balanceados etc.

En la siguiente tabla, “según el estudio de reglamentación del río Guadalajara”<sup>13</sup>, se logra identificar el balance final de oferta disponible de distribución de agua en comparación con la demanda total de agua superficial la cual se encuentra dividida entre, la demanda agrícola, doméstica, pecuaria e industrial.

**Tabla 2** Balance oferta disponible de distribución y demanda total de agua superficial en L/s

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Caudal disponible río Guadalajara	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6
<b>Oferta total</b>	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6	1784,6
Demanda agrícola	792,5	324,2	0	0	0	1224,8	2629,8	3188,1	0	0	0	0
Demanda doméstica	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440
Demanda pecuaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demanda industrial	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5	52,5
<b>Demanda total</b>	1285	816,7	492,5	492,5	492,5	1717,3	3122,2	3680,6	492,5	492,5	492,5	492,5
<b>Balance Oferta-Demanda</b>	499,6	967,9	1292,1	1292,1	1292,1	67,3	-1338	-1896	1292,1	1292,1	1292,1	1292,1

*Fuente: Proyecto de reglamentación del río Guadalajara, 2019*

A partir de la información planteada anteriormente, se logra definir que los meses más críticos son Julio y Agosto, siendo agosto el de mayor impacto; esta es una de

<sup>13</sup> CVC. Reglamentación del río Guadalajara. 2019. Op. Cit. P. 28

las razones principales por las cuales se hace necesario subsanar el déficit a partir de estrategias de uso eficiente y ahorro del agua, como el almacenamiento en las épocas más críticas, la implementación de turnos de riego o el uso de aguas subterráneas, entre otras.

Por otro lado, según el Decreto 1090 de 2018, toda solicitud de concesión y de licencia ambiental ante CVC, debe contar con un programa de uso eficiente y ahorro del agua, en este punto es fundamental advertir que hasta la fecha ningún suscriptor ha anexado dicho programa a sus solicitudes, por lo que el presente proyecto se torna fundamental como guía en el diseño de estrategias del programa en una zona representativa de la cuenca.

Actualmente la empresa de acueducto Aguas de Buga cuenta con una campaña llamada “Reto del Uso Eficiente y Ahorro del Agua 2019” en donde se realizan una serie de actividades de educación ambiental, con el objetivo de informar a la comunidad acerca de la cantidad de agua que esta consume; entre otras campañas que se han venido planteando a lo largo de los últimos años, también para el sector productivo y agrícola.

Con lo anterior se plantea la siguiente pregunta problema:

¿Cuáles son las estrategias que debe tener una zona representativa de la cuenca del río Guadalajara para optimizar el uso eficiente y ahorro del agua y así evitar el uso ineficiente y falta de compromiso ambiental de los usuarios que representan la zona reglamentada del Río Guadalajara?

## 2. JUSTIFICACIÓN

“El flujo de aquellas cuencas influenciadas por la precipitación aumentará, es decir, los caudales máximos, serán más pronunciados en épocas húmedas y los mínimos serán más bajos durante periodos secos”<sup>14</sup>. Por esta razón, es fundamental contar con un modelo o programa de uso eficiente del agua, y de esta manera, enfrentar los cambios extremos asociados al cambio climático y la variabilidad que de él se derivan

Siendo el recurso hídrico el eje articulador de las vías de desarrollo de una sociedad, la vulnerabilidad depende en gran medida de la forma en cómo éste se gestione. La vulnerabilidad está ligada a la forma en que se encuentre organizado el entorno físico, social, económico y ambiental de una región a partir de la capacidad de adaptación y mitigación, que puede ser susceptible a un fenómeno meteorológico, antropogénico o climático.

Es importante, que la región de interés sea estudiada en su pasado y proyectarla a un futuro para poder hablar de impactos relevantes; por otro lado, para reducir la vulnerabilidad se requiere diseñar e implementar estrategias de adaptación y mitigación a las amenazas definidas como cambio climático, variabilidad climática o actividades antropogénicas de la zona de estudio; para este caso se hablará de los PUEAA(Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua), como medida de adaptación y mitigación, en la cuenca del río Guadalajara en Buga Valle del Cauca.

El PUEAA, está encargado de fomentar el ahorro y el uso adecuado del recurso hídrico, promoviendo un consumo responsable durante el desarrollo de las actividades realizadas por los usuarios que conforman una cuenca. El uso eficiente y ahorro del agua, “es toda acción que minimice el consumo de agua, reduzca el desperdicio y optimice la cantidad de agua a usar en un P/O/A (Proyecto, Obra, Actividad), mediante la implementación de prácticas como, el reúso, la recirculación,

---

<sup>14</sup> CVC. Reglamentación del río Guadalajara. 2019. Op. Cit. P. 31.

el uso de aguas lluvia, el control de pérdidas, el uso de tecnologías y cualquier otra práctica orientada al uso sostenible del agua”<sup>15</sup>.

El programa permitirá tener un manejo adecuado y control de los canales que conducen las aguas del río para que la distribución sea de acuerdo con cada actividad (pequeños usuarios, sector productivo); contribuyendo así en el abastecimiento del recurso hídrico para el municipio.

Por esta razón, se propone entonces, desarrollar los aspectos técnicos, jurídicos y administrativos necesarios para la formulación e implementación de los PUEAA, como medida de adaptación ante las anomalías climáticas, teniendo en cuenta la necesidad de definir acciones tanto al interior del predio como a nivel de la infraestructura colectiva de la red hidráulica de las zonas reglamentadas, puesto que con este programa se contribuye al aumento del estiaje en los meses críticos, y en general del caudal promedio, debido a que se disminuye la presión sobre el recurso, a partir del fortalecimiento de la micro fauna del río y la macro fauna de la zona de estudio.

Según el plan integral de cambio climático para el Valle del Cauca, “la Cuenca del río Guadalajara cuenta con un índice de vulnerabilidad alto”<sup>16</sup>; en el ámbito económico el proyecto brindará nuevas oportunidades en el sector del turismo ya que al aumentar el nivel del caudal promedio, se abrirán nuevos espacios de recreación y en el campo de la agroindustria el PUEAA brindará acciones para el ahorro del recurso lo cual se verá reflejado económicamente. Por otro lado, estos planes servirán como herramienta guía para la elaboración de otros proyectos de manejo y control en el uso del agua en cualquier sector del municipio que se abastece del caudal del río

---

<sup>15</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1090 de 2018, Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua. [En línea] Colombia. 2018. [Citado el 26 de Octubre de 2019]. Disponible en internet: <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/7b-decreto%201090%20de%202018.pdf>.

<sup>16</sup> Secretaría de Ambiente, Agricultura y Pesca -CIAT, Departamento del Valle del Cauca. Plan Integral de Cambio Climático para el Valle del Cauca PICC [En Línea]. Cali. 2018. [Citado el 16 de Febrero de 2020]. P. 92.

### **3. OBJETIVOS**

#### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Formular un programa de uso eficiente y ahorro del agua en una zona representativa de la cuenca del río Guadalajara, como medida de adaptación al cambio climático.

#### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las características de un grupo de usuarios, que conformen una zona representativa dentro de la cuenca del Río Guadalajara, para convertirla en un PUEAA colectivo.
- Diagnosticar las amenazas y las vulnerabilidades sobre el recurso hídrico presentes en la zona seleccionada del río Guadalajara.
- Formular los lineamientos estratégicos que conlleven al uso eficiente y ahorro del agua en la zona de estudio, dentro del marco legal vigente.



## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.2. MARCO HISTÓRICO

En la identificación de antecedentes relacionados con el uso del agua como derecho vital, se remonta al periodo colonial, en donde es importante destacar el valor del recurso hídrico para los pobladores originarios del territorio Colombiano, que llega hasta el nivel de la veneración religiosa, un ejemplo de ello, es la leyenda de El Dorado, se trata de un rito de veneración en donde se entregaban valiosas ofrendas de oro.

Incluso, la creación de los primeros asentamientos españoles en el territorio colombiano estuvo condicionado al acceso fácil del recurso hídrico, “de acuerdo a algunos documentos elaborados por los cronistas de la época, se tiene acceso a una amplia información acerca de la forma como el agua era considerada un factor determinante en la elección de las regiones destinadas a ser pobladas”<sup>17</sup>.

De acuerdo con la identificación de antecedentes, la organización y la normatividad del recurso hídrico colombiano, va de la mano con las leyes españolas de aguas de 1866 y 1879, las cuales reconocieron el aprovechamiento de este recurso como un derecho de todos para la satisfacción de necesidades rutinarias (beber, lavar ropas, bañarse, abrevar ganado, entre otros), de acuerdo a este reconocimiento, en el código civil colombiano, se refirió al agua como un bien de dominio público, dicha nominación dio lugar al uso y goce para el tránsito, el riego, la navegación y una gran cantidad de usos ilícitos de los ríos y lagos, por otro lado, el estado fue denominado como el supremo administrador de los bienes de uso público en el año 1928.

---

<sup>17</sup> RODRIGUEZ G., J. El agua en la historia de Bogotá, vol.1. Villegas Editores [En libro]. Bogotá. 2003. [Citado el 9 de Marzo de 2020]. P.61

En el mismo orden de ideas, para el año 1974, en Colombia el uso de las aguas estuvo ligado a la siguiente expresión, “Toda persona tiene derecho a utilizar las aguas de dominio público para satisfacer sus necesidades, las de su familia y las de sus animales, siempre que con ello no cause perjuicios a terceros”<sup>18</sup> de acuerdo a lo anterior, es preciso mencionar que, en la historia del uso del agua, no se consideraban plazos, condiciones, eficiencias, ahorros o preferencias.

### **4.3. MARCO TEÓRICO**

#### **4.3.1. PUEAA (Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua)**

El concepto de “uso eficiente del agua tiene tres aspectos importantes, el uso, la eficiencia y el agua”<sup>19</sup>. El uso por un lado, significa que es susceptible a la intervención humana por medio de una o varias actividades ya sean productivas, recreativas o para el saneamiento básico, por otro lado, la eficiencia, tiene implícito el principio de escasez el cual designa al agua dulce como un recurso escaso, finito y limitado el cual debe ser manejado de la manera más adecuada y equitativa posible teniendo en cuenta aspectos socio-económicos y de género.

En este mismo de orden de ideas, cuando se habla de uso eficiente y ahorro del agua, se hace referencia a toda acción que aporte a la disminución del consumo del agua, reduzca de igual manera el desperdicio u optimice la cantidad de agua a usar en un proyecto, obra o actividad, a partir de la implementación de prácticas como el “reúso, la recirculación, el uso de las aguas lluvia, el control de pérdidas, la

---

<sup>18</sup> GARCÍA P., MARÍA DEL PILAR. Régimen jurídico de los vertimientos en Colombia, Análisis desde el derecho ambiental y el derecho de aguas [En libro]. Bogotá: Universidad Externado de Colombia. 2017. [Citado el 9 de Marzo de 2020]. P. 131.

<sup>19</sup> UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES. Programa de gestión para el uso eficiente del agua [En línea]. Bogotá. 2015. [Citado el 13 de Mayo de 2020]. P.3. Disponible en internet: [http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/Lineamientos\\_Int/PRO-1300-SIPG-03\\_Uso\\_eficiente\\_de\\_Agua-V3.pdf](http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/Lineamientos_Int/PRO-1300-SIPG-03_Uso_eficiente_de_Agua-V3.pdf)

reconversión de tecnologías o cualquier otra práctica orientada al uso sostenible del agua”<sup>20</sup>.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, el programa para el uso eficiente y ahorro del agua según la Ley 373 de 1997 es en su esencia, el “conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico”<sup>21</sup>.

Las corporaciones autónomas regionales y demás autoridades ambientales encargadas del manejo, protección y control del recurso hídrico en su jurisdicción respectiva, aprobarán la implantación y ejecución de dichos programas en coordinación con otras corporaciones autónomas que compartan las fuentes que abastecen los diferentes usos.

Por otro lado, según el Decreto 1090 de 2018, el programa para el uso eficiente y ahorro del agua es una herramienta cuyo enfoque se basa en la optimización del uso del recurso hídrico, dicho programa se encuentra conformado por el conjunto de proyectos y acciones los cuales deben elaborar y adoptar los usuarios que soliciten una concesión de aguas.

#### **4.3.2. Cambio climático.**

Según el panel intergubernamental de cambio climático, este término hace referencia a la variación en las características climáticas como temperatura, humedad, lluvia, viento, y fenómenos meteorológicos debido al aumento en la concentración de gases de efecto invernadero, que persiste en un periodo prolongado de tiempo (normalmente decenios o incluso más).

---

<sup>20</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1090 de 2018, Programa de uso eficiente y ahorro del agua. [En línea]. 2018. [Citado el 13 de Mayo de 2020]. P 2. Disponible en internet: <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/7b-decreto%201090%20de%202018.pdf>

<sup>21</sup> CONGRESO DE COLOMBIA. Programa para el uso eficiente y ahorro del agua. [En línea]. 1997. . [Citado el 13 de Mayo de 2020]. P. 1. Disponible en internet: [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley\\_0373\\_1997.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf)

En ese mismo orden de ideas, el efecto invernadero hace referencia a un proceso que se basa en la absorción y reemisión de la radiación solar por parte de las moléculas de los gases de efecto invernadero y por las nubes, dichas moléculas que conforman los GEI, son en su orden de importancia, el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y el ozono troposférico, estos elementos y su proceso en la atmósfera generan el calentamiento de la atmósfera.

Por otro lado, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), en su artículo 1 define cambio climático como un “cambio de clima atribuido directa o indirectamente de la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”<sup>22</sup>, es decir, la CMCC, define el cambio climático como consecuencia de las actividades humanas que alteran las condiciones naturales de la atmósfera y la variabilidad climática es la consecuencia de causas naturales.

#### **4.3.3. Gestión del riesgo.**

El riesgo es el resultado de la intervención entre la amenaza y la vulnerabilidad entendiendo la amenaza como el factor que incide sobre un elemento expuesto y que puede generar daños y afectación, esta puede ser de origen natural o antrópico, por otro lado, la vulnerabilidad es la probabilidad de que exista un elemento expuesto en el área de incidencia de la amenaza, esta vulnerabilidad se puede medir en diferentes niveles, en alta, media o baja, lo mismo ocurre con la amenaza, entonces se define el riesgo como la probabilidad de afectación o daño sobre un elemento expuesto por la acción de una amenaza.

Por otro lado, según la Ley 1523 de 2012, “la gestión del riesgo hace referencia a un proceso social, el cual está orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos,

---

<sup>22</sup> NACIONES UNIDAS. CMCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) [En línea]. EEUU. Nueva York. 1992. [Citado el 13 de Mayo de 2020]. P.4. Disponible en internet: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible”<sup>23</sup>. Para dejar estas definiciones claras, a continuación, se procede a definir los conceptos de riesgo, vulnerabilidad y amenaza estipulados en la presente ley.

#### **4.3.3.1 Amenaza.**

Es el peligro latente de que un evento físico de origen natural, o antrópico, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos naturales.

#### **4.3.3.2. Vulnerabilidad.**

Susceptibilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. La vulnerabilidad corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.

#### **4.3.3.3. Riesgo.**

Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un periodo de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad.

---

<sup>23</sup> CONGRESO DE LA REPUBLICA. Política nacional de gestión del riesgo de desastres. [En línea]. 2012. [Citado el 13 de Mayo de 2020]. P.4. Disponible en internet: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1523\\_2012.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1523_2012.html).

### 4.3. ESTADO DEL ARTE

Tabla 3. Caso 1

<b>TITULO DE ESTUDIO</b>		
PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y RACIONAL DEL AGUA –PUEYRA.		
<b>AUTORES</b>	<b>AÑO</b>	<b>PAÍS DE ORIGEN</b>
UNIVERSIDAD CES	MAYO, 2018	COLOMBIA
<b>OBJETIVOS:</b>		
Diseñar el Programa de Uso Eficiente y Racional del Agua –PUEYRA– para los procesos educativos y administrativos desarrollados en la Universidad CES, sede Poblado.		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		
El presente informe se centrará en la elaboración del Programa de Uso Eficiente y Racional del Agua –PUEYRA– para la Universidad CES, sede Poblado; la cual está conformada por tres (3) bloques: Bloque A (Administrativo), Bloque B (Bienestar Universitario) y Bloque C (Claustro).		
<b>METODOLOGÍA:</b>		
Se deben identificar las actividades y funciones que demandan consumos hídricos, se deben detectar fugas y situaciones anormales, se evalúan y priorizan impactos, se ejecuta un cronograma de actividades, se plantean un conjunto de módulos de consumo y se tienen en cuenta los indicadores de consumo, para dar solución a los problemas planteados se procede a identificar las situaciones no conformes con el PUEYRA, se realiza un formato de acciones preventivas y correctivas.		
<b>RESULTADOS:</b>		
Realizando el diagnóstico, se observa que en el Bloque C es donde se genera el mayor consumo del recurso, esta situación está asociada a las obras de construcción del Bloque B, las cuales demandaron del recurso hídrico proveniente de este bloque; de igual forma se deben tener en cuenta las obras de infraestructura realizadas en este bloque; dentro de las que se encuentran: construcción de laboratorios y cambios de pisos, lo cual influyó directamente en el consumo del recurso hídrico. El PUEYRA es un programa propuesto desde la premisa de realizar un uso eficiente y ahorro del agua, es por ello que su implementación debe darse preferiblemente en los tiempos propuestos y debe iniciar con un proceso de sensibilización y educación que permee a toda la comunidad universitaria para lograr resultados tangibles en corto tiempo generando beneficios económicos y ambientales.		
<b>CONCLUSIONES:</b>		

El presente documento es una herramienta de gestión ambiental fundamental para la Universidad del CES, sede Poblado, el cual nace por iniciativa propia y busca generar acciones que visualicen la importancia de las Buenas Prácticas Ambientales y la Producción Más limpia y Consumo Sostenible en las diferentes labores realizadas en el Campus Universitario; tanto para el cumplimiento legal como para la reducción en el consumo y costo del recurso hídrico. Se evidencia el compromiso de la Universidad a través del Comité Ambiental como líder de las acciones de tipo ambiental. La iniciativa de implementar programas ambientales como éste, puede agregarle valor a la Universidad frente a otras Instituciones educativas. La gestión ambiental es un tema que se puede abordar desde este tipo de programa, el cual disminuye el riesgo de incumplimientos legales, multas, entre otros; a la vez que contribuyen con el mejoramiento de la imagen institucional

Fuente: Universidad CES, 2018

Tabla 4. Caso 2

<b>TITULO DE ESTUDIO</b>		
PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE AGUA PARA LA EMPRESA TEXTILES OMNES S.A. DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS-RISARALDA		
<b>AUTORES</b>	<b>AÑO</b>	<b>PAÍS DE ORIGEN</b>
MARJURY ARROYAVE ROJAS	2017	COLOMBIA
<b>OBJETIVOS:</b>		
Formular el programa de uso eficiente y ahorro de agua partiendo de las buenas prácticas ambientales, para la optimización del recurso hídrico dentro de la empresa Textiles Omnes S.A del municipio de Dosquebradas - Risaralda.		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		
El cambio climático traerá consigo consecuencias muy drásticas en el territorio nacional, como se ha evidenciado en los últimos años (2010 y 2011) con el fenómeno de la niña, donde se registraron precipitaciones excesivas al menos en la región andina, caribe y pacífica entre el mes de agosto y diciembre de 2010 y las cuales se vinieron a neutralizar en el mes de mayo de 2011, según informes del IDEAM (Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales De Colombia), así mismo el fenómeno del niño en el 2016 con temperaturas nunca antes registradas en gran parte de la región caribe y andina según los estudios del IDEAM, para contrarrestar estos fenómenos climáticos se tendrán que formular 9 estrategias para uso eficiente y ahorro del agua en todo el territorio nacional ya que en la diversidad de relieves, regiones de nuestro país lo ameritan. Si bien, es de vital importancia el uso eficiente del recurso hídrico, se debe tener en cuenta de igual forma la contaminación de las fuentes hídricas lo cual requiere implementar estrategias de recuperación y protección. En el contexto internacional, se ha convertido en una prioridad la conservación del recurso y su adecuada gestión.		
<b>METODOLOGÍA:</b>		

Como primera medida se va a diagnosticar la demanda de agua dentro de la empresa Textiles Omnes S.A. En la fase del diagnóstico para los procesos industriales y actividades que utilizan agua se hizo mediante la revisión documental, observación y toma de datos en campo, Acto seguido se diagnosticó la demanda de agua en los procesos industriales (taslanizado, acabados, lavados e impregnación) igualmente con las actividades de mantenimiento, consolidando datos puntuales de uso, lo que permitirá estimar el uso de agua en dichos procesos, para proponer las líneas estratégicas de uso eficiente y ahorro de agua.

**RESULTADOS:**

- Programa I Metas anuales de reducción
- Programa II. Medición
- Programa III. Sensibilización a la comunidad
- Programa IV. Protección de la microcuenca.

**CONCLUSIONES:**

En el desarrollo del trabajo se evidencio la necesidad de diagnosticar la demanda de agua dentro de la empresa, ya que para la formulación e implementación del programa de uso eficiente y ahorro de agua se debe tener en cuenta los datos obtenidos en el diagnóstico, evidenciándose que el proceso de lavado en la maquina Jigger es el que necesita mayor consumo de agua a nivel productivo, en los demás procesos como taslanizado y actividades de aseo y mantenimiento es más controlado el uso del recurso. Para finalizar cabe resaltar que la formulación del programa de uso eficiente y ahorro de agua para la empresa Textiles Omnes S.A fue un trabajo no tanto para la reducción de consumo de agua si no para dar cumplimiento con lo establecido en la normatividad exigida por la autoridad ambiental competente y dar continuidad a los que ya se tiene desde la dirección de mantenimiento, y así mismo dar cumplimiento a lo planteado.

Fuente: Universidad CES, 2018

**Tabla 5.** Caso 3

TITULO DE ESTUDIO		
PROYECTO DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE AGUA EN COLOMBIA		
AUTORES	AÑO	PAÍS DE ORIGEN
Biol. MSc. Ana Dorly Jaramillo ;Ing.MScAndres Echeverry Sánchez; Ing.MSc Neil Henry Arenas Camacho, Ing. Edie Amorocho Gonzalez, Ing. Luis Alfonso Hurtado, Tec. Elkin Eugenio Molina Camacho y Econ. Carlos David Hurtado.	2015	COLOMBIA
OBJETIVOS:		
Contribuir con el mejoramiento del Programa de Uso eficiente y Ahorro del Agua del Acueducto de Armenia; el Distrito de Riego de Coello-Cucuana, localizado en el municipio de El Espinal (Tolima) y la PCH Rio Cali 1 y 2 facilitando el acompañamiento a los profesionales encargados del PUEAA en las temáticas concertadas según necesidades del proyecto.		

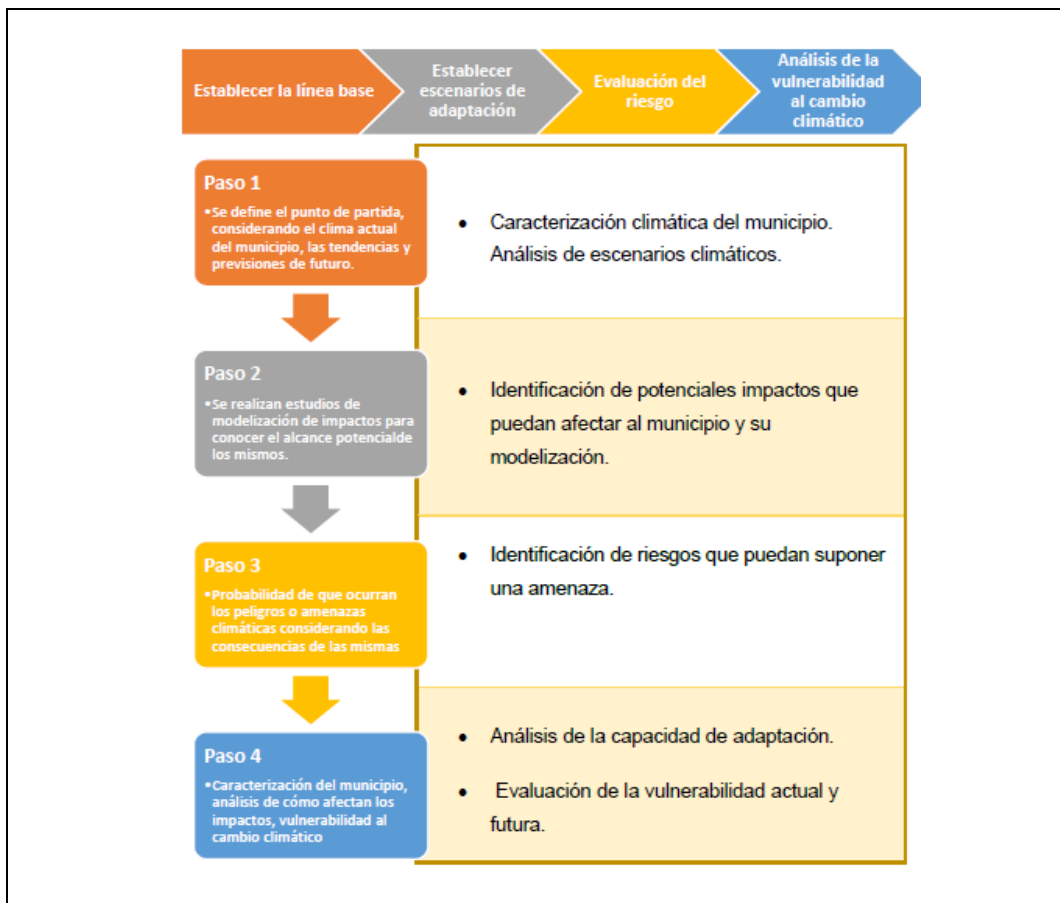


<b>DESCRIPCIÓN:</b>
Para cada usuario priorizado se revisó el programa de UEAA que fue formulado y presentado a las autoridades ambientales que participaron en el proyecto piloto. Inicialmente se documentó cada proyecto para ser presentado como caso, mostrando su estado de avance y desarrollo, para la discusión en el seminario nacional sobre UEAA. Se revisó la consistencia del programa UEAA con los lineamientos, considerando las acciones, los proyectos, las metas e indicadores. Se tuvieron discusiones sobre el programa de UEAA con el equipo de trabajo de cada institución responsable del proyecto y la autoridad ambiental frente a las condiciones reales de operación. Lo anterior implicó para el equipo de trabajo del proyecto identificar las condiciones en campo de funcionalidad y manejo de los proyectos en los tres énfasis definidos. Se revisaron y discutieron los conceptos y esquemas de análisis relacionados con los programas en uso eficiente de agua en el proyecto piloto para los tres usuarios.
<b>METODOLOGÍA:</b>
Se deben categorizar y normalizar factores, posteriormente se realiza una clasificación de pesos para cada factor, se procede a realizar una matriz, se evalúa y se escoge el plan piloto.
<b>RESULTADOS:</b>
Existe gran parte de la información para llevar a cabo el cálculo de la demanda hídrica por periodo y teniendo en cuenta la variación espacial de los parámetros climáticos. Se cuenta con información temporal y espacial de precipitación y evapotranspiración de referencia (nivel mensual), cultivos, fechas de siembra y áreas cultivadas. La información faltante sería la siguiente: Localización espacial de cultivos, eficiencias de conducción, distribución y aplicación. No existe información que permita tener una idea clara del comportamiento temporal de la oferta hídrica en las dos fuentes hídricas (antes de captación) del distrito. Este es un aspecto negativo bastante impactante si se desea planificar la actividad agrícola en función de disminuir la vulnerabilidad de la inversión de los agricultores y para evitar conflictos con usuarios de otros sistemas.
<b>CONCLUSIONES:</b>
El uso del agua y el suelo deben planearse conjuntamente. La eficiencia de aplicación del agua está estrechamente relacionada con las propiedades hidrodinámicas del suelo. Lograr lo anterior debe ser una meta en el PUEAA de los distritos de riego de pequeña, mediana y gran escala en Colombia. En el caso particular estudiado se encontró que la programación de riego a nivel predial no obedece a la demanda del cultivo y a la capacidad de almacenamiento del suelo. Esto constituye otro aspecto importante para lograr un uso eficiente del agua en el distrito. Es preciso calcular la demanda para cada etapa de los cultivos y monitorear las condiciones de humedad del suelo para programar las aplicaciones de riego de manera eficiente. La infraestructura de conducción y distribución representa una de las principales causas de ineficiencia en el uso del agua en los distritos de riego de mediana y gran escala.

Fuente: MSc. Ana Dorly Jaramillo, 2015

**Tabla 6.** Caso 4

<b>TITULO DE ESTUDIO</b>		
METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DEL ANÁLISIS DE RIESGOS Y VULNERABILIDADES		
<b>AUTORES</b>	<b>AÑO</b>	<b>PAÍS DE ORIGEN</b>
Concell de Mallorca	2018	España
<b>OBJETIVOS:</b>		
Establecer escenarios de adaptación, evaluar el riesgo existente y analizar la vulnerabilidad al cambio climático.		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		
Partiendo de la idea de que existen, como hemos visto, varios puntos de entrada para el análisis de los efectos del cambio climático, la secuencia analítica que se presenta en este documento está en línea con el esquema propuesto por el grupo de trabajo II en el quinto informe de evaluación del IPCC y toma como eje central el análisis de la vulnerabilidad y del riesgo.		
<b>METODOLOGÍA:</b>		



**RESULTADOS:**

Para seleccionar las vulnerabilidades se deberán tener en cuenta factores como, la extensión y localización geográfica, tamaño y estructura de la población, carácter y vocación productiva y la estructura urbana y accesibilidad. Dentro del propio análisis de vulnerabilidades, se plantea para los sectores definidos analizar la vulnerabilidad en función del índice de riesgo, valor que varía entre 0 y 100, y la capacidad de adaptación, valor que se encuentra entre 1 y 7. El índice de vulnerabilidad viene definido por el rango de valores resultado del cruce de estas dos variables, encontrándose entre 0 y 700, tal y como se indica en la tabla presentada a continuación:

**CONCLUSIONES:**

Con esta metodología se obtiene el grado de vulnerabilidad del municipio a los impactos climáticos concretos a los que se encuentra expuesto tanto en el momento actual como los que se expondrá en el futuro.

Fuente: Concell de Mallorca, 2018

**Tabla 7. Caso 5**

<b>TITULO DE ESTUDIO</b>		
PROGRAMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA		
<b>AUTORES</b>	<b>AÑO</b>	<b>PAÍS DE ORIGEN</b>
Agencia Nacional de Tierras, Ministerio de agricultura	2018	Colombia
<b>OBJETIVOS:</b>		
Fomentar el ahorro y el uso adecuado del recurso hídrico a todos los funcionarios y contratistas de la entidad, promoviendo el consumo responsable del agua durante el desarrollo de las actividades al interior de las sedes de la ANT.		
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		
El agua es un recurso fundamental para el sustento de la vida, en la actualidad el suministro del agua sufre un riesgo de escases debido a la contaminación y el desperdicio desmedido del recurso, lo anterior genera una preocupación debido a la importancia que tiene el agua para todas las personas y es que a pesar de que el agua es considerada como un recurso renovable tarda un tiempo en abastecerse nuevamente. En razón de lo anterior la Agencia Nacional de Tierras formula el siguiente Programa de Ahorro y Uso Eficiente del Agua de acuerdo con lo establecido en la Ley 373 de 1997 y la voluntad de mejora continua, este proceso lo realiza la entidad con el propósito de generar conciencia entre todo su personal acerca de la importancia que tiene el cuidado del agua, para de esta forma facilitar el cumplimiento de las metas y objetivos del Sistema de Gestión Ambiental planteado por la entidad, de tal manera que se reduzca el impacto adverso que causa el consumo del agua al interior de las sedes de la ANT el cual se asocia con el agotamiento de los recursos naturales.		
<b>METODOLOGÍA:</b>		
Para cumplir con los objetivos y metas del presente programa es necesario implementar una serie de actividades, cuya descripción general se presenta a continuación, el detalle de las actividades, los responsables, los plazos para su ejecución y los registros de su implementación se presentan en el presente programa de conformidad con las acciones ubicadas en el inciso de resultados.		

## RESULTADOS:

Actividad	Descripción	Responsable	Aplica para
Revisión y seguimiento a los consumos	El historial permite analizar los datos del consumo de agua en cada sede, con la información obtenida la ANT realiza la gestión respectiva con el objeto de reducir o mantener el nivel de consumo del recurso hídrico, por esto se hace un seguimiento mensual de todas las facturas de los servicios públicos para efectos de hacer seguimiento de los indicadores.	Subdirección Administrativa y Financiera.	Sedes de Bogotá y Unidades de Gestión territorial
Instalación de Mecanismos de Reducción del Consumo	En las sedes que no tengan baterías sanitarias ahorradoras o de flujoómetro, se debe instalar mecanismos ahorradores en las llaves de agua, en su defecto colocar una botella plástica llena de agua dentro del tanque de los inodoros ubicándola lejos de la válvula, esto con la intención que las botellas invadan parte del espacio que debe ocupar el agua disminuyendo el consumo y ahorrando agua en cada descarga.	Subdirección Administrativa y Financiera.	Sedes de Bogotá y Unidades de Gestión territorial
Identificación de oportunidades de reducción del consumo	Realizar un análisis de las actividades que se ejecutan al interior de las sedes y determinar cuáles provocan mayor consumo de agua, con el objeto de identificar en cuales puntos se puede implementar estrategias de ahorro.	Subdirección Administrativa y Financiera.	Sedes de Bogotá y Unidades de Gestión Territorial
Mantenimiento de la red hidráulica	Con el fin de evitar fugas causadas por el deterioro de la red hidráulica, se realizará una vez por año inspección total a la red con el fin de identificar posibles fallas y fugas, e implementar las respectivas correcciones. En las sedes arrendadas el mantenimiento de la red hidráulica será solicitado a la administración del edificio, o a los propietarios.	Subdirección Administrativa y Financiera.	Sedes de Bogotá y Unidades de Gestión Territorial
Concientización	Los funcionarios y contratistas de la Agencia Nacional de Tierras deben cuidar el agua y hacer un uso responsable, para que esto suceda la entidad realizará jornadas de capacitación y divulgación de información al personal acerca de las buenas prácticas ambientales que se deben implementar para asegurar el uso eficiente del recurso hídrico.	Subdirección Administrativa y Financiera, Oficina Asesora de Planeación	Sedes de Bogotá y Unidades de Gestión Territorial

## CONCLUSIONES:

Las actividades propuestas en el presente programa de ahorro y uso eficiente del agua tienen un alcance nacional, involucra las sedes de la ciudad de Bogotá D.C., las Unidades de Gestión Territorial y los Puntos de Atención a Tierras, debe ser consultado por todos los Funcionarios, Contratistas y demás partes interesadas en las sedes donde haga presencia la Agencia Nacional de Tierras - ANT.

Fuente: Agencia Nacional de Tierras, Ministerio de agricultura, 2018

Tabla 8. Caso 6.

TITULO DE ESTUDIO		
PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA DE LA FRONTERA NORORIENTAL-CORPONOR		
AUTORES	AÑO	PAÍS DE ORIGEN
Andrés Rodríguez Méndez Profesional en Formación Subdirección Planeación y Fronteras	2015	COLOMBIA
OBJETIVOS:		

Actualizar el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua, estableciendo nuevas metas para el próximo quinquenio con el fin de reducir el consumo de agua, en el marco del Plan Institucional de Gestión Ambiental PIGA, adoptado por la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental - CORPONOR mediante resolución No 182 de 2011, y de esta manera contribuir con el desarrollo sostenible del departamento Norte de Santander.

#### **DESCRIPCIÓN:**

Se entiende por Programa para el uso eficiente y ahorro del agua el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico (Art. 1 Ley 373 de 1997) El uso eficiente de agua a nivel mundial se ha convertido en una necesidad crucial para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, considerándolo como un "recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el ambiente", teniendo en cuenta que su gestión debe basarse en un enfoque participativo, involucrando a usuarios, planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles" (Conferencia internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente, Dublín 1992). El cambio climático es una realidad que está afectando al recurso hídrico por la alteración que este genera al ciclo hidrológico haciendo que las temporadas secas sean más largas, trayendo como consecuencia la escasez de agua, lo cual debe llevar a desarrollar programas de aspecto tecnológico, cultural y político que optimice la utilización del recurso hídrico.

#### **METODOLOGÍA:**

Realizar la revisión del Programa para el uso eficiente y ahorro del agua. (PUEAA) en el marco del Plan institucional de gestión ambiental PIGA. Realizar un diagnóstico cuali-cuantitativo correspondiente al cumplimiento de las metas establecidas en el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Formular el Programa para el uso eficiente y ahorro del agua que se va a implementar durante el próximo periodo en la entidad. Establecer lineamientos que permitan cumplir con las metas del uso eficiente y ahorro del agua Implementar estrategias de sensibilización ambiental que ayuden a mitigar y reducir los impactos ambientales generados por uso inadecuado del recurso agua. Lograr una cultura organizacional sobre el uso racional del recurso hídrico por parte de los funcionarios, personal de apoyo, y visitante, mediante la adopción y estrategias de sensibilización y concientización Diseñar planillas de reporte, donde se llevará el historial diario del consumo de agua y el estado de las redes hidrosanitarias y del sistema de riego.

#### **RESULTADOS:**

La Corporación en los últimos años ha ido fortaleciendo los procesos, estableciendo indicadores que permiten medir las metas planteadas para disminuir el consumo de agua en las diferentes actividades que se realizan. Para que el PUEAA cumpla con el propósito para el cual fue diseñado y sea un programa dinámico, debe ser un proceso continuo en lo técnico, lo preventivo, lo comunicativo y en la educación ambiental. Aunque se han ido reemplazando los sanitarios de 8 litros por sanitarios de 6 litros y de doble descarga, los lavamanos aún son de perilla, y sería indicado cambiar la totalidad de los sanitarios y llaves por tecnologías de bajo consumo. Se han desarrollado talleres de educación ambiental que concientizan a las personas que laboran en la entidad sobre la importancia de ahorrar el recurso hídrico, pero en este aspecto ha habido dificultades porque ha habido un cambio continuo de personal. Esto refleja que aunque se han implementado las actividades para reducir el gasto, este ha aumentado; para poder disminuir el consumo se replantearán las actividades y se formularán otras.

#### **CONCLUSIONES:**

La participación social encaminada a la sostenibilidad del recurso debe ser un esfuerzo por convencimiento propio y NO por coacción, a partir del concepto “El que conoce ama, y el que ama defiende”, de modo que propenda por la disminución de los costos a raíz del manejo inadecuado en lo cultural y en lo técnico, optimizando el mismo, de tal manera que se pueda hablar de un equilibrio ecológico dando las herramientas necesarias a CORPONOR para que sea multiplicadora y parte importante en la racionalización y conservación del agua.

Fuente: Andrés Rodríguez Méndez, 2015

#### **4.4. MARCO CONCEPTUAL**

En este proyecto se abordan los conceptos de Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua, cambio climático y la gestión del riesgo el cual abarca conceptos como la vulnerabilidad, la amenaza y el riesgo el cual está dirigido al riesgo por desabastecimiento del recurso hídrico.

El programa de uso eficiente y ahorro del agua es una estrategia que debe ser adoptada por toda persona natural, jurídica o en otras palabras, los usuarios que soliciten una concesión de aguas, es importante mencionar que la ley 373 de 1997, no toma en cuenta los términos de usuarios y concesión, pues hace referencia a las entidades, lo que conlleva una notable diferencia con respecto al decreto, siendo este la reglamentación de la ley.

En ese mismo orden de ideas, la reglamentación exige que todo usuario que solicite un permiso de concesión, debe contar con su respectivo programa de uso eficiente y ahorro del agua; en el presente proyecto se abordan estos conceptos y algunas estrategias para dar a conocer a los usuarios que representan la derivación más representativa de la cuenca del río Guadalajara cuales son los términos, condiciones y actividades que deben considerar de acuerdo a su estado actual.

Debido a lo anterior, y teniendo en cuenta que el agua es un recurso altamente vulnerable ante los cambios externos relacionados al cambio climático o variabilidad climática, se considera fundamental hacer un uso adecuado enfocado a la eficiencia y ahorro del mismo, a partir de una serie de actividades ligadas a líneas estratégicas.

De acuerdo a lo anterior, la definición de cambio climático es de suma importancia en este proyecto, porque este es el principal problema al que se está expuesta la cuenca del río Guadalajara, debido a que se está viendo afectada por los cambios acelerados de las características naturales del planeta, una de ellas es el aumento en la temperatura del ambiente, ocasionando fuertes periodos de sequía y una notable disminución del recurso.

Por lo anterior, la población está siendo vulnerable a este fenómeno no tan natural y que se vea afectada por eventuales pérdidas, ya sea en lo material, económico o físico; que causaría un futuro desabastecimiento.

#### 4.5. MARCO LEGAL

NORMA	REGLAMENTO	ARTICULADO
<p><b>CONSTITUCIÓN POLITICA DE COLOMBIA</b></p>	<p>Impulsa la integración de la comunidad, decreta, sanciona y promulga con el fin de fortalecer la unidad de la Nación y asegurar a sus integrantes la vida, la convivencia, el trabajo, la Justicia, la igualdad, el conocimiento, la libertad y la paz.</p>	<p><b>Artículo 80°</b> - El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras</p>

		naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.
<b>Decreto 1541 de 1978</b>	Dominio de las aguas, cauces y riberas, y las normas que rigen su aprovechamiento sujeto a prioridades en orden a asegurar el desarrollo humano, económico y social	<b>Artículo 1° - Numeral 3</b> Comprende las restricciones y limitaciones al dominio en orden de asegurar el aprovechamiento de las aguas por todos los usuarios
<b>Ley 373 de 1997</b>	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua	<b>Artículo 3° -</b> Cada entidad encargada de prestar los servicios de acueducto, alcantarillado, de riego y drenaje, de producción hidroeléctrica, y los demás usuarios del recurso



		hídrico presentarán para aprobación de las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales, el Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua.
<b>Ley 1523 de 2012</b>	Se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres.	<b>Artículo 4° Definiciones</b> Riesgo, vulnerabilidad, amenaza
<b>Decreto 2041 de 2014</b>	Licencias ambientales	<b>Artículo 40° - Numeral 5</b> -Verificar el cumplimiento de los permisos, concesiones o autorizaciones ambientales por el uso y/o utilización de los recursos naturales Renovables, autorizados en la licencia ambiental.
<b>Decreto 1076 de 2015</b>	Decreto Único Reglamentario del Sector	<b>Artículo 2° - Tasas retributivas</b>

	<p>Ambiente y Desarrollo Sostenible</p>	<p>compensatorias y por el uso del agua.</p> <p><b>Artículo 2.2.1.2.25.1.</b> Prohibiciones. Por considerarse que atenta contra la fauna silvestre y su ambiente.</p> <p><b>Artículo 2.2.3.3.1.4.</b> Ordenamiento del recurso hídrico es un proceso de planificación mediante el cual se fija la destinación y usos de los cuerpos de agua continentales superficiales y marinos</p> <p><b>Artículo 2.2.2.1.16.1.</b> Control y vigilancia, Corresponde a Parques Nacionales Naturales de Colombia organizar sistemas de control y vigilancia para hacer cumplir las normas de este capítulo y las respectivas del Decreto-ley 2811 de 1974 (Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente).</p>
--	---	---

		<p><b>Artículo 2.2.2.3.1.2.</b>  Autoridades ambientales competentes en licenciamiento ambiental. Son autoridades competentes para otorgar o negar licencia ambiental, conforme a la ley y al presente decreto, las siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).</li> <li>2. Las Corporaciones Autónomas Regionales y las de Desarrollo Sostenible.</li> </ol> <p><b>Artículo 2.2.2.3.1.3.</b>  Concepto y alcance de la licencia ambiental La licencia ambiental, es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio</p>
--	--	---

		ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje.
<b>Decreto 298 de 2016</b>	Se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático	<b>Artículo 4° - Numerales:</b> <b>5:</b> Favorecer la reducción de la vulnerabilidad de la población más afectada por los efectos del cambio climático en Colombia. <b>7:</b> Implementar las medidas de adaptación de cambio climático y mitigación de gases de efecto invernadero.
<b>Decreto 1090 de 2018</b>	Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible, en lo relacionado con el programa para el uso eficiente y ahorro de agua.	<b>Artículo 1°</b> - El presente decreto tiene por objeto reglamentar la ley 373 de 1997 en lo relacionado con el programa para el uso eficiente y ahorro de agua y aplica a las autoridades ambientales, los usuarios que soliciten una concesión de aguas y a las entidades territoriales responsables de implementar proyectos o lineamientos dirigidos al uso eficiente y ahorro del agua

## **5. DISEÑO METODOLOGICO**

### **5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Para dar solución a la pregunta problema se llevaron a cabo dos tipos de investigación: una cualitativa, debido a que mediante información, revisión bibliográfica y visitas de campo, se diagnosticó el estado actual de la zona de estudio; es decir, se describieron aspectos en lugar de medirlos, pero de manera poco estructurada. Para complementar esta investigación cualitativa, se hizo necesario realizar un análisis cuantitativo, en el cual se recurrió a bases de datos oficiales de la CVC, el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), el IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático), entre otros, que permitieron obtener datos reales de la zona de estudio y de los factores externos que incidieron en ella, tales como: la cantidad de usuarios presentes en la región, sus asignaciones de caudal, los efectos de las variables de cambio climático en la zona, etc.

La investigación comenzó con la elección de la zona de estudio, teniendo en cuenta los siguientes criterios: la ubicación, el tipo y número de usuarios, la cantidad de agua concesionada por CVC, las actividades desarrolladas y la demanda del recurso hídrico.

Posteriormente, tomando en cuenta información disponible de la CVC, el IDEAM, el MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), la UPRA (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria), la guía de uso eficiente y ahorro del agua, el informe de la cumbre mundial sobre desarrollo sostenible, y otras internacionales como el IPCC, se estableció la variación de caudales en el tiempo y se revisaron las variables climatológicas (temperatura, precipitación, etc.).

Finalmente, se incorporó al proyecto información sobre la situación socioeconómica de los usuarios de la zona de estudio, también como información ambiental que

cubra áreas de deforestación, actividades pecuarias, avícolas, entre otras. Con esta información se buscó establecer la vulnerabilidad y las amenazas ante el riesgo de desabastecimiento de agua en el río Guadalajara.

La investigación se centró en los principales factores que influyen en el desabastecimiento del recurso hídrico en la cuenca del río Guadalajara, tomando una zona de estudio elegida bajo unos criterios específicos como zona colectiva para la ejecución general de un programa de uso eficiente y ahorro del agua como medida de adaptación al riesgo de desabastecimiento de agua, para toda la cuenca, también se tornó importante definir y estudiar la población vulnerable al cambio climático y desabastecimiento; así como las posibles amenazas que en esta zona aportan al riesgo.

Los factores cualitativos y cuantitativos de estudio seleccionados arriba, constituyen el foco de esta investigación por cuanto otros estudios los han tomado en cuenta como variables de análisis de cara al posible desabastecimiento del agua. Con base en dichas variables, el presente proyecto de formulación del PUEAA permitió identificar correctamente los factores de riesgo (amenazas y vulnerabilidades) que afectan la disponibilidad de agua en la cuenca del río Guadalajara.

## **5.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES**

Para el desarrollo del presente proyecto, se llevarán a cabo las siguientes fases:

**5.2.1. Fase 1:** Determinar las características de un grupo de usuarios, que conformen una zona representativa dentro de la cuenca del Río Guadalajara, para convertirla en un PUEAA colectivo

Para la selección de la zona de estudio, se tuvieron en cuenta las siguientes características:

- Ubicación de la acequia incluyendo la vereda y el corregimiento, sea el caso.

- Número de derivación, actualmente, el río cuenta con 8 acequias o derivaciones para la distribución del agua en zonas que requieran concesión.
- Lugar y forma de la captación, ya sea artesanal, por medio de trinchos o de diques o vertederos.
- Número de usuarios o suscriptores y su respectiva información, es decir, el uso que se le da al recurso, el caudal concesionado y las acciones o tecnologías utilizadas para el uso eficiente y ahorro del agua.
- Medio de la conducción, es decir, en canal abierto en tierra, revestido, etc.
- -Caudal de entrada y de salida.
- Estado actual de las obras hidráulicas, involucrando aspectos de la estructura, rejillas, canales o desarenadores (dado el caso).
- Estado actual de las condiciones ambientales ya sean positivas o negativas, como por ejemplo, la erosión, inundación, deforestación, entre otras.
- Mecanismos actuales de regulación y control de la conducción y distribución.
- Verificación del caudal concesionado con el caudal real.
- Verificación de la vigilancia e inspección sobre el uso de las aguas.
- Uso del suelo.
- Nivel de desabastecimiento en la zona en periodos críticos.

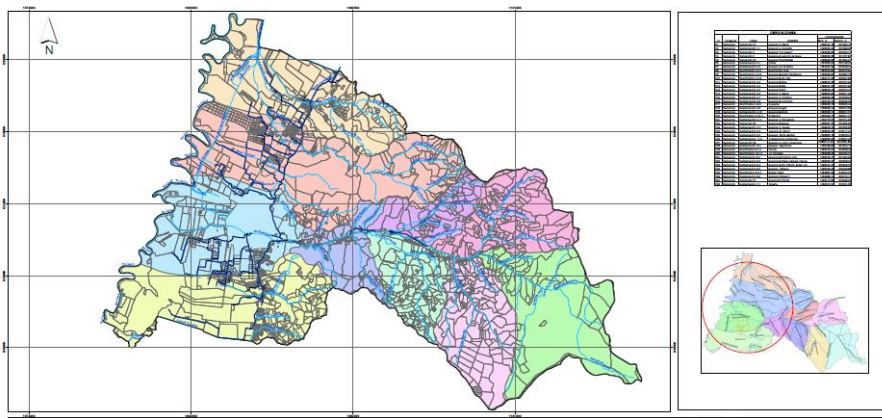
Se reunió información otorgada por la CVC, como es el caso del documento de reglamentación, en donde se determinó el número de usuarios, información acerca de la asociación de usuarios, el uso del recurso, el caudal concesionado, etc. Es importante reconocer que, la información obtenida en dichas bases de datos sirvió como línea de partida para la determinación de la zona de estudio, pues, teniendo toda la información de estudios anteriormente realizados en las 8 acequias de la cuenca, se logró evidenciar la de mayor interés para la ejecución del presente proyecto, es decir, la primera etapa consistió en una revisión e investigación, la cual fue sustentada a partir de bases de datos sólidas, las cuales ayudaron a definir la zona de interés para la implementación del programa de uso eficiente y ahorro del agua.

En este orden de ideas, la zona reglamentada del río Guadalajara cuenta con 7 derivaciones; acequia La María, acequia Las Vegas, acequia Bocatoma Aguas de

Buga, acequia Chambimbal, acequia Grande-Albergue, acequia La Julia y la acequia El Chircal.

Para dar inicio al análisis de cada derivación, accedió al documento en Excel, “cruce reglamentación” – expedientes en la pestaña reglamentación obtenida por parte de la CVC, en la cual pudo evidenciarse la cantidad de usuarios que conforman cada una de las derivaciones a estudiar, se tuvo en cuenta los datos de área, caudal concesionado, el uso que lo caracteriza entre otros aspectos para elegir la derivación representativa; en la ilustración 1, se logra plasmar la geografía de la ciudad de Guadalajara de Buga representada por las derivaciones que corresponden a la zona reglamentada.

**Ilustración 1.** Derivaciones en la zona reglamentada - Guadalajara de Buga



**Fuente:** Reglamentación del río Guadalajara, 2019, CVC.

Es importante mencionar que de las 7 derivaciones que conforman la zona reglamentada, la numero 3 que corresponde a la acequia Bocatoma aguas de Buga, no se tomó en consideración en el análisis ya que corresponde al acueducto y las conducciones que se derivan de este, teniendo en cuenta un único uso, el doméstico.



### 5.2.1.1. Determinación de la derivación representativa

Como primera medida, se tuvo en cuenta el caudal representativo de cada una de las 7 derivaciones, el área representativa, el número de usuarios y los módulos con respecto los usuarios y al área, en donde se determinó el caudal utilizado por área y por número de usuario comparado el indicador establecido, el cual es importante mencionar que debe cumplirse para que exista un equilibrio entre todos los usuarios, es decir la demanda y la oferta representada en la capacidad de la cuenca.

La caracterización de estos usuarios se comparó con la configuración de la cuenca del río Guadalajara, con el propósito de establecer que la zona seleccionada fuera representativa, para lo cual se evaluaron unos lineamientos involucrando las características representativas de la cuenca, como por ejemplo, el uso del suelo, la cobertura vegetal, el uso y cantidad del recurso hídrico, la ubicación, si se habla de la zona de producción o de consumo de agua, el nivel de desabastecimiento de la acequia en periodos críticos, y las tecnologías aplicadas al uso, toda esta información se llevó a cabo como una investigación previa haciendo uso de las TICS, como es el caso del GeoVisor avanzado de CVC, y otras tecnologías aplicadas en el desarrollo del proyecto.

Por otra parte, la zona de estudio se definió con la ayuda de algunos funcionarios de la CVC-Dar centro sur, pues son las personas indicadas y quienes tienen mayor conocimiento acerca de la zona, también apoyados por la investigación y análisis previo realizado por parte de los responsables del presente proyecto.

A partir del estudio general de la zona reglamentada, se analizó cada derivación con su respectiva área, caudal, número de usuarios, y sus diferentes usos con respecto al total de cada uno, teniendo en cuenta también los módulos de caudal vs área y de caudal vs número de usuarios.

De acuerdo con los resultados anteriores con respecto al área, el caudal, el número de usuarios y los módulos, se procedió a elaborar una tabla resumen que plasmó en porcentaje la prevalencia que tiene la derivación escogida sobre las otras.

Se plasmó el porcentaje de prevalencia correspondiente a la derivación 4, teniendo en cuenta el peso de cada criterio con respecto a la ubicación, el número de usuarios, la cantidad de concesión y la actividad, siendo el 10%, 30%, 40% y 20% respectivamente.

**Tabla 9.** Categoría y criterios de selección

<b>Porcentaje</b>	<b>Criterio</b>
10%	Ubicación
30%	Número de usuarios
40%	Cantidad concesión
20%	Actividad

*Fuente: Los autores*

En este orden de ideas, la ubicación, el número de usuarios, la cantidad de concesión y la actividad, se evaluaron a través de un porcentaje de acuerdo con su importancia, la cual fue categorizada de acuerdo con el criterio de los autores del presente proyecto.

Un punto importante para tener en cuenta es la actividad, la cual se dividió en, agrícola, pecuaria, industrial, recreativa y doméstica, de acuerdo con la demanda en L/s que los usuarios tienen sobre cada una de ellas.

En este orden de ideas, todos los datos obtenidos fueron cuantitativos, y esto representó una mayor facilidad a la hora de clasificar cada criterio de acuerdo con el porcentaje, de esta manera, se tuvo un criterio de calificación, teniendo en cuenta dicha información, la cual plasmó los valores representativos de cada criterio se procedió a realizar el análisis que se utilizó para determinar el valor que representó cada una de las 6 derivaciones, dicho valor se determinó teniendo en cuenta la siguiente ecuación.

$$Ponderación = (Valor\ criterio * 100 * 6 * \%) / total\ valor\ criterio$$

### 5.2.1.2. Determinación de grupo de usuarios que representen la derivación planteada

Teniendo en cuenta la información anterior, se procedió a seleccionar el número de usuarios de la derivación escogida los cuales fueron encuestados, estos fueron seleccionados entre la cantidad total de usuarios que conforman la acequia escogida, por otro lado, la cantidad de usuarios se determinó a partir de un método estadístico denominado tamaño de la muestra, el cual está regido por la siguiente ecuación:

**Ilustración 2.** Ecuación para determinar el número de muestras

Entre más heterogénea sea la población, el tamaño de muestra requerido será mayor.

$$n = \frac{z_{1-\alpha/2}^2 \cdot S^2}{e^2}$$

A mayor nivel de confianza, más grande es el tamaño de la muestra.

El máximo error tolerable influye inversamente en el tamaño de la muestra.

De acuerdo con la ecuación anterior, se tomó un nivel de confianza del 95%, un error tolerable de 3,1 litros por segundo, y una desviación estándar de 14,8176 L/s de acuerdo al caudal concesionado de todos los usuarios, a partir de la solución de la ecuación anterior, se logró determinar el número de muestras, es decir el número de usuarios criterio que representan la derivación escogida.

Por otro lado, los usuarios fueron clasificados de acuerdo con el tamaño de la concesión, teniendo en cuenta este criterio, se hizo necesario hacer uso de una tabla dinámica, a partir de la cual se logró determinar el número de usuarios que representó cada grupo ya sea muy pequeño, pequeño, mediano o grande, es importante mencionar que de los 98 usuarios, 13 no se tuvieron en cuenta ya que

tienen una concesión menor a 2L/s lo cual no cumple con el criterio y tamaño de concesión.

**Tabla 10.** Criterio para cada tamaño de concesión

Tamaño de concesión (L/s)	Criterio
<=2	Muy pequeño
10	Pequeño
>10 < 30	Medianos
>30	Grandes

*Fuente: Los autores*

En este mismo orden de ideas, se organizó la información de la siguiente manera, teniendo en cuenta la tabla dinámica anteriormente mencionada y tomando como objeto de selección los 85 usuarios que sí cumplen con el criterio y tamaño de concesión.

De acuerdo con lo anterior, para determinar cuántos usuarios corresponden a cada criterio se clasificaron los usuarios de acuerdo a la función SI en Excel y se tomó en cuenta cada criterio, posterior a esto, en la tabla dinámica, se contó el número total de suscriptores que representó cada criterio, y por último, de cada cantidad obtenida en cada criterio, se debe hacer otro filtro, teniendo en cuenta que el número de muestras debe ser 21, se hace uso de la función redondear la cual tomó en cuenta la siguiente ecuación:

$$\text{Redondear } (21/85)*21,0)$$

El cero indica que no requiere ningún decimal; ahora bien, teniendo en cuenta el procedimiento mencionado anteriormente, se obtuvo el número de muestras para cada tamaño de concesión, seguidamente, se obtuvo información de los usuarios que fueron seleccionados para las encuestas

5.2.1.3. Diseño de las fichas de recolección de datos obtenidos en la primera visita de campo.

A partir de la determinación de la zona de estudio, se diseñó la ficha técnica ilustrada a continuación con el propósito de caracterizar el área y de esta manera tener una visión más amplia acerca de la misma, y de así categorizar los diferentes problemas que se presentan actualmente.

En la ficha técnica se puede evidenciar información acerca de la asociación de usuarios, el uso del suelo, el caudal utilizado y concesionado, la infraestructura hidráulica, entre otras.

**Tabla 11** Ficha técnica para la primer visita en la zona de estudio

Fecha								
N° Encuesta								
Encuestador								
INFORMACIÓN DEL PROPIETARIO				USO DEL AGUA				
Tipo de persona	Natural	<input type="checkbox"/>	Jurídica	<input type="checkbox"/>	Doméstico			
Nombre o razón social				N° Personas				
C.C.				Pecuario				
Dirección				Especie	Cantidad			
Teléfono								
E-mail								
INFORMACIÓN DEL PREDIO				Piscícola				
Nombre				N° Lagos	Vol Lagos(m <sup>3</sup> )			
Vereda								
Corregimiento				Producción por lago				
Área total (Ha)								
Clasificación suelo OT	Urb	<input type="checkbox"/>	Rural		<input type="checkbox"/>			
SUMINISTRO DE AGUA				Riego				
Tiene concesión	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	Área (Ha)	Cultivo	Frecuencia	Sistema riego
Titular concesión								
Tipo de fuente								
Nombre tipo de fuente								
Margen	Derecha	<input type="checkbox"/>	Izquierda	<input type="checkbox"/>	Producción (Ton/Año)			
	Ambas	<input type="checkbox"/>			Industrial			
Tanque de almacenamiento	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	Volumen (L/s)			
	Volumen (m <sup>3</sup> )							
GEOREFERENCIACIÓN				TIPO DE CAPTACIÓN				
Sitio	Latitud(N)	Longitud(E)		Sistema				
Predio			Bombeo	<input type="checkbox"/>	Gravedad	<input type="checkbox"/>		
Captación					Obra			
Descripción del sitio			Estructura	<input type="checkbox"/>	Tríncho	<input type="checkbox"/>		
					Conducción			
			Tubería	<input type="checkbox"/>	Canal revestido	<input type="checkbox"/>		
			Canal sin rev					
			Tipo medidor					
		Es continuo el suministro		SI	<input type="checkbox"/>	NO		
OBSERVACIONES								

Fuente: Elaboración propia

Una vez seleccionada la zona de estudio a partir de los datos cualitativos, como es el caso de la obtención de información por medio de las visitas, las listas de chequeo

y la información otorgada por las autoridades ambientales, se procedió a realizar un diagnóstico cuantitativo y cualitativo de las condiciones actuales del área de interés, el cual se evidencia en la segunda fase del presente proyecto, identificando las amenazas y vulnerabilidades del entorno.

**5.2.2. Fase 2:** Diagnosticar las amenazas y las vulnerabilidades sobre el recurso hídrico presentes en la zona seleccionada del río Guadalajara.

La gestión del riesgo integra la evaluación de los peligros, la vulnerabilidad, y su manejo, en donde se tiene en cuenta la participación de actores clave y la sociedad; para esta fase, se tendrán en cuenta herramientas que ayudarán a evaluar el impacto climático en cuencas hidrográficas.

#### 5.2.2.1. Construcción de la línea base.

Para el desarrollo de la línea base se tomó como materia de apoyo la información obtenida en las listas de chequeo, los datos hidroclimatológicos, los datos biofísicos y socioeconómicos los cuales se clasificaron a través de una serie de indicadores del área de estudio, también se utilizaron los siguientes datos como complemento para el diagnóstico:

-Recopilación y análisis de información complementaria.

-Localización de ecosistemas de los que depende la oferta hídrica de la cuenca.

Posteriormente, se tuvo en cuenta la tabla 18, en la cual se relaciona cada indicador con una categoría específica, es decir, la determinación de su esencia de vulnerabilidad o amenaza, al determinar cada categoría, teniendo en cuenta que tanto la vulnerabilidad como la amenaza se mide a través de parámetros, se toma en consideración los tres correspondientes a la vulnerabilidad que son, la sensibilidad, la exposición y la capacidad de adaptación, por otro lado, la amenaza se mide a través de la probabilidad de ocurrencia.

**Tabla 12** Indicadores seleccionados

<b>Indicadores cualitativos para cada contexto</b>		
<b>Contexto</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Fuente</b>
<b>Biofísico</b>	Índice de uso de agua(IUA)	IDEAM 2010
	Índice de escasez	ENA 2010
	Índice de vulnerabilidad (IVH)	IDEAM 2010
	Índice de retención y regulación hídrica (IRH)	IDEAM 2010
	Índice de aridez (IA)	IDEAM 2010
	Índice de alteración potencial de la calidad de agua (IACAL)	IDEAM 2010
	Caudal(m <sup>3</sup> /s)	CVC, CIAT, Secretaría de ambiente, agricultura y pesca, 2018
	Precipitación (mm)	
	Temperatura(°C)	
<b>Institucional</b>	Infraestructura relacionada con el recurso hídrico	Proyecto de reglamentación río Guadalajara, CVC, 2019
	Usuarios relacionados con el recurso hídrico	
<b>Socioeconómico</b>	%Uso del suelo	
	Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios %	
	%Cobertura de recurso hídrico para usuarios	

*Fuente:* Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la Metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática, año 2014

#### 5.2.2.2. Determinación de vulnerabilidades.

Teniendo en cuenta que las condiciones de vulnerabilidad y probabilidad de ocurrencia se estiman de acuerdo a la experiencia de quien las califica, se tomó información acerca de las primeras visitas y el diagnóstico obtenido del estado actual del área de estudio, es importante mencionar que esto se hizo de manera subjetiva debido a que no existen criterios respectivos para su cuantificación, sin embargo, se hizo necesario determinar la vulnerabilidad de manera cuantificable teniendo como fundamentos, las fichas técnicas, matrices, y guías metodológicas de análisis de vulnerabilidad, las cuales dieron lugar a las acciones de adaptación y proporcionaron bases para cubrir los seguimientos, de manera que se pudiera demostrar que se está cumpliendo su objetivo, el cual consiste en reducir el riesgo de desabastecimiento de agua.

Para lograr adquirir información, se optó por la experiencia de expertos sociales y naturales y de esta manera se generó una idea de cómo funciona un sistema para este caso; es necesario tener presente que se habla de multicriterios, es decir, una herramienta que sirve para tomar decisiones en problemas complejos, pues incluye aspectos cualitativos y cuantitativos a la hora de tomar decisiones.

Como primer paso se tuvo en cuenta un análisis cualitativo con diversos factores para explicar procesos en el sistema socio ambiental de la zona de estudio, después se pasó a un modelo cuantitativo, pues cuando se cuantifica algo, se está pasando un fenómeno a valores concretos, lo que implica la necesidad de medición bajo ciertas reglas, en donde el funcionamiento de los procesos fue caracterizado a través de parámetros y relaciones funcionales.

Por esta razón se hizo necesario establecer de manera clara los parámetros y factores requeridos en la cuantificación de la vulnerabilidad, como por ejemplo las características del entorno, las condiciones físicas, sociales y ambientales de la zona de estudio, teniendo en cuenta el nivel de exposición, sensibilidad y su capacidad de respuesta.



En la determinación del modelo cuantitativo a utilizar, se tuvo en cuenta los lineamientos establecidos en la “metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática”.<sup>24</sup>. Como primera medida se establecieron las siguientes preguntas como parte de la delimitación de las características del modelo a usar:

- ¿Quién o qué es vulnerable?: Para este caso, quien o que es vulnerable se refiere a la zona de estudio establecida en la fase 1.
- ¿A qué se es vulnerable?: En este contexto se hace referencia a la definición de amenaza representada por el cambio y variabilidad climática.
- ¿En qué momento se es vulnerable?: En este punto se evalúa la vulnerabilidad actual y futura hacía la variabilidad y cambio climático.

Como segundo paso se realizó una lista de chequeo involucrando valores tanto cualitativos como cuantitativos, teniendo en cuenta los diferentes contextos o dimensiones mencionados a continuación.

- a. Biótico y abiótico: referente al conjunto de la estructura biofísica, en la cual se especifica el estado actual de la cuenca, caracterizando parámetros de interés.
- b. Institucional: en el cual se tendrán en cuenta lineamientos administrativos de la gestión de las instituciones involucradas.
- c. Económico: se refiere a todas aquellas actividades económicas que se ven afectadas directamente en la zona de estudio.
- d. Sociocultural: toma en cuenta las interacciones entre comunidades, teniendo presente sus costumbres y cultura.

Para cada uno de los contextos se tuvo en cuenta una serie de indicadores a los cuales se les otorgó una descripción cualitativa y se le asignó un valor cuantitativo a partir de criterios propios o información proporcionada por el IDEAM como es el

---

<sup>24</sup> MÓNICA PATRICIA VALENCIA ROJAS, APOLINAR FIGUEROA CASAS. Metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática. [En línea]. Colombia, Universidad de Medellín. 2014. [Citado el día 27 de Octubre de 2019]. Disponible en internet: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v13n25/v13n25a03.pdf>.

caso de los índices para analizar el estado del recurso hídrico, dichos indicadores se describen a continuación.

**Tabla 13.** Índice de aridez

<b>Índice de aridez</b>		
<b>Categoría</b>	<b>Rango</b>	<b>Valor</b>
Altamente deficitario de agua	<60	
Deficitario de agua	0.50-0.59	
Moderado deficitario de agua	0.40-0.49	
<b>Moderado</b>	0.30-0.39	
Moderado y excedentes de agua	0.20-0.29	
Excedentes de agua	0.15-0.19	
Altos excedentes de agua	<0.15	

*Fuente: IDEAM 2015*

**Tabla 14.** Índice de alteración potencial de la calidad de agua

<b>Índice de alteración potencial de la calidad de agua</b>		
<b>Categoría</b>	<b>Rango</b>	<b>Valor</b>
5	Muy alta	
4	Alta	
<b>3</b>	Media alta	0.6
2	Moderada	
1	Baja	

*Fuente: IDEAM 2015*

**Tabla 15.** Índice de retención y regulación hídrica

<b>Índice de retención y regulación hídrica</b>		
<b>Categoría</b>	<b>Rango</b>	<b>Valor</b>
Muy baja	<0.50	
Baja	0.50-0.65	
Moderada	0.65-0.75	
Alta	0.75-0.85	0.4
Muy alta	>0.85	

*Fuente: IDEAM 2015*

**Tabla 16.** Índice de uso de agua

<b>Índice de uso del agua</b>		
<b>Categoría</b>	<b>Rango</b>	<b>Valor</b>
Critico	> 100	
Muy alto	50,01 - 100	
Alto	20,01 - 50	
Moderado	10,01 - 20	
Bajo	1,0 - 10	0.6
Muy bajo	≤ 1	

*Fuente: IDEAM 2015*

**Tabla 17.** Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico

<b>Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico</b>		
<b>Categoría</b>	<b>Rango</b>	<b>Valor</b>
5	Muy alta	
4	Alta	
3	Media	
2	Baja	0.4
1	Muy baja	

Fuente: IDEAM 2015

Al realizar una revisión meticulosa del estado del arte acerca de metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad o la gestión de riesgo de manera general ante las amenazas del cambio y variabilidad climática, se logró determinar que existen tres parámetros muy importantes para evaluar los impactos presentes, se habla entonces de la Ex (*exposición*), la cual se refiere al grado en el que la zona de estudio se encuentra expuesta a las variaciones climáticas definidas como amenazas externas, la Se (sensibilidad), definida como la forma en que el sistema o la zona expuesta responderá a un cambio determinado en el clima, este análisis incluye consecuencias benéficas o dañinas, y la Ca (capacidad de adaptación), este concepto se refiere a la capacidad que tiene la sociedad de hacer uso de los recursos disponibles y las habilidades para enfrentar impactos sobre la zona de estudio.

Cada uno de los parámetros mencionados anteriormente fueron aplicados a los indicadores correspondientes a los contextos establecidos en la tabla 5, por otro lado, el rango de valores establecido oscilará entre 0 y 1 en donde 0 se asocia a condiciones de baja exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, y valores cercanos a 1 se clasifican como la relación opuesta, es necesario tener presente que para la exposición y sensibilidad con valores cercanos a 0 corresponden a un parámetro positivo con respecto a los impactos o amenazas, mientras que para un valor cercano a 0 para la capacidad de adaptación, corresponde a una respuesta

negativa ante impactos o amenazas de cambio o variabilidad climática, la ecuación representada a continuación relaciona la vulnerabilidad en función de la exposición, sensibilidad y la capacidad adaptativa.

$$Vulnerabilidad = Ex + Se - Ca + \frac{1}{3}$$

Es preciso mencionar que para cada parámetro se tuvo en cuenta la sumatoria de los indicadores mencionados, la cual no puede ser superior a la unidad, como ejemplo, se puede determinar  $Ex = Ia + Ib + Ic \dots In \leq 1$ , y de esta manera se calculó Se y Ca, para cada uno de los indicadores se debe tener en cuenta, el valor del indicador ponderado y el peso que lo representa.

Por otro lado, analizando la ecuación se logra evidenciar que la Ex y la Se son parámetros positivos debido a que estos equivalen a respuestas positivas entre más cercanas se encuentren de 0, mientras que la Ca es lo opuesto, es decir entre más cercana se encuentre de 0, su respuesta será negativa, y el  $1/3$  se considera necesario en la medida en que aporta a que el resultado de vulnerabilidad no sea negativo y se mantenga en un rango entre 0 y la unidad, de esta manera, cada uno de los indicadores tendrá un valor entre 0 y 1, al igual que los parámetros y al mismo tiempo la vulnerabilidad tendrá un rango entre 0 y 1. A partir de lo anterior, la vulnerabilidad será evaluada de la siguiente manera.

**Tabla 18.** Rangos para determinar vulnerabilidad

<b>Rangos para interpretar vulnerabilidad</b>					
0	0,16	0,33	0,5	0,67	0,84 --- 1
Mínima	Menor	Significativa	Importante	Grave	Muy grave

*Fuente: Metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática, año 2014*

A continuación se menciona el procedimiento que se utilizó en la determinación de la vulnerabilidad para cada contexto e indicadores correspondientes.

➤ Biofísico.

Se determinaron las vulnerabilidades correspondientes a los índices de aridez, como primer punto se tuvo en cuenta las categorías de clasificación de cada uno de los índices considerando que hacen referencia a la vulnerabilidad representada en la sensibilidad del sistema y que al menos uno de ellos fue positivo, que es el caso del índice de retención y regulación hídrica.

Posteriormente, se compararon los resultados obtenidos con las categorías correspondientes a cada índice, teniendo en cuenta que cada uno es independiente y calculado de manera diferente, por otro lado, es importante mencionar que para cada uno de los índices con sus respectivos rangos, se realizó una matriz de selección para determinar el peso que tiene cada categoría con respecto a la vulnerabilidad del sistema, teniendo en cuenta que entre más este valor se aproxime a la unidad, tendrá una vulnerabilidad alta.

Para calcular la vulnerabilidad relacionada con la sensibilidad del sistema se tuvo en cuenta la siguiente ecuación:

$$Vulnerabilidad\ Se = \frac{IA + IAPCA + IUA + IVD - IRH}{5}$$

➤ Usuarios e infraestructura relacionada con el recurso hídrico

Se tuvo en cuenta el uso de cada predio, la obra, la conducción y el sistema de riego, posteriormente se otorgaron unos valores a cada situación a partir de una matriz de ponderación, se tomó en cuenta la eficiencia del sistema y la eficiencia de la estructura se determinó a partir de la matriz de ponderación de la estructura

Posteriormente se procedió a otorgar un valor definitivo a las eficiencias obtenidas anteriormente a través de la siguiente ecuación:

$$ET = \frac{Eficiencia\ sistema\ de\ riego + Eficiencia\ estructura}{N^{\circ}\ Muestras} * 100$$

Una vez obtenida la eficiencia que representa los dos criterios, se clasificó de acuerdo a la cantidad de muestras que representa cada una, de acuerdo a la matriz

de vulnerabilidades y posteriormente se determinó un valor cualitativo para el mismo a través del otorgamiento de rangos para cada valor de vulnerabilidad.

Es importante tener en cuenta que, para determinar una vulnerabilidad definitiva, los valores mencionados deben ser menores a la unidad, por lo tanto, para seguir adecuadamente con el proceso de selección de la vulnerabilidad, se hizo necesario escoger un factor de conversión, en este caso se tuvo en cuenta 1/10, ya que, es un valor que no va a afectar el resultado directamente.

➤ Uso del suelo

La vulnerabilidad del uso del suelo depende del porcentaje de usuarios que lo conforman, en este caso, la mayor vulnerabilidad corresponde al uso agrícola y se tiene en cuenta un valor, el cual dio lugar a la determinación de la vulnerabilidad, a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Valor para vulnerabilidad} = \frac{\% \text{cantidad usuarios} * 100}{21 * 10}$$

Es importante mencionar que se utilizó el factor de conversión 1/10, para que los valores no sobrepasen la unidad y tampoco se vea afectado por dicho valor, se tuvo en cuenta la vulnerabilidad para cada uso

De acuerdo a la tabla anterior, se observó que la vulnerabilidad anterior fue el resultado de la sumatoria de la vulnerabilidad correspondiente a los 4 usos, debido a que este parámetro hace referencia a la acumulación de valores, teniendo en cuenta el total, lo contrario a la determinación de la vulnerabilidad de la infraestructura la cual si se determinó a partir del promedio.

➤ Cobertura del recurso hídrico para usuarios y la percepción de eficiencia del recurso por parte de los usuarios.

En este punto se tuvo en cuenta los usuarios que tienen un uso agrícola, por ser el más representativo y vulnerable, en este análisis, se consideró el área de riego, la

demanda del recurso hídrico, el módulo actual es decir el volumen de agua utilizado en una hectárea, se propuso un nuevo módulo teniendo en cuenta la eficiencia de riego, posteriormente se calculó el volumen real necesario en cada predio, y finalmente el volumen que se propone ahorrar, de esta forma se obtuvo la eficiencia en el sistema de riego y volumen propuesto.

De acuerdo a la información anterior, se realizó una matriz donde se relacionó el módulo propuesto y el volumen de agua ahorrado, debido a que estos dos criterios determinaron de una manera muy clara la vulnerabilidad de cada predio, ya que a mayor módulo y a mayor cantidad de agua con proyección a ser ahorrada, indicaron que no se está haciendo un uso eficiente del riego, y posteriormente se obtuvieron los valores de vulnerabilidad establecidos, se tuvo en cuenta los rangos para determinar la vulnerabilidad teniendo en cuenta el modulo. Posteriormente se tiene en cuenta el resumen para el módulo y volumen ahorrado para cada usuario.

➤ Capacidad de adaptación

Para este punto, se tuvieron en cuenta factores relacionados a la capacidad de respuesta antes y durante y después de la acción de una amenaza representada por un cambio o alteración en el clima en un tiempo determinado, estos factores, hicieron referencia a la obra del sistema de captación y conducción, también al sistema de riego y su eficiencia y finalmente, se tuvo en consideración la percepción de capacidad de respuesta rápida ante la emergencia de desabastecimiento de agua por parte de los usuarios,

De acuerdo a lo anterior, dicha capacidad se determinó en las encuestas, en donde a cada usuario se le otorgó un valor de 1 a 5 siendo 1 la mayor capacidad de respuesta y 5 la menor, en donde se obtuvo un valor promedio de 2 lo cual por motivos de ecuación debe ser dividido entre 10 y se obtiene un valor de 0.2.

Para este procedimiento, se tuvo en cuenta el porcentaje de peso de cada categoría, siendo representativo el mayor, posteriormente se realizó una matriz de selección para otorgarle un valor menor a la unidad y de esta manera calcular la capacidad de adaptación de la zona reglamentada.



La vulnerabilidad ante la capacidad de adaptación se calculó a partir de la siguiente ecuación.

$$Ca = \frac{0.4 + 0.25 + 0.4 + 0.3}{4} = 0.3$$

Para calcular la vulnerabilidad total, haciendo representación a la ecuación:  $V = Se + Ex - Ca + 1/3$ , se tuvo en cuenta una tabla resumen para determinar la vulnerabilidad total la cual relación cada contexto con su respectivo indicador.

#### 5.2.2.3. Diagnóstico general de Amenazas y Vulnerabilidad de la cuenca, y cálculo del riesgo.

La evaluación de las amenazas representa una gran importancia para la determinación del riesgo, pues provee información acerca de la severidad de los fenómenos naturales y principalmente la probabilidad que estos tienen de ocurrir dentro de un periodo de tiempo y un área determinada; para dar lugar a la evaluación de las amenazas es fundamental hacer uso de los SIG (Sistemas de Información Geográficos), estudiando detalladamente “mapas geológicos, geomorfológicos, mapas de suelos, topográficos, fotografías aéreas e imágenes de satélite así como también debe darse relevancia a los datos climáticos e hidrológicos”<sup>25</sup> otorgados por diversas fuentes como es el caso de la herramienta, visor avanzado GeoCVC.

Por otro lado, es de gran importancia incluir información histórica, obtenida a partir de datos escritos los cuales ayudan a categorizar los potenciales eventos, o a partir de la experiencia de las personas presentes de la zona a evaluar; a partir de dichos datos, se logra entonces realizar una evaluación definitiva.

---

<sup>25</sup> JAVIER SABORÍO B. Metodología para la gestión de cuencas hidrográficas siguiendo el enfoque del riesgo integral. [En línea]. Costa Rica. 2009. [Citado el día 26 de Octubre de 2019]. Disponible en internet: <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744817002.pdf>

La metodología a utilizar para la evaluación de las amenazas en la zona de estudio será tomada a partir del documento, “la metodología para la realización del análisis de riesgos y vulnerabilidades por parte del Concejo Insular de Mallorca”<sup>26</sup> en España, el presente documento toma en consideración el esquema propuesto por el quinto informe de evaluación del IPCC tomando como eje principal el análisis de la vulnerabilidad y del riesgo.

Se estipulan de esta manera una serie de posibles amenazas que pueden ser o no ser directamente climatológicas, pero pueden incrementarse debido al cambio o variabilidad climática, a continuación se van a clasificar dichas amenazas que influyen en el aumento del riesgos en la zona de estudio.

- Emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera.
- Aumento de la temperatura. (Datos de reglamentación anterior)
- Variación en las precipitaciones.
- Fenómeno de El Niño.
- Pérdida de cobertura boscosa.

Es necesario que para este punto se tomen en cuenta técnicas de regionalización estadística, para dar lugar a las proyecciones de variabilidad y cambio climático para la zona de estudio, debido a lo anterior se hace necesario revisar documentos como el plan integral de cambio climático, y revisar el incremento o permanencia de la temperatura en diferentes épocas del año, el aumento de las emisiones de efecto invernadero, y el aumento de las situaciones de sequía.

Por otro lado, a partir de información tomada de las bases de datos de CVC, se conocerá acerca de la variabilidad de las precipitaciones en un periodo de tiempo establecido, por último, las variables de olas de calor y el fenómeno del niño se tendrán en cuenta como fenómenos naturales de origen antropogénico o natural

---

<sup>26</sup> AZIGRENE ENERGIZA, Concejo Insular de Mallorca. Metodología para la realización del análisis de riesgos y vulnerabilidades. [En línea]. España. 2018. [Citado el día 26 de Octubre de 2019]. Disponible en internet: [file:///C:/Users/isaqu\\_000/Downloads/180420%20CONSELL%20MALLORCA%20Metodolog%C3%ADa%20Riesgos%20y%20Vulnerabilidades.pdf](file:///C:/Users/isaqu_000/Downloads/180420%20CONSELL%20MALLORCA%20Metodolog%C3%ADa%20Riesgos%20y%20Vulnerabilidades.pdf).

Para el desarrollo del presente punto, se tuvo en cuenta que la amenaza principal el sistema de estudio, corresponde a la alteración climática del recurso hídrico y posteriormente su desabastecimiento, por lo cual se hizo necesario evaluar el comportamiento histórico de los caudales del río Guadalajara a partir de una curva de doble masa desde el año 1972 hasta el 2020, correspondiente al caudal medio.

De acuerdo a la información anterior, se realizó el mismo procedimientos para factores como, la temperatura, la evaporación, la precipitación etc., con respecto a los valores medios, sin embargo, se obtuvieron resultados constantes lo cual indicó que no existe la variabilidad climática en ninguno de estos.

Las amenazas contribuyen a la probabilidad de ocurrencia, por lo que se hace necesario evaluar la probabilidad de ocurrencia de un impacto de la siguiente manera:

**Tabla 18** Probabilidad de ocurrencia y vulnerabilidad de impactos.

<b>Probabilidad Vs Vulnerabilidad</b>			
<b>Valoración</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Descripción</b>
<b>3</b>	Improbable	Mínima	Repercusiones irrelevantes
<b>4</b>	Muy poco probable	Menor	Repercusiones asumibles sin dificultad
<b>5</b>	Poco probable	Significativa	Repercusiones notables, pero asumibles
<b>7</b>	Probable	Importante	Repercusiones importantes, asumibles con mayor dificultad
<b>9</b>	Bastante probable	Grave	Repercusiones graves difíciles de asumir
<b>10</b>	Muy probable	Muy grave	Repercusiones muy graves , no se pueden asumir

*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la Metodología para la realización del análisis de riesgos y vulnerabilidades; Concejo insular de Mallorca, Pacte de Batles i Batlesses ; 2018*

La vulnerabilidad se calculará teniendo en cuenta el análisis de la actividad anterior, en donde a partir del valor obtenido, se tiene en cuenta el análisis cualitativo, en donde se clasifica en vulnerabilidad mínima, menor, significativa, importante, grave y muy grave, y de esta manera, dar lugar a la matriz de probabilidad y vulnerabilidades obtenidas, las cuales deberán cruzarse en una matriz mostrada a continuación, y de esta manera determinar el riesgo resultante relacionado con las amenazas las cuales contribuyen a las probabilidades de ocurrencia,

**Tabla 19** Índices de riesgo a partir de la probabilidad y vulnerabilidad

<b>Índices de riesgo, probabilidad vs vulnerabilidad</b>							
<b>Probabilidad</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Improbable</b>	<b>Muy poco probable</b>	<b>Poco probable</b>	<b>Probable</b>	<b>Bastante probable</b>	<b>Muy probable</b>
<b>Vulnerabilidad</b>							
<b>Puntuación</b>		3	4	5	7	9	10
<b>Mínima</b>	3	9	12	15	21	27	30
<b>Menor</b>	4	12	16	20	28	36	40
<b>Significativa</b>	5	15	20	25	35	45	50
<b>Muy importante</b>	7	21	28	35	49	63	70
<b>Grave</b>	9	27	36	45	63	81	90
<b>Muy grave</b>	10	30	40	50	70	90	100

*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la Metodología para la realización del análisis de riesgos y vulnerabilidades; Concejo insular de Mallorca, Pacte de Batles i Batlesses ; 2018*

El riesgo final se determinará a partir de la siguiente ecuación:

$$Riesgo = probabilidad\ de\ impacto \times Vulnerabilidad$$

Al definir el riesgo presente, se procederá a categorizarlo a partir de valores, definidos en un rango entre 0 a 100, en donde los valores cercanos a 0, serán despreciables, y los valores cercanos a 100, equivalen a impactos muy probables con grandes consecuencias; de esta manera, según la guía metodológica para la realización del análisis de riesgos y vulnerabilidades, que establece los índices de riesgo, se agruparán 4 parámetros diferentes observados a continuación.

**Tabla 20** Evaluación de riesgos a partir de amenazas

<b>Evaluación del riesgo a partir de amenazas</b>				
<b>Riesgo</b>	<b>Valores</b>	<b>Categoría</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Descripción de evaluación</b>
<b>Alto</b>	≤50- 100	3	R3	Necesario y prioritario evaluar acciones
<b>Moderado</b>	≤25- 50	2	R2	Recomendable evaluar acciones
<b>Bajo</b>	0-25	1	R1	Necesario seguimiento, pero no evaluar acciones
<b>Despreciable</b>	0	0	R0	El riesgo es despreciable

*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la Metodología para la realización del análisis de riesgos y vulnerabilidades; Concejo insular de Mallorca, Pacte de Batles i Batllesses ; 2018*

**5.2.3. Fase 3:** Formular los lineamientos estratégicos que conlleven al uso eficiente y ahorro del agua en la zona de estudio, dentro del marco legal vigente.

Una vez seleccionado el grupo de usuarios de la cuenca del Río Guadalajara mediante la fase 1, así como el diagnóstico de amenazas y vulnerabilidades que resultó de la fase 2, se procedió a establecer cuáles podrían ser las líneas estratégicas que propiciarán un mejor uso del agua. Con el propósito de generar estrategias apropiadas, que sean aplicables en el contexto de la zona de estudio y que conlleven a un uso eficiente y/o ahorro del agua, se usaron tres metodologías:

1.- Consultar experiencias a escala nacional de planes que se pudieran enmarcar como de uso eficiente y/o ahorro del agua.

2.- Realizar el análisis de las vulnerabilidades y amenazas levantadas, con el propósito de elevar consultas a expertos en el tema para que sugieran planes de reducción en el consumo de agua, tanto a escala industrial como agrícola.

3.- Encuestar a los usuarios seleccionados en el muestreo, con el propósito de verificar su disposición hacia el cambio de los sistemas actuales de aprovechamiento del agua por sistemas más eficientes.

4. Planteamiento de programas y proyectos.

El PUEAA está constituido por proyectos que surgen de las alternativas revisadas en los numerales 1, 2 y 3 ya descritos en esta fase 3. Estos proyectos fueron enmarcados en programas, para facilitar la comprensión de su aporte al PUEAA. Con el objeto de presentar cada proyecto y sus respectivas actividades, se diseñó la ficha que se presenta en la tabla 21.

**Tabla 21.** Formato para elaboración de proyectos

<b>NOMBRE DE PROGRAMA:</b>	
<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b>	
<b>TIEMPO DE DURACIÓN:</b>	
<b>OBJETIVO:</b>	
<b>METAS:</b>	<b>NORMATIVIDAD:</b> Ley 373 de 1997. Programa de uso eficiente y ahorro del agua.
<b>ACCIONES PROPUESTAS:</b>	<b>COSTO:</b>
<b>COSTO TOTAL:</b>	
<b>INDICADORES</b>	
<b>OBSERVACIONES</b>	

*Fuente: elaboración propia*

## 6. RESULTADOS

**6.1. Fase 1:** Determinar las características de un grupo de usuarios, que conformen una zona representativa dentro de la cuenca del Río Guadalajara, para convertirla en un PUEAA colectivo.

En este mismo orden de ideas, entre las 6 derivaciones estudiadas se obtuvieron los siguientes datos:

**Tabla 22.** Datos obtenidos de las 6 derivaciones evaluadas

<b>Criterios</b>	<b>Datos</b>
Área total (Ha)	8534,82
Caudal total concesionado (L/s)	1708,07
Número total de usuarios	238
Caudal total de consumo humano (L/s)	6,1
Caudal total de uso agrícola (L/s)	1502,89
Caudal total de uso pecuario (L/s)	155,4
Caudal total de uso recreativo (L/s)	8,5
Caudal total de uso Industrial (L/s)	35,2

*Fuente:* Los autores

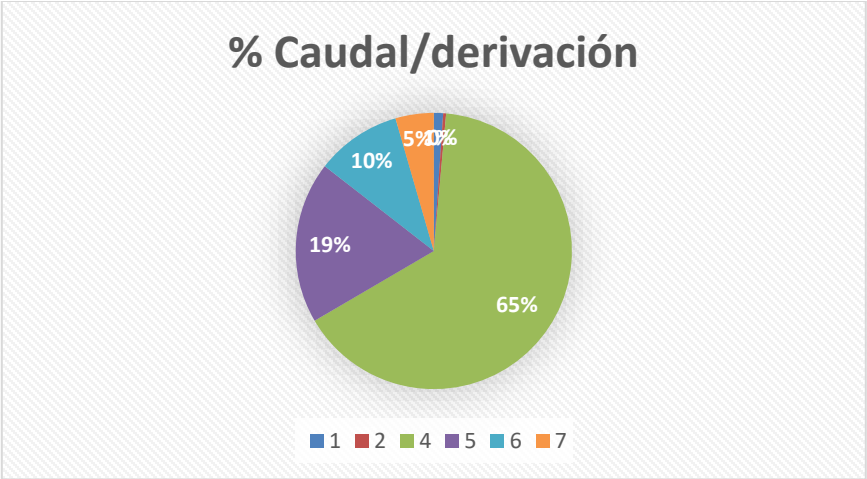
### 6.1.1. Determinación de la derivación representativa.

A continuación se representó de manera gráfica el porcentaje correspondiente al caudal, el área representativa, el número de usuarios y los módulos con respecto al área y número de usuarios.

Es importante mencionar que para la ejecución del siguiente análisis, se realizó una revisión meticulosa al estudio de CVC mencionado en descripciones anteriores sobre la reglamentación del río Guadalajara, dicho estudio cuenta con una base de datos en donde se encuentran registrados todos los usuarios con sus respectivos

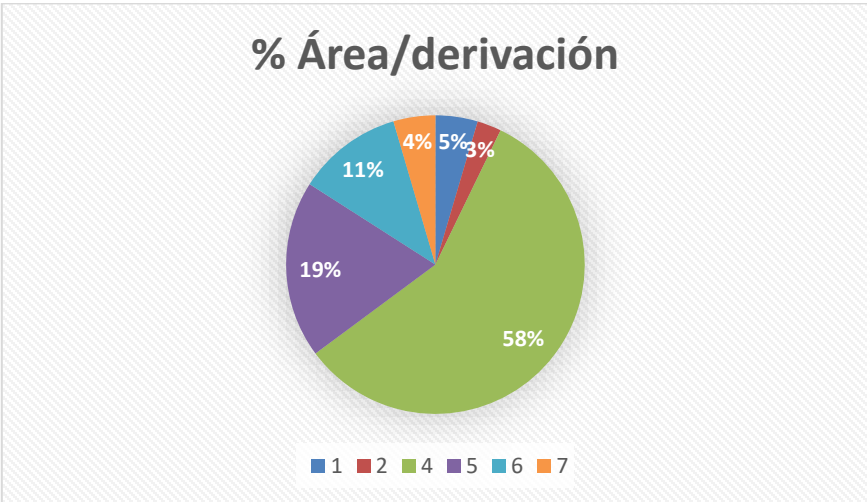
datos como por ejemplo el caudal, el área, el uso etc. Dicho análisis se especifica en los anexos del 1 al 6.

**Ilustración 3.** Caudal representativo de cada derivación.



*Fuente:* Los autores

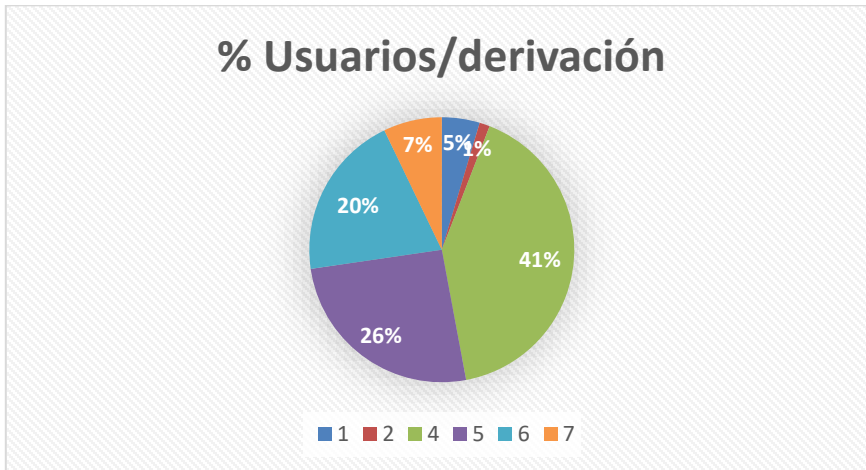
**Ilustración 4.** Área representativa de cada derivación.



*Fuente:* Los autores

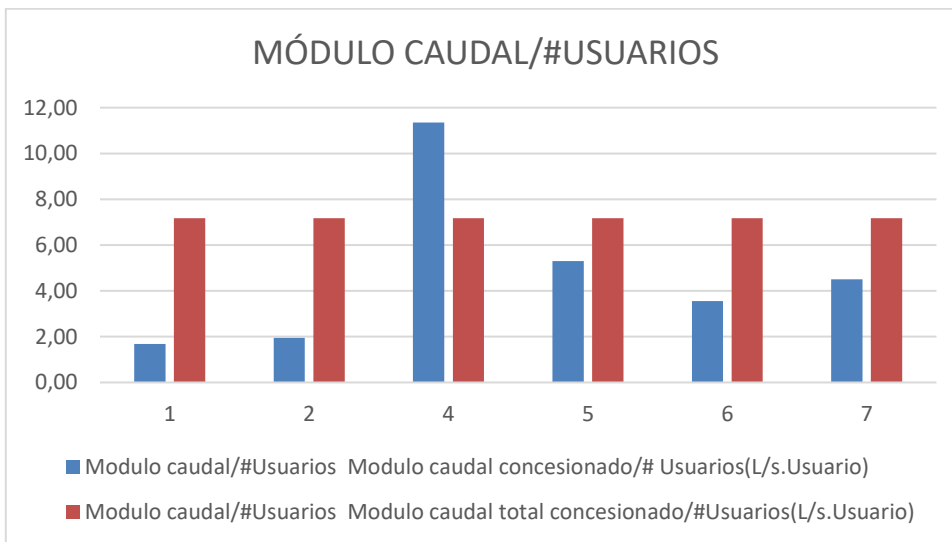


**Ilustración 5.** Número de usuarios representativo de cada derivación.



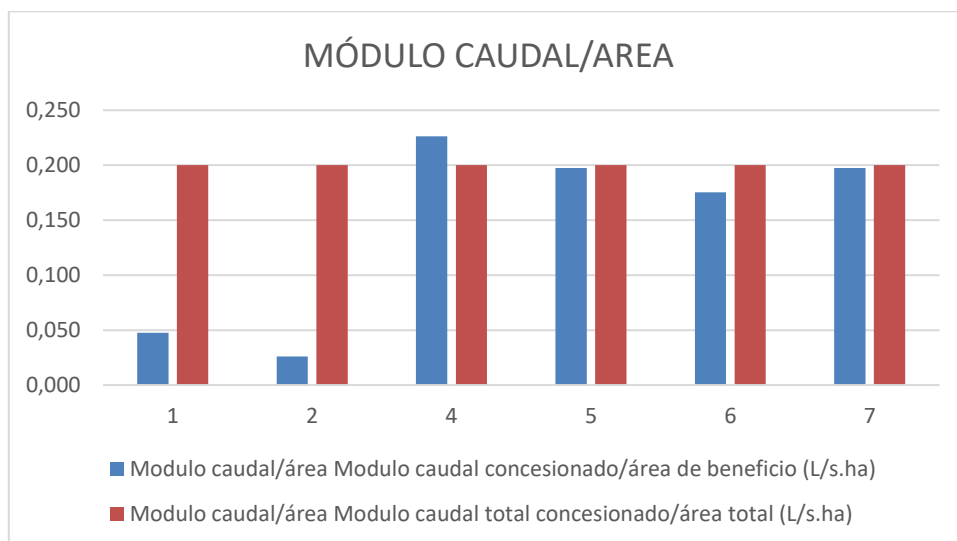
**Fuente:** Los autores

**Ilustración 6.** Módulo Caudal vs Número de usuarios para cada derivación.



**Fuente:** Los autores

**Ilustración 7.** Módulo Caudal vs Área para cada derivación.



*Fuente: Los autores*

A continuación se tuvo en cuenta la actividad la cual se dividió en agrícola, pecuaria, industrial, recreativa y doméstica de acuerdo a la demanda del caudal otorgándole una valoración basada en el criterio de los autores del presente proyecto.

**Tabla 23.** Tipo de actividad

Actividad	Caudal (L/s)	Clasificación	Valoración
Agrícola	1502,8	Muy alto	50
Pecuario	155,3	Alto	40
Industrial	35,1	Medio	30
Recreativo	8,5	Bajo	20
Domestico	6,4	Muy bajo	10

*Fuente: Los autores*

A partir de los porcentajes correspondientes a la tabla 10 correspondientes a cada criterio, se procedió a realizar una matriz de criterios de evaluación cruzando cada derivación con cada ítem, es importante mencionar que los datos obtenidos en la tabla 12, con respecto a la actividad están dados en l/s.

**Tabla 24.** Criterios de calificación y sus respectivos valores.

%	Criterio		Derivación 1	Derivación 2	Derivación 4	Derivación 5	Derivación 6	Derivación 7	TOTAL
10 %	Ubicación		1	2	4	5	6	7	
30 %	Número de Usuarios		11	3	98	61	48	17	238
40 %	Cantidad Concesión		18,6	5,8	1.112,7	323,7	170,8	76,5	1.708,1
20 %	Actividad (L/s)	Domestico	0,0	0,0	0,3	4,5	1,1	0,5	6,4
		Industrial	0,0	0,0	34,9	0,2	0,0	0,0	35,1
		Pecuario	8,5	3,5	93,8	33,6	15,9	0,0	155,3
		Agrícola	8,8	2,5	979,5	280,5	151,9	79,6	1502,8
		Recreativo	0,0	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	8,5
		Valoración	45,0	45,0	30,0	32,5	33,3	30,0	

*Fuente: Los autores*

Posteriormente se hace uso de los datos obtenidos en la tabla anterior para evaluar todos los criterios con respecto a cada derivación.

**Tabla 25.** Evaluación de cada criterio con respecto a cada derivación.

%	Criterio	Derivación n 1	Derivación n 2	Derivación n 4	Derivación n 5	Derivación n 6	Derivación n 7
10 %	Ubicación	10	20	40	50	60	70
30 %	Numero de Usuario	8,3	2,3	74,1	46,1	36,3	12,9
40 %	Cantidad Concesión	2,6	0,8	156,3	45,5	24,0	10,7
20 %	Actividad(L/s )	9,0	9,0	6,0	6,5	6,7	6,0
Total		29,9	32,1	276,5	148,1	127,0	99,6

*Fuente:* Los autores

### 6.1.2. Determinación de grupo de usuarios que representen la derivación 4 (Chambimbal)

Se tiene en cuenta la ecuación de la ilustración 2 para determinar el número de usuarios representativos de la derivación 4

$$n = (0.95^{2*14,8176L / s^2}) / (3.11 / S)^2 = 21$$

Se obtiene entonces 21 muestras a tomar, es decir, se van a escoger 21 usuarios, siguiendo el criterio de nivel de confianza del 95% y una margen de variabilidad aceptable de 3,1L/s, correspondiente al error. .

Al clasificar el tamaño de concesión, se observa a continuación el número de usuarios que representan cada uno de ellos.

**Tabla 26.** Número de muestras para cada tamaño de concesión

<b>Grande</b>	<b>Mediano</b>	<b>Muy Pequeño</b>	<b>Pequeño</b>	<b>Total general</b>
11	21	21	32	85
3	5	5	8	21

*Fuente: Los autores*

De acuerdo al ejercicio anterior se obtuvo que, para usuarios grandes, se encuestaron 3 suscriptores, para medianos, 5, para muy pequeños, y para muy pequeños 8, cumpliendo de esta manera con el número de muestras equivalentes a 21.

Es importante tener en cuenta la información correspondiente a los 21 usuarios que se determinaron en los procedimientos anteriores, considerando el nombre del predio, el nombre del propietario la concesión correspondiente y especificando el tamaño de la concesión.

**Tabla 27.** Información de los 21 usuarios seleccionados para las encuestas

<b>Predio</b>	<b>Propietario</b>	<b>Concesión (L/s)</b>	<b>Tamaño de Usuario</b>	
Santa Rosa B	Productos Agropecuarios Ltda. y CIA S. en C.S PROAGRO Ltda. y CIA S. en C.S	63,36	Grande	3
Betania	Risaz S.A.S	36,9472	Grande	
El Hato (Antes Simba)	Gutierrez Cesar Ivan	35	Grande	
Cristar	Cristar SAS	26	Mediano	5
Sevilla	Agroempresarial Ltda	24	Mediano	
Madroñero	Sociedad de Activos Especiales	16,1056	Mediano	
La Gobernacion	Hugo Fernando Posso Ramirez y otras	16	Mediano	
La Esmeralda	Ecoupalt	12.8	Mediano	
Betania 1	RISAZ SAS. Alfredo Jose Rios	9,9328	Pequeño	8

Buenos Aires-El Vergel	Correa Alberto	8.5	Pequeño	
La Esneda	Alcaldia Municipal de Buga	8	Pequeño	
El Pilar	Fideicomiso Masunca	4.8	Pequeño	
La María Claudia	Nyibe Kaffuri de Lopez	4,7712	Pequeño	
Batallón Palacé - Club de Ingenieros	En comodato al Batallon Palace	4,5	Pequeño	
La Loma No. 2	QBco	3,5	Pequeño	
Paloblanco 2	Adolfo Abadia & Cía S en C	3,2	Pequeño	
Galpones (Rancho Quemau)	Gerardo Lenis	2	Muy Pequeño	5
Villa Marcela o Casa Amarilla	Angela Montoya y/o Toro Montoya Fernando y otros	1,216	Muy Pequeño	
El Palmar LO 3 (Palmar Moreno)	Hernando Moreno (Antes de Aulestia Luis E.)	0,8192	Muy Pequeño	
San Jose	Isabel Obonaga Villafañe	0,32	Muy Pequeño	
Batallón Palacé	Batallón Palacé	0,104916667	Muy Pequeño	
<b>Total</b>				21

*Fuente: Los autores*

### 6.1.3. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

A partir de la información otorgada en el gráfico 1, el caudal representativo con respecto a los demás fue el de la derivación 4 que correspondió a 1112,70L/s de 1708,07L/s lo cual representa el 65% del total del caudal.

Por otro lado, de acuerdo con el gráfico 2, el área más representativa de la zona reglamentada fue la de la derivación 4 que correspondió a 4920,62 Ha de 8534,82Ha, lo cual representó el 58% del total del área. Por último, en el gráfico 3, se pudo evidenciar que el número de usuarios más representativo también correspondió a la derivación 4 la cual contó con 98 usuarios de 238 lo cual representó el 41% del total de usuarios.

En el mismo orden de ideas, a partir de estos datos pudo llegarse a la conclusión de que la derivación 4 es representativa con respecto a las otras 5, sin embargo se hizo necesario evaluar los módulos de caudal/área y de caudal/número de usuarios, para tener datos acerca del consumo por área y el consumo por usuario de cada derivación y de esta manera tener una certeza del grado representativo de esta acequia.

Por otro lado, de acuerdo a los datos obtenidos en los dos módulos, se logró rectificar que la derivación 4 es la que mejor representa la cuenca del río teniendo en cuenta los datos anteriores y de acuerdo con los módulos obtenidos, la derivación 4 sobrepasó en los dos casos, los módulos de caudal y número de usuarios, consumiendo más que el límite establecido para asegurar un consumo en las otras acequias, por lo tanto se consideró un factor bastante importante a la hora de evaluar la representatividad.

## **6.2. Fase 2:** Diagnosticar las amenazas y las vulnerabilidades sobre el recurso hídrico presentes en la zona seleccionada del río Guadalajara.

### 6.2.1. Construcción de la línea base.

Se tuvo en cuenta los siguientes datos biofísicos, institucionales, y socioeconómicos.

En este punto se relacionó cada contexto con su respectivo indicador, la fuente de la cual se obtuvo cada criterio y la descripción de cada uno, posteriormente en la tabla 19 se tuvo en cuenta la categoría para cada indicador, la cual está dividida entre las vulnerabilidades y las amenazas, de acuerdo a esto, se obtuvieron unos parámetros correspondientes al tipo de vulnerabilidad, pues esta se clasifica en sensibilidad y exposición, finalmente se definió una descripción para cada uno de ellos.

**Tabla 28.** Indicadores cualitativos para cada contexto

Indicadores cualitativos para cada contexto			
Contexto	Indicadores	Fuente	Descripción
Biofísico	Índice de uso de agua(IUA)	IDEAM 2010	Estadísticas cuyo proposito es brindar información acerca del estado y dinámica de los recursos naturales y sus interrelaciones con la sociedad de forma sintetica y facilmente comprensible, se miden como la vulnerabilidad del recurso hidrico de la zona
	Índice de vulnerabilidad (IVH)	IDEAM 2010	
	Índice de retención y regulación hídrica (IRH)	IDEAM 2010	
	Índice de aridez (IA)	IDEAM 2010	
	Índice de alteración potencial de la calidad de agua (IACAL)	IDEAM 2010	
	Caudal(m <sup>3</sup> /s)	CVC, CIAT, Secretaría de ambiente, agricultura y pesca, 2018	Datos historicos hidroclimatologicos que ayudan a determinar variabilidad climatica como una amenaza ante el desabastecimiento del recurso hidrico
	Precipitación (mm)		
	Evaporación (mm)		
	Temperatura(°C)		
	Institucional	Infraestructura relacionada con el recurso hídrico	Proyecto de reglamentación río Guadalajara, CVC, 2019
Usuarios relacionados con el recurso hídrico			
Socioeconómico	%Uso del suelo	Proyecto de reglamentación río Guadalajara, CVC, 2019	Vulnerabilidad con respecto al uso del suelo y todo lo que este conlleva, relacionando la cobertura del suelo y la cobertura de agua utilizada para la producción
	%Cobertura de recurso hídrico para usuarios		
	Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios (%)	Proyecto de reglamentación río Guadalajara, CVC, 2019	Vulnerabilidad del recurso hidrico frente al sistema de riego, y las consecuencias negativas o positivas que este trae frente al mismo

*Fuente:* Los autores



**Tabla 29.** Categorías según los indicadores

<b>Indicadores</b>	<b>Categoría</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Descripción</b>
Índice de uso de agua(IUA)	Vulnerabilidad	Se (Sensibilidad)	Hace referencia a la sensibilidad definida como la forma en que el sistema o la zona expuesta responderá a un cambio determinado en el clima, este análisis incluye consecuencias benéficas o dañinas
Índice de vulnerabilidad (IVH)			
Índice de retención y regulación hídrica (IRH)			
Índice de aridez (IA)			
Índice de alteración potencial de la calidad de agua (IACAL)			
Caudal(m <sup>3</sup> /s)	Amenaza	Probabilidad de ocurrencia	Probabilidad de que una serie de fenómenos naturales ocurran dentro de un periodo de tiempo y un área determinada
Infraestructura relacionada con el recurso hídrico	Vulnerabilidad	Ex (Exposición)	Grado en que la zona de estudio se encuentra expuesta a las variaciones climáticas definidas como amenazas externas
Usuarios relacionados con el recurso hídrico			
%Uso del suelo			
%Cobertura de recurso hídrico para usuarios y Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios			
Respuesta de la sociedad ante amenazas, con respecto a la eficiencia de riego, y habilidades para asegurar la oferta de agua en los usuarios ubicados en la última zona correspondiente a la reglamentación	Vulnerabilidad	Ca (Capacidad de adaptación)	Este concepto se refiere a la capacidad que tiene la sociedad de hacer uso de los recursos disponibles y habilidades para enfrentar impactos sobre la zona de estudio

*Fuente: Los autores*

## 6.2.2. Determinación de vulnerabilidades.

### ➤ Biofísico.

Los índices mencionados a continuación, hacen referencia a la cuenca del río Guadalajara de acuerdo a los resultados arrojados por el IDEAM.

**Tabla 30.** Descripción de los índices para la cuenca del río Guadalajara

Índices	Descripción	Índice
<b>Índices de aridez</b>	Característica cualitativa del clima, mide el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación, identifica áreas deficitarias o de excedentes de agua	Moderado
<b>Índice de alteración potencial de la calidad de agua</b>	Se evalúa a partir del promedio de las jerarquías asignadas a las cargas contaminantes de materia orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes, ejercidas por el sector doméstico de 1099 municipios y el industrial de 186 municipios	medio alto
<b>Índice de retención y regulación hídrica</b>	Mide la cantidad de humedad que pueden retener las cuencas	Capacidad de retención alta
<b>Índice de uso del agua</b>	Cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores o usuarios en un periodo determinado (anual, mensual) y por unidad espacial de subzona hidrográfica y cuencas abastecedoras de acueductos en relación con la oferta hídrica superficial disponible para la mismas unidades de tiempo y espaciales	Bajo
<b>Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico.</b>	Permite identificar el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas como periodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno cálido del pacífico (El niño) podría generar riesgos de desabastecimiento	Bajo

*Fuente:* Los autores

Se tuvo en cuenta la guía del IDEAM para cada índice con respecto a la cuenca del río Guadalajara, se tiene en cuenta que cada índice se evaluó de acuerdo al criterio de los autores con respecto a los valores de vulnerabilidad, es decir se tomó en cuenta el análisis de cada una de las guías y posteriormente se otorgó un valor para cada uno de ellos de acuerdo al nivel de vulnerabilidad que los autores consideraron pertinentes de la siguiente manera, por otro lado es importante mencionar que los índices se determinaron teniendo en cuenta los anexos

**Tabla 31.** Matriz de selección para índice de aridez

<b>Matriz de selección</b>							
	<60	0.50-0.59	0.40-0.49	0.30-0.39	0.20-0.29	0.15-0.19	<0.15
Altamente deficitario de agua	100	95	80	75	70	65	60
Deficitario de agua	95	80	75	70	65	60	55
Moderado deficitario de agua	90	75	70	65	60	55	50
<b>Moderado</b>	85	70	65	<b>60</b>	55	50	45
Moderado y excedentes de agua	80	65	60	55	50	45	40
Excedentes de agua	75	60	55	50	45	40	35
Altos excedentes de agua	70	55	50	45	40	35	30

*Fuente: Los autores*

**Tabla 32.** Matriz de selección para índice de alteración potencial de la calidad de agua

<b>Matriz de selección</b>					
	Muy alta	Alta	Media alta	Moderada	Baja
5	100	90	80	70	60
4	90	80	70	60	50
<b>3</b>	80	70	<b>60</b>	50	40
2	70	60	50	40	30
1	60	50	40	30	20

*Fuente: Los autores*

**Tabla 33.** Índice de retención y regulación hídrica

<b>Matriz de selección</b>					
	<0.50	0.50-0.65	0.65-0.75	0.75-0.85	>0.85
Muy baja	100	90	80	70	60
Baja	90	80	70	60	50
Moderada	80	70	60	50	40
<b>Alta</b>	70	60	50	<b>40</b>	30
Muy alta	60	50	40	30	20

*Fuente: Los autores*

**Tabla 34.** Matriz de selección para el índice de uso de agua

<b>Matriz de selección</b>						
	> 100	50,01 - 100	20,01 - 50	10,01 - 20	1,0 - 10	≤ 1
Critico	100	95	90	85	80	75
Muy alto	95	90	85	80	75	70
Alto	90	85	80	75	70	65
Moderado	85	80	75	70	65	60
<b>Bajo</b>	80	75	70	65	<b>60</b>	55
Muy bajo	75	70	65	60	55	50

*Fuente: Los autores*

**Tabla 35.** Matriz de selección para el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico

<b>Matriz de selección</b>					
	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja
5	100	90	80	70	60
4	90	80	70	60	50
3	80	70	60	50	40
<b>2</b>	70	60	50	<b>40</b>	30
1	60	50	40	30	20

*Fuente: Los autores*

A partir de la ecuación se obtuvo un valor de vulnerabilidad con respecto a la sensibilidad de **0,4**, el cual se utilizó más adelante para determinar la vulnerabilidad total de acuerdo a la ecuación principal.

- Usuarios e Infraestructura relacionada con el recurso hídrico.

Se tuvo en cuenta la obra y la conducción para dar lugar a la matriz de ponderación de la estructura representada en la siguiente tabla.

**Tabla 36.** Matriz de ponderación de la estructura

<b>Matriz de ponderación de la estructura</b>			
	<b>Tubería</b>	<b>Canal revestido</b>	<b>Canal sin revestir</b>
<b>Estructura</b>	100	80	60
<b>Bombeo</b>	80	60	40
<b>Trincho</b>	60	40	20

*Fuente: Los autores*

Al tener presente la eficiencia obtenida en la estructura, y la eficiencia del sistema de riego correspondiente a cada una de las implementadas por los usuarios correspondientes al uso agrícola, se obtiene la siguiente tabla.

**Tabla 37.** Eficiencia en la estructura y el sistema de riego

Eficiencia en la estructura y el sistema de riego						
Usuario	Uso	Obra	Conduccion	Eficiencia de la estructura	Sistema	Eficiencia sistema de riego
Santa Rosa B	Agrícola	Trincho	Sin revestir	0,2	Gravedad	0,4
Betania	Agrícola	Estructura	Sin revestir	0,6	Gravedad	0,4
El Hato	Pecuario	Bombeo	Tubería	0,8	Bombeo	
Cristar	industrial	Estructura	Tubería	1		
Sevilla	Agrícola	Estructura	Sin revestir	0,6	Aspersión	0,7
Madroñero	Agrícola	Trincho	Sin revestir	0,2	Gravedad	0,4
La Gobernación	Agrícola	Estructura	Sin revestir	0,6	Aspersión	0,7
La esmeralda	Agrícola	Estructura	Sin revestir	0,6	Gravedad	0,4
Betania 1	Agrícola	Estructura	Sin revestir	0,6	Gravedad	0,4
Buenos Aires El Vergel	Pecuario	Estructura	Tubería	1	Gravedad	
La Esneda	Agrícola	Estructura	Tubería	1	Goteo	0,9
El Pilar	Agrícola	Trincho	Sin revestir	0,2	Gravedad	0,4
La María Claudia	Agrícola	Estructura	Sin revestir	0,6	Gravedad	0,4
Batallón Palacé Club de Ingenieros	Pecuario	Estructura	Tubería	1	Gravedad	0,4
La loma # 2	Industrial	Estructura	Canal revestido	0,8		
Paloblanco 2	Agrícola	Estructura	Canal revestido	0,8	Gravedad	0,4
Galpones	Pecuario	Estructura	Tubería	1	Gravedad	
Villa Marcela	Pecuario	Estructura	Tubería	1	Gravedad	
El palmar	Agrícola	Estructura	Sin revestir	0,6	Gravedad	0,4
San José	Agrícola	Trincho	Sin revestir	0,2	Gravedad	0,4
Batallón palacé	Pecuario	Trincho	Tubería	0,6	Gravedad	

*Fuente:* Los autores

A partir de dichos valores obtenidos, se tuvo en cuenta unos rangos establecidos los cuales se midieron de acuerdo al valor obtenido en la relación entre las dos eficiencias y relacionado con el rango de la vulnerabilidad de la siguiente manera.

**Tabla 38.** Rangos para cada valor de vulnerabilidad

<b>Rango</b>	<b>Valor</b>	<b>Vulnerabilidad</b>
0 a 1.66	0	Muy grave
1.66 a 3.32	4	Grave
3.32 a 4.98	5	Importante
4.98 a 6.64	3	Significativa
<b>6.64 a 8.3</b>	2	Menor
8.3 a 9.96	7	Mínima

*Fuente:* Los autores

**Tabla 39.** Determinación de la vulnerabilidad

<b>Determinación de vulnerabilidad</b>			
<b>Usuario</b>	<b>Eficiencia de la estructura</b>	<b>Eficiencia sistema de riego</b>	<b>Valor</b>
Santa Rosa B	0,2	0,4	2,9
Betania	0,6	0,4	4,8
El Hato	0,8	1	8,6
Cristar	1	1	9,5
Sevilla	0,6	0,7	6,2
Madroñero	0,2	0,4	2,9
La Gobernación	0,6	0,7	6,2
La esmeralda	0,6	0,4	4,8
Betania 1	0,6	0,4	4,8
Buenos Aires El Vergel	1	1	9,5
La Esneda	1	0,9	9,0
El Pilar	0,2	0,4	2,9
La Maria Claudia	0,6	0,4	4,8
Batallón Palacé Club de Ingenieros	1	0,4	6,7
La loma # 2	0,8	1	8,6
Paloblanco 2	0,8	0,4	5,7
Galpones	1	1	9,5
Villa Marcela	1	1	9,5
El palmar	0,6	0,4	4,8
San José	0,2	0,4	2,9
Batallón palacé	0,6	1	7,6
<b>Exposición total</b>			<b>0,6</b>
<b>Vulnerabilidad importante</b>			

*Fuente: Los autores*



En consideración con lo anterior se obtuvo un valor de vulnerabilidad de 0.6 lo cual indica una vulnerabilidad importante.

➤ **Uso del suelo**

En el siguiente cuadro puede evidenciarse el valor otorgado de vulnerabilidad para cada uso teniendo en cuenta el porcentaje de prevalencia, confirmando de esta manera que a mayor uso, mayor porcentaje y por lo tanto dicho uso es el más vulnerable de manera general.

**Tabla 40.** Vulnerabilidad para cada uso de acuerdo a su representatividad

Uso		%	Valor para vulnerabilidad
Agrícola	13	0,6	0,3
Pecuario	4	0,2	0,1
Piscícola	2	0,1	0,0
Industrial	2	0,1	0,0
<b>Vulnerabilidad</b>			<b>0,5</b>

*Fuente: Los autores*

➤ **Cobertura de recurso hídrico para usuarios y la percepción de eficiencia del recurso por parte de los usuarios.**

A continuación se menciona y evalúa cada usuario con respecto al caudal, el área de riego, la eficiencia del sistema de riego, el volumen de la demanda, el modulo con respecto al área, el modulo propuesto considerando las eficiencias del riego, las cuales son acordes a una eficiencia implementada correctamente, se analiza el volumen que en realidad se requiere teniendo en cuenta esas eficiencia y el volumen que se pretende ahorrar siguiendo los criterios anteriores.

**Tabla 41.** Eficiencia en el sistema de riego y volumen propuesto

Usuario	Caudal	Area Riego(Ha)	Eficiencia(mm/d)	Volumen Demanda	Modulo actual	Uso eficiente del agua		
						Modulo Propuesto(L/s. Ha)	Volumen en req (L)	Volumen ahorro (L)
Santa Rosa B	63,36	188	0,4	1.998.121	0,337	0,13	799.248	1.198,873
Betania	36,95	115	0,4	1.165.255	0,320	0,13	466.102	699.153
Sevilla	24,00	75	0,7	756.864	0,320	0,22	529.805	227.059
Madroñero	16,11	50	0,4	508.045	0,320	0,13	203.218	304.827
La Gobernación	16,00	50	0,7	504.576	0,320	0,22	353.203	151.373
La esmeralda	12,80	40	0,4	403.661	0,320	0,13	161.464	242.196
Betania 1	9,93	31	0,4	313.152	0,320	0,13	125.261	187.891
La Esneda	8,00	9	0,9	252.288	0,889	0,80	227.059	25.229
El Pilar	4,80	15	0,4	151.373	0,320	0,13	60.549	90.824
La Maria Claudia	4,77	15	0,4	150.427	0,320	0,13	60.171	90.256
Paloblanco 2	3,20	10	0,4	100.915	0,320	0,13	40.366	60.549
El palmar	0,82	3	0,4	25.860	0,320	0,13	10.344	15.516
San José	0,32	1	0,4	10.092	0,320	0,13	4.037	6.055

Teniendo en cuenta la información anterior, se tomó en cuenta los rangos de ahorro del agua y el modulo propuesto considerando que a mayor volumen de ahorro y a mayor modulo se le da un valor de acuerdo a la vulnerabilidad a partir de una matriz realizada a criterio de los autores del presente proyecto de la siguiente manera.

**Tabla 42.** Rangos para determinar vulnerabilidad según el módulo

<b>Rangos de ahorro de agua</b>	<b>227059,2 -</b>	<b>90256,0 -</b>	
<b>Modulo propuesto</b>	<b>1198872,6</b>	<b>187891,5</b>	<b>6054,9 - 60549,1</b>
<b>0,22</b>	100	80	60
<b>0,80</b>	80	60	40
<b>0,13</b>	60	40	20

*Fuente: Los autores*

De acuerdo a lo anterior se tiene en cuenta la siguiente tabla resumen en la cual se plasma cada usuario, el modulo propuesto, el volumen requerido, el volumen de ahorro y el valor obtenido a partir de la tabla anterior, rangos para determinar vulnerabilidad según modulo, para determinar la vulnerabilidad correspondiente a la cobertura del recurso hídrico.

**Tabla 43.** Resumen para el modulo y volumen ahorrado

Usuario	Uso eficiente del agua			Valor para determinar vulnerabilidad
	Modulo Propuesto(L/s.Ha)	Volumen req (L)	Volumen ahorro (L)	
Santa Rosa B	0,13	799,248	1,198,873	0,6
Betania	0,13	466,102	699,153	0,6
Sevilla	0,22	529,805	227,059	1
Madroñero	0,13	203,218	304,827	0,6
La Gobernación	0,22	353,203	151,373	0,8
La esmeralda	0,13	161,464	242,196	0,6
Betania 1	0,13	125,261	187,891	0,4
La Esneda	0,80	227,059	25,229	0,4
El Pilar	0,13	60,549	90,824	0,4
La Maria Claudia	0,13	60,171	90,256	0,4
Paloblanco 2	0,13	40,366	60,549	0,2
El palmar	0,13	10,344	15,516	0,2
San José	0,13	4,037	6,055	0,2
<b>Vulnerabilidad general</b>				0,52

*Fuente: Los autores*

➤ Capacidad de adaptación

La capacidad de adaptación se determina a partir de los pesos en porcentaje de la estructura, conducción y sistema de riego, en donde para cada una de ellas se analizó a través de una matriz diseñada a criterio de los autores del presente proyecto.

**Tabla 44.** Porcentaje equivalente a la obra

<b>Obra</b>		<b>%</b>
Bombeo	1	5
Estructura	12	57
Trincho	5	24
En blanco	3	14

*Fuente:* Los autores**Tabla 45.** Matriz de selección vulnerabilidad obra

	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>57</b>
<b>Bombeo</b>	100	85	70	55
<b>Estructura</b>	85	70	55	40
<b>Trincho</b>	70	55	40	25
<b>En blanco</b>	55	40	25	10

**Tabla 46.** Porcentaje equivalente a la conducción

<b>Conducción</b>		<b>%</b>
Canal revestido	2	10
Sin revestir	11	52
Tubería	5	24
En blanco	5	24

*Fuente:* Los autores**Tabla 47.** Matriz de selección de la vulnerabilidad de la conducción

	<b>10</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>52</b>
<b>Tubería</b>	100	85	70	55
<b>Canal revestido</b>	85	70	55	40
<b>Sin revestir</b>	70	55	40	25
<b>En blanco</b>	55	40	25	10

*Fuente:* Los autores

**Tabla 48.** Eficiencia para cada predio y sistema de riego

<b>Santa Rosa B</b>	<b>Sistema de riego</b>	<b>Eficiencia</b>
Santa Rosa B	Gravedad	0,4
Betania	Gravedad	0,4
Sevilla	Aspersión	0,7
Madroñero	Gravedad	0,4
La Gobernación	Aspersión	0,7
La esmeralda	Gravedad	0,4
Betania 1	Gravedad	0,4
La Esneda	Goteo	0,9
El Pilar	Gravedad	0,4
La Maria Claudia	Gravedad	0,4
Paloblanco 2	Gravedad	0,4
El palmar	Gravedad	0,4
San José	Gravedad	0,4

*Fuente: Los autores*

**Tabla 49.** Porcentaje equivalente para el sistema de riego

<b>Sistema de riego</b>			
Sistema	Eficiencia	Cantidad	Peso equi
Gravedad	0.4	10	77
Aperción	0.7	2	15
Goteo	0.9	1	8

*Fuente: Los autores*

**Tabla 50.** Matriz de selección de la vulnerabilidad para el sistema de riego

	8	15	77
Goteo	100	70	60
Aperción	70	60	50
Gravedad	60	50	40

*Fuente: Los autores*

Para la determinación de la vulnerabilidad definitiva la cual representó todo el grupo de usuarios, se tuvo en cuenta la tabla 46 la cual identifica y evalúa cada indicador y su valor de acuerdo a su clasificación como sensibilidad, exposición y capacidad de adaptación obteniéndose el valor que se especifica a continuación.

**Tabla 51.** Tabla resumen para determinar vulnerabilidad

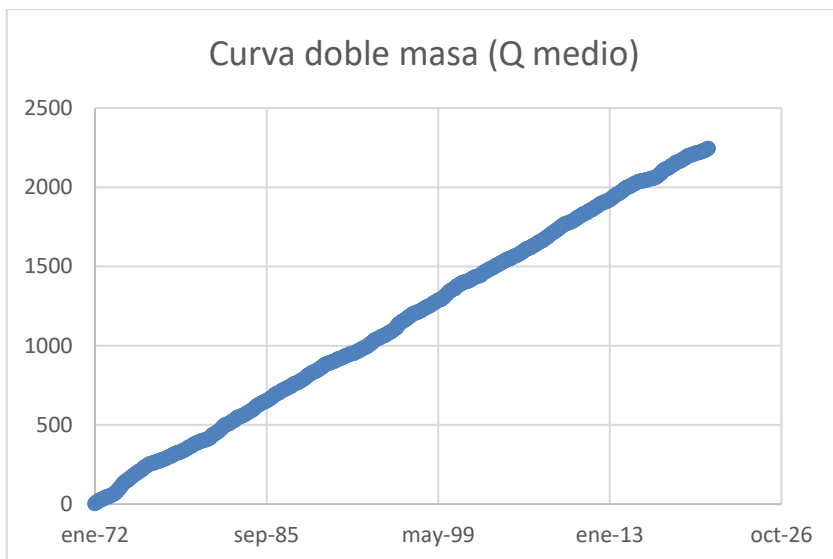
<b>Tabla resumen para determinar vulnerabilidad</b>			
<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	<b>Criterio</b>	<b>Ex</b>
Índices	0,4	Se	
Infraestructura	0,6	Ex	0,5
Uso del suelo	0,5	Ex	
Cobertura del recurso hídrico y Percepción de eficiencia del recurso hídrico por usuarios	0,52	Ex	
Respuesta ante amenazas	0,3	Ca	
<b>Valor vulnerabilidad</b>	0.6		<b>IMPORTANTE</b>

*Fuente: Los autores*

De acuerdo a la tabla anterior se obtiene un valor de vulnerabilidad de 0.6, el cual indicó una vulnerabilidad importante con respecto al sistema de estudio.

### 6.2.3. Diagnostico general de amenazas y cálculo del riesgo

**Ilustración 8.** Curva doble masa para determinar variabilidad climática



*Fuente: Los autores*

Como puede observarse en la gráfica anterior, este parámetro está representado por variaciones, sin embargo, las más representativas corresponden al año 1973 y 2014, en donde al analizar las bases de datos del IDEAM, se logró identificar la actuación del fenómeno de la niña y niño con gran recurrencia especialmente en estos años, lo cual pudo definirse determinando la desviación estándar para cada uno de los dos casos de la siguiente manera.



**Tabla 52.** Determinación de variabilidad climática en un tiempo determinado

Caudal promedio antes de 1973	3,7	NIÑA
DESVEST	1,1	
Caudal promedio después	3,82	
DESVEST	1,7	
Caudal promedio antes de 2014	3,9	NIÑO
DESVEST	1,7	
Caudal promedio después	3,3	
DESVEST	1,7	

*Fuente:* Los autores

Con la información anterior, se logró identificar que existe la variabilidad climática, es decir que los valores de caudal no son constante en el tiempo y se pueden ver afectados a partir de las alteraciones del clima, se determinó entonces que la amenaza o la probabilidad de ocurrencia en este caso, fue probable ya que se presentó una variación significativa en un periodo de retorno de 38 años, lo cual indicó que aunque no sea constante, la variabilidad existe y es probable.

De acuerdo a los datos obtenidos anteriormente se procedió a calcular al riesgo por desabastecimiento del recurso hídrico a través de la siguiente matriz:

**Tabla 53.** Matriz, índices de riesgo, probabilidad vs vulnerabilidad

Índices de riesgo, probabilidad vs vulnerabilidad							
Probabilidad	Puntuación	Improbable	Muy poco probable	Poco probable	Probable	Bastante probable	Muy probable
Vulnerabilidad							
<b>Puntuación</b>		3	4	5	7	9	10
<b>Mínima</b>	3	9	12	15	21	27	30
<b>Menor</b>	4	12	16	20	28	36	40
<b>Significativa</b>	5	15	20	25	35	45	50
<b>Importante</b>	7	21	28	35	49	63	70
<b>Grave</b>	9	27	36	45	63	81	90
<b>Muy grave</b>	10	30	40	50	70	90	100

*Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la Metodología para la realización del análisis de riesgos y vulnerabilidades; Concejo insular de Mallorca, Pacte de Batles i Batlesses ; 2018*

El valor de riesgo obtenido fue de 49, y se encuentra ubicado en un rango de riesgo entre 25 y 50 lo cual indicó un riesgo moderado en donde se recomienda evaluar acciones como es el caso del objetivo 3, en el cual se implementan una serie de líneas estratégicas para el uso eficiente y ahorro del agua.

#### **6.2.4. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS**

Teniendo en cuenta los contextos evaluados de acuerdo a sus indicadores, se logró identificar que el contexto biofísico, tiene indicadores tanto de vulnerabilidad como de amenaza, siendo los primeros la vulnerabilidad con respecto a la sensibilidad, la cual es la forma en que el sistema o la zona expuesta responderá a un cambio determinado en el clima, en donde se obtuvo un valor de sensibilidad de 0,4.

Por otro lado, la amenaza correspondió a la variabilidad identificada con respecto al caudal en un lapso de tiempo, de acuerdo a lo anterior, se definió una amenaza probable teniendo en cuenta el tiempo de retorno de ocurrencia.

En este orden de ideas, la vulnerabilidad correspondiente a la exposición se determinó a partir de los contextos institucionales y socioeconómicos teniendo en cuenta indicadores como la infraestructura, el uso del suelo, la cobertura del recurso hídrico y la percepción de eficiencia de los usuarios, obteniendo de esta forma una vulnerabilidad de 0,5

Cabe mencionar que la capacidad de adaptación cuya medida representan un impacto positivo con respecto a la ecuación, se midió a través de la vulnerabilidad de la obra, la conducción y la eficiencia en el sistema de riego, dichos valores fueron calculados y posteriormente se tuvo una vulnerabilidad de 0,3 con respecto a la capacidad de adaptación.

Finalmente, se obtuvo un valor de vulnerabilidad total de 0.6, el cual de acuerdo a la matriz de selección de la vulnerabilidad representó una vulnerabilidad importante, y teniendo en cuenta la matriz de selección de riesgo, se obtuvo un valor entre probable e importante el cual correspondió a un riesgo moderado, en el cual se recomienda evaluar acciones, y por lo tanto da paso a la elaboración del objetivo 3 en el cual se evalúan dichas acciones.

**6.3. Fase 3:** Formular los lineamientos estratégicos que conlleven al uso eficiente y ahorro del agua en la zona de estudio, dentro del marco legal vigente.

**6.3.1. Experiencias a escala nacional de planes que se pudieran enmarcar como de uso eficiente y/o ahorro del agua.**

Al desarrollar la consulta de experiencias exitosas a nivel nacional en mejor eficiencia y ahorro de agua, como lo muestra la tabla 54 se tomó en cuenta una empresa del sector manufacturero en Risaralda, esta realizó un estudio con estudiantes de la “Universidad Tecnológica de Pereira” donde usaron líneas basándose en el marco legal vigente que existe sobre el tema del uso adecuado del recurso hídrico.

**Tabla 54.** Experiencias a escala nacional de planes de uso eficiente y ahorro del agua

NOMBRE DEL PROGRAMA	UBICACIÓN	SECTOR DE APLICACIÓN
PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y RACIONAL DEL AGUA –PUEYRA– PARA LOS PROCESOS EDUCATIVOS Y ADMINISTRATIVOS DESARROLLADOS EN LA UNIVERSIDAD CES, SEDE POBLADO.	Medellín	Educación
PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE AGUA PARA LA EMPRESA TEXTILES OMNES S.A. DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS-RISARALDA	Dos Quebradas	Manufactura
PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA DEL ACUEDUCTO DE ARMENIA	Armenia	Servicios públicos
PROGRAMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA	Bogotá	Agencia Gubernamental
PROGRAMA PARA EL USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA DE LA FRONTERA NORORIENTAL-CORPONOR		Agencia Gubernamental

*Fuente: Elaboración propia*

Teniendo en cuenta la información anterior, se seleccionó los proyectos que conformaron las líneas estratégicas. Dicha experiencia puede extraerse debido a que el sector manufacturero es predominante en la zona de reglamentación del río

Guadalajara, de esta manera, son aplicables los mismos programas y pueden ser desarrollados en este contexto, con la diferencia que los programas mencionados a continuación serán entendidos como proyectos en este contexto. Los lineamientos extraídos se pueden resumir en:

- Fijar metas anuales de reducción de consumo de agua
- Establecer planes continuos de medición
- Realizar planes de sensibilización a la comunidad
- Elaborar planes de protección a la microcuenca

Por otra parte, en el campo del riego de cultivos, se encontró lo siguiente:

En el valle geográfico del río Cauca, se han introducido mejoras a los sistemas de riego del cultivo de caña de azúcar, consistentes en optimizar el consumo de agua a partir de las evaluaciones del riego en campo, de acuerdo a lo anterior, aplicando estas mejoras, se logra controlar la actividad y se propende por unas metas de reducción del consumo.

Por otra parte, las estrategias que propone la FAO para mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico se basan principalmente en el fortalecimiento de políticas de fomento, así como en planes de inversión (tecnificación, inversiones y financiamiento; de esta manera, se recomienda el uso de tecnologías de riego de bajo consumo de agua, las cuales podrían ayudar a suplir las necesidades hídricas de los cultivos, con un mínimo desperdicio.

La recomendación anterior conlleva al cambio de los sistemas de irrigación por gravedad hacía sistemas de aspersión o de goteo. De estas consultas se deduce que un posible programa para incorporar al PUEAA es el cambio de sistemas de riego a sistemas más eficientes.

Con base en lo anterior los proyectos que aplicaron para la construcción de un PUEAA en la cuenca del Río Guadalajara son:

- Proyecto 1: Implementación de tecnologías para el ahorro del agua

- Proyecto 2: Mejora en el sistema de riego.
- Proyecto 4: Instalación de medidores de caudal.

### **6.3.2. Análisis de vulnerabilidades y amenazas levantado para elevar consultas a expertos en lo relacionado a planes de reducción en el consumo de agua.**

De acuerdo con los resultados obtenidos en la fase 2, donde se realizó el análisis de riesgo de desabastecimiento del recurso hídrico en la zona de estudio, se obtuvo una serie de vulnerabilidades expresadas como exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, a partir de las cuales se logró identificar algunos proyectos que podrían aportar a la mitigación y disminución de las mismas. De igual manera, la opinión de expertos como es el caso de funcionarios de la CVC y de la Corporación Río Guadalajara permitió esbozar los siguientes proyectos tendientes a mitigar la exposición al riesgo y reforzar la capacidad de adaptación de la zona de estudio. Tales proyectos son:

- Proyecto 3: Revestimiento de canales
- Proyecto 5: Instalación de tanques de almacenamiento de aguas lluvia
- Proyecto 6: Educación ambiental
- Proyecto 7: Reforestación en la zona de abastecimiento
- Proyecto 8: Limpieza y mantenimiento de canales

### **6.3.3. Encuestar a los usuarios seleccionados en el muestreo, con el propósito de verificar su disposición hacia el cambio de los sistemas actuales de aprovechamiento del agua por sistemas más eficientes.**

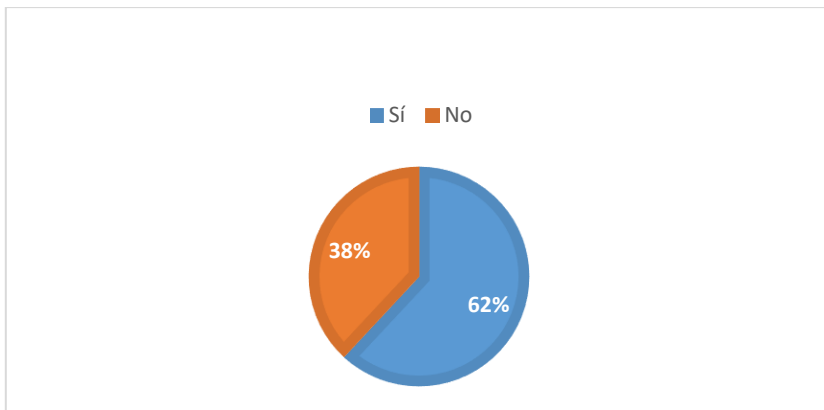
Conforme a lo establecido en la fase 1, se realizaron encuestas, a través de las cuales se evaluó la disposición que tiene cada uno de los usuarios frente al cambio del sistema actual de riego por uno más eficiente. Los resultados de estas encuestas se presentan en la tabla 55 y en la ilustración 10, donde se evidencia que el 62% de los usuarios está dispuesto a cambiar su sistema de riego actual por uno de mayor eficiencia en consumo de agua.

**Tabla 55.** Disposición de cambio por parte de los usuarios

<b>Disposición de cambio por parte de usuarios</b>	
<b>Sí</b>	13
<b>No</b>	8

*Fuente: Elaboración propia*

**Ilustración 9.** Disposición para mejoras en el consumo



*Fuente: Elaboración propia*

A partir de los resultados de las encuestas se ratificó la necesidad del proyecto 2 correspondiente a la mejora en el sistema de riego

#### **6.3.4. Planteamiento de líneas estratégicas**

De acuerdo con los planes mencionados anteriormente, se relacionó cada uno de los proyectos conforme fuera su contribución a la exposición y a la capacidad de adaptación. Esta relación se presenta en la tabla 54.

**Tabla 56.** Relación entre aspectos de vulnerabilidad y proyectos planteados

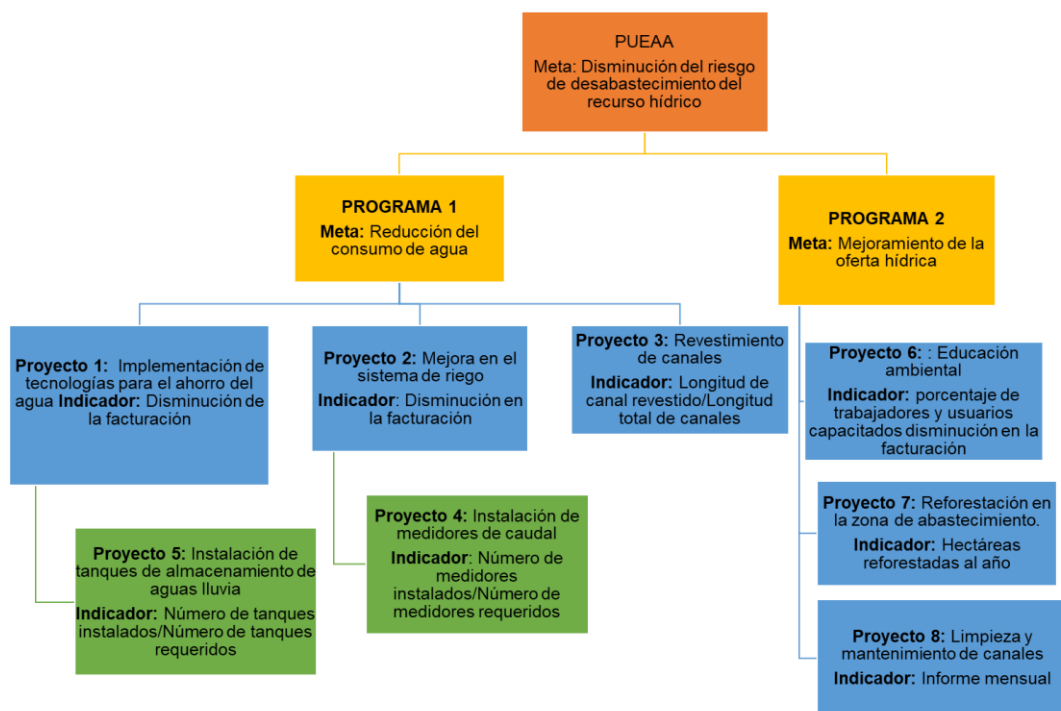
<b>Aspectos de vulnerabilidad</b>	<b>Proyectos</b>
Ex (Exposición)	Implementación de tecnologías para el ahorro del agua
	Mejora en el sistema de riego
	Revestimiento de canales
	Instalación de tanques de almacenamiento de agua lluvia
	Instalación de medidores de caudal
Ca (Capacidad de adaptación)	Educación ambiental
	Reforestación en zona de abastecimiento
	Limpieza y mantenimiento de canales

*Fuente: Elaboración propia*

Con base en lo anterior, los proyectos se clasificaron en dos programas principales; uno enfocado a la reducción del consumo y el otro relacionado con el mejoramiento de la fuente hídrica. Es importante mencionar que para lograr las metas propuestas de los dos programas se hace necesaria la implementación de cada uno de los proyectos que se definieron anteriormente y como puede observarse hay unos que contribuyen a otros, como es el caso de la mejora en el riego, la cual no podría analizarse sino se tuviera un control en la medición. Esta relación se presenta en la ilustración 9.



**Ilustración 10.** Resumen de Programas y Proyectos



*Fuente: Elaboración propia*

#### 6.3.4.1 Programa 1: Reducción del consumo de agua

Para el manejo y control en el consumo y las pérdidas, se tuvo como principal objetivo disminuir el consumo y las pérdidas posibles que se generaron por fugas y algunas situaciones anormales, en el área de estudio, las siguientes actividades tanto para la reducción de consumos como para la reducción de pérdidas, se tuvo en cuenta para dar solución a dicho objetivo:

Para la reducción de consumos, se tuvieron en cuenta las actividades que realizan los suscriptores correspondientes a la zona industrial y a la zona agropecuaria.

- Zona industrial.

Se realizó un recorrido y una revisión minuciosa para identificar todas las entradas y salidas de agua en las empresas, además se establecerá si existen tecnologías instaladas u otro tipo de dispositivos (sensores, medidores) que permitan tener control sobre el recurso hídrico.

**Proyecto 1:** Implementación de tecnologías para el ahorro del agua.

<b>NOMBRE DE PROGRAMA:</b> Reducción del consumo de agua		
<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Implementación de tecnologías para el ahorro del agua		
<b>PLAZO DE EJECUCIÓN:</b> Corto plazo		
<b>OBJETIVO:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reducir el consumo de agua de las empresas en la zona de estudio.</li> </ul>		
<b>METAS:</b>	<b>NORMATIVIDAD:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Reducir en un 5% el consumo de agua en la empresa el primer año.</li> </ul>	Ley 373 de 1997. Programa de uso eficiente y ahorro del agua.	
<b>COSTOS:</b>		
<b>Acciones propuestas</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor total</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Revisión inicial para diagnosticar el estado actual de las llaves en las empresas (Aprox. 3 días).</li> </ul>	<b>\$50.000</b>	<b>\$150.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cotización de diferentes tipos de grifo ahorradores que existen en el mercado (actividad correspondiente a 1 día)</li> </ul>	<b>\$50.000</b>	<b>\$50.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Compra de grifos ahorradores de agua.(para una cantidad de 10 grifos ahorradores)</li> </ul>	<b>\$33.000</b>	<b>\$330.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Instalación de dispositivos ahorradores (Aprox. 3 días).</li> </ul>	<b>\$50.000</b>	<b>\$150.000</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de procesos que permitan reutilización del agua (correspondiente a 1 día de trabajo )</li> </ul>	<b>\$50.000</b>	<b>\$50.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño y construcción de mecanismos de reutilización del agua (se proponen al menos 3 para cada empresa)</li> </ul>	<b>\$640.000</b>	<b>\$1.920.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar actividades de limpieza en seco</li> <li>Identificación de procesos que permitan actividades de limpieza en seco (dicha actividad se programa para 2 días)</li> </ul>	<b>\$50.000</b>	<b>\$100.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño y construcción de mecanismos para limpieza en seco por medio de escobas de empuje de mango largo de cerdas de goma ( se proponen al menos 4 para cada empresa)</li> </ul>	<b>\$182.990</b>	<b>\$731.960</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Valor total del proyecto:</b></li> </ul>		<b>\$3.481.960</b>
<b>INDICADORES DE SEGUIMIENTO</b>		
$\frac{\text{consumo de las facturas del año anterior (m}^3\text{)} - \text{consumo de la f}}{\text{consumo de las facturas del año anterior}} \times 100$		
<b>Observaciones:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>En el mercado existen diferentes tipos de grifos ahorradores, los cuales varían su eficiencia entre el 80-90%, para este proyecto se asume un 5% de ahorro teniendo en cuenta que todos los usuarios no acaten las recomendaciones.</li> <li>El valor de la cotización hace referencia a los viáticos correspondientes para las visitas a los diferentes centros de ventas; este valor solo se incluye una vez en el costo total del proyecto.</li> </ul>		

- La instalación está a cargo del personal de mantenimiento de cada empresa, por lo cual se suman 3 días de trabajo para la instalación de los dispositivos.
- El valor del contrato dependerá de cada empresa y de la cantidad de grifos (lava manos, lava platos, llaves en general) que se pueden cambiar; el precio que se plantea hace referencia al costo unitario, sin embargo, se hace un análisis de costo para una cantidad aproximada de 10 grifos ahorradores por empresa.
- Para el Diseño y construcción de mecanismos de reutilización del agua se tiene en cuenta un sistema básico para el tratamiento de agua residual de un determinado proceso, en este caso se considera un trampa grasas el cual tiene un valor de \$620.000 y una tubería en pvc cuyo costo varía entre los \$18.000 y \$20.000, para el desagüe y por medio del cual se va a hacer uso del agua tratada para los sistemas de limpieza, se considera la posibilidad de tres puntos de reutilización aproximadamente para cada empresa.

**Ilustración 11.** Grifo ahorrador de agua



Fuente:

<https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/165972/Ahorrador-Hembra-Macho-Cristalino-Lluvia-Lavamanos-Lavaplatos/165972>

**Ilustración 12.** Trampa de grasas



Fuente:

<https://listado.mercadolibre.com.co/trampa-grasa>

➤ Zona agropecuaria.

Para el riego de cultivos se debe tener en cuenta la capacidad que tiene el suelo de retención de agua, el cual es importante en los tiempos de lluvia, ya que suelos con buena capacidad de almacenamiento no necesitan riegos tan frecuentes.

Para la zona agropecuaria la principal recomendación es cambiar los sistemas de riego actuales, a sistemas como el de aspersión, ya que su eficiencia se encuentra en 80 y 85 por ciento (CENICAÑA, 2015), en este orden de ideas, la gran mayoría de sistemas en la zona de estudio corresponden a sistemas por gravedad y en canales sin revestir lo que ocasiona un consumo poco eficiente de agua; el gran impedimento de este proyecto corresponde a los grandes costos de los dispositivos correspondientes.

**Proyecto 2:** Mejora en el sistema de riego

<b>NOMBRE DE PROGRAMA:</b> Reducción del consumo de agua		
<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Mejora en el sistema de riego		
<b>PLAZO DE EJECUCIÓN:</b> Mediano plazo		
<b>OBJETIVO:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir el consumo de agua de los cultivos en la zona de estudio.</li> </ul>		
<b>METAS:</b>	<b>NORMATIVIDAD:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir en un 30% el consumo de agua en la empresa el primer año.</li> </ul>	Ley 373 de 1997. Programa de uso eficiente y ahorro del agua.	
<b>COSTOS:</b>		
<b>Acciones propuestas</b>	<b>Valor</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Visita de campo para evaluar la eficiencia del sistema de riego actual. (corresponde a la visita de un ingeniero experto en el tema, y su respectivo informe de campo)</li> </ul>	<b>\$1.000.000</b>	<b>\$1.000.000</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratar experto que formule mejoras en el sistema de riego y proponga alternativas de cambio (se estiman 2 horas por predio)</li> </ul>	<b>\$25.000.000</b>	<b>\$25.000.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar la actividad de control administrativo del riego en el predio (1er año)</li> </ul>	<b>\$18.000.000</b>	<b>\$18.000.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar al menos un sistema de riego eficiente (i.e. riego por aspersión) en una extensión de 920,35 Ha</li> </ul>	<b>\$4.500.000*</b>	<b>\$4.141.575.000</b>
<b>Valor total del proyecto:</b>	<b>\$4.185.575.000</b>	
<b>INDICADORES DE SEGUIMIENTO</b> $\frac{\text{consumo de las facturas del año anterior (m}^3\text{)} - \text{consumo de la facturas del año actual (m}^3\text{)}}{\text{consumo de las facturas del año anterior(m}^3\text{)}} * 100$		
<b>Observaciones:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es importante mencionar que la primera alternativa para el uso eficiente y ahorro del agua consiste en proponer mejoras y cambios en los sistemas de riego, a partir de un diagnóstico que determine las falencias del sistema y se enfoque en estos puntos, las mejoras y los cambios mencionados.</li> <li>• El control administrativo corresponde al manejo que se le da a un sistema de riego determinado para identificar las falencias en dicho sistema, y a partir de las mismas se implementan una serie de acciones de mejora, este método de eficiencia en el riego es a corto plazo y tiene la ventaja de ser mucho más económico que implementar un sistema más sofisticado como es el caso de la aspersión, que como puede observarse, tiene un gasto de aproximadamente de <b>\$4.141.575.000</b>.</li> </ul>		

El ahorro de agua para las diferentes actividades o cultivos agropecuarios de la zona de estudio será muy significativo si se realiza el cambio del sistema de riego actual a sistemas por aspersión.

**Tabla 57.** Consumo y ahorro de riego por aspersión

Cultivo	Concesión l/s	# Usuarios	Eficiencia riego aspersión	Nuevo consumo por aspersión l/s
<b>Caña</b>	569,44	46,00	0,30	398.60
<b>frutales y otros</b>	164,34	12,00	0,30	115.093
<b>Pasto y jardines</b>	186,57	16,00	0,30	130.59
<b>Total</b>	<b>920,35</b>	<b>74,00</b>		<b>644.22</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Para la reducción de pérdidas en la empresa se recomienda hacer una revisión rutinaria de tuberías, grifos y cualquier salida y entrada de agua que existan en las instalaciones, así como llevar un monitoreo constante en los relojes medidores de agua para identificar cualquier anomalía que sirva como alarma de desperdicio.

**Proyecto 3:** Revestimiento de canales.

<b>NOMBRE DE PROGRAMA:</b> Reducción del consumo de agua	
<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Revestimiento de canales.	
<b>PLAZO DE EJECUCIÓN:</b> Largo plazo	
<b>OBJETIVO:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir las pérdidas en los canales por infiltración y evaporación de agua.</li> </ul>	
<b>METAS:</b>	<b>NORMATIVIDAD:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Revestir el 100% de los canales en la zona de estudio que se encuentren descubiertos.</li> <li>Reducir en un 20% el consumo de agua con respecto al promedio de consumo.</li> </ul>	Ley 373 de 1997. Programa de uso eficiente y ahorro del agua.
<b>COSTOS:</b>	
<b>Acciones propuestas</b>	<b>Valor</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Visita ocular de campo para diagnóstico ocular. (corresponde al valor de la visita de</li> </ul>	<b>\$300.000</b>



campo de un experto en el tema y su posterior informe de la visita ocular)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar estudio de suelo en la zona de interés. (Es un valor planteado de acuerdo a la experiencia de un experto como es el caso de un topógrafo)</li> </ul>		<b>\$800.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño arquitectónico (Corresponde a un valor planteado de acuerdo al criterio de un experto como es el caso de un arquitecto)</li> </ul>		<b>\$2'000.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ejecución de la obra</li> </ul>	<b>Valor unitario y costo total</b>	<b>Costo para 1 metro cubico de concreto</b>
Materiales:		
Arena ( m <sup>3</sup> )	<b>\$39.500</b>	\$13.035
Grava ( m <sup>3</sup> )	<b>\$46.000</b>	\$15.180
Cemento (Bulto)	<b>\$26.000</b>	\$189.540
Varilla ½'' (Kg)	<b>\$3.000</b>	\$600.000
Mano de obra	<b>\$5.000</b>	\$5000
<b>Valor total del proyecto:</b>	<b>\$6.493.483.916</b>	822.755
<b>INDICADORES DE SEGUIMIENTO</b>		
$\frac{\text{longitud de canales sin revestir} - \text{longitud de canales revestidos}}{\text{longitud de canales sin revestir}} * 100$		
$\frac{\text{consumo del mes anterior (m}^3\text{)} - \text{consumo del mes actual (m}^3\text{)}}{\text{consumo del mes anterior (m}^3\text{)}} * 100$		
<b>Observaciones:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Se espera el recubrimiento del 100% los canales en la zona de estudio que no estén revestidos, para evitar las pérdidas por infiltración y disminuir el consumo, considerando que este proyecto está programado a largo plazo se plantea el recubrimiento de 29.6 Km, teniendo en cuenta que el total del canal</li> </ul>		

corresponde a 49.4 m, se considera que se debe revestir el 60% del total de la longitud del canal.

Para el costo total del presente proyecto se deben tener en cuenta una serie de características las cuales conforman el canal, y se plantean unos valores para su diseño.

-Profundidad= 1m

-Talud= 1

-Base= 0.5m

-Espesor=0.08m

De acuerdo a los datos anteriormente mencionados, se determina el perímetro y el área de la misma a partir de las siguientes formulas

$$P = b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$$

*Espesor \* perimetro*

Se obtienen entonces los siguientes nuevos datos:

-Perímetro= 3.328m

-Área= 0.266m<sup>2</sup>

-Longitud total= 49.4m

-Tramo a revestir= 60%

-Volumen = Área\*longitud\*tramo por revestir = 7892

A continuación se presenta un cuadro comparativo de los valores para cada material de acuerdo a los metros cúbicos de concreto.

<b>Materiales:</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Para 1 metro cúbico de concreto</b>	<b>Costo para 1 metro cubico de concreto</b>
Arena (m <sup>3</sup> )	<b>\$39.500</b>	0,33	\$13.035
Grava (m <sup>3</sup> )	<b>\$46.000</b>	0,33	\$15.180
Cemento (Bulto)	<b>\$26.000</b>	7,29	\$189.540
Varilla ½'' (Kg)	<b>\$3.000</b>	200	\$600.000
Mano de obra	<b>\$5.000</b>	1	\$5.000

- De acuerdo a la tabla anterior, se suma el costo para cada material y al final se multiplica por el volumen total de concreto que se va a utilizar en el revestimiento del 60% de la derivación 4, siendo un valor de \$6´493.483.916
- El presente proyecto se llevará a cabo por medio de un aporte colectivo de todos los usuarios que se beneficien del mismo.
- Teniendo en cuenta la matriz de ponderación en vulnerabilidad de estructura la eficiencia para los canales revestidos aumentaría un 20%, asumiendo que se cubra toda la zona que se encuentre sin revestir.
- A partir de la visita ocular se entregará un informe diagnóstico con la siguiente información: estado de los canales, vegetación presente en la zona, caudal, y demás información que sea de interés para la ejecución de la obra.
- El diseño arquitectónico lo realizará un contratista externo con experiencia en el área.

Para el control de la medición se propone un solo proyecto para todos los sectores tratados en este estudio, el cual es la instalación de medidores en las entradas y salidas de cada una de las zonas objeto de estudio para tener un monitoreo constante en los consumos de toda el área.

**Proyecto 4:** Instalación de medidores de caudal.

<b>NOMBRE DE PROGRAMA:</b> Reducción del consumo de agua	
<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Instalación de sistemas medidores de caudal.	
<b>PLAZO DE EJECUCIÓN:</b> Mediano plazo	
<b>OBJETIVO:</b> Monitorear el consumo de agua en la zona de estudio.	
<b>METAS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Tener un control del caudal en toda la zona de estudio.</li> <li>● Instalación de 51 puntos de medición de caudal en la zona de estudio.</li> </ul>	<b>NORMATIVIDAD:</b> Ley 373 de 1997. Programa de uso eficiente y ahorro del agua.
<b>COSTOS:</b>	

Acciones propuestas	Valor	
	Valor unitario	Valor total
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visita a los puntos de captación de caudal a los 51 puntos de medición.</li> </ul>	<b>\$10.000.000</b>	<b>\$510.000.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuar la estructura de acuerdo a las características necesarias para la instalación del sistema medidor de caudal.</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño e instalación de sistema digital medidor de caudal.</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo diario de los datos de caudal.</li> </ul>		
<b>Valor total del proyecto:</b>	<b>\$510.000.000</b>	
<b>INDICADORES DE SEGUIMIENTO</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estadísticas y curvas de caudales para observar el comportamiento y eventuales pérdidas del recurso.</li> <li>• Informe anual del estado de los puntos de medición instalados.</li> </ul> $\frac{\text{numero de estructuras de medicion para construir} - \text{numero de estructuras de medicion construidas}}{\text{numero de estructuras de medicion para construir}} * 100$		
<b>Observaciones:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La visita a cada predio se realiza con el fin de generar un diagnóstico del estado de la estructura de captación en cada uno de los predios.</li> <li>• El diseño y la instalación del sistema medidor de caudal se realizará por medio de un contratista, con el sistema se pretende llevar un registro de caudales en tiempo real; para este proyecto es importante el apoyo económico de entidades como es el caso de la CVC y de la Corporación Río Guadalajara.</li> <li>• El número de medidores se determinó teniendo en cuenta los usuarios mayores a 10l/s y los menores a este valor, en donde los usuarios menores y mayores se agrupan de acuerdo a su ubicación y se propone la instalación de una sola unidad de medida en puntos estratégicos, donde puedan medirse dos o más usuarios del mismo rango de caudal; en total se determinaron 51 puntos de medición dicho análisis puede observarse en los anexos O y P.</li> </ul>		

- Se propone la instalación de un sistema integral que involucre un programa interconectado que relacione todos los puntos donde se ubican los medidores y la cantidad de caudal que pasa por cada uno de ellos, lo cual tiene ventajas significativas, ya que lleva un registro del caudal real que maneja cada usuario, y se cobraría lo que se está consumiendo en realidad por parte de la autoridad ambiental y además se llevaría un registro más detallado de los caudales y cómo varían en el tiempo sabiendo que hay factores que influyen sobre el mismo, como las pérdidas por filtración o por evaporación, dicho sistema tiene un valor aproximado de 10'000.000, correspondiente a 1 punto de medición como es el caso de la aplicación Links.web, la cual es una línea colombiana, cuya principal función es medir el caudal en tiempo real y se encarga de llevar un registro histórico.

**Proyecto 5:** Instalación de tanques de almacenamiento para aguas lluvia.

<b>NOMBRE DE PROGRAMA:</b> Reducción del consumo de agua	
<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> instalación de tanques de almacenamiento para agua lluvia.	
<b>PLAZO DE EJECUCIÓN:</b> Corto plazo	
<b>OBJETIVO:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolectar agua lluvia para las diferentes actividades de limpieza.</li> </ul>	
<b>METAS:</b>	<b>NORMATIVIDAD:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalar un tanque recolector de agua lluvia en cada uno de los predios en la zona de estudio.</li> </ul>	Ley 373 de 1997. Programa de uso eficiente y ahorro del agua.
<b>COSTOS:</b>	
<b>Acciones propuestas</b>	<b>Valor</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratista para realizar el diagnóstico inicial para determinar el área de los techos y distancia de canales.</li> <li>• Estudio previo de precipitación en la zona.(para este punto se realiza una consulta con expertos y se determina el valor planteado)</li> </ul>	<b>\$500.000</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compra de materiales: Tanque de almacenamiento 2000L.</li> </ul>	<b>Valor unitario</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compra de materiales:</li> </ul>	<b>\$634.000</b>	<b>Valor total</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. tanque de almacenamiento 2000L.</li> <li>2. Canaletas plásticas.</li> </ol>	<b>\$80.000 * 3 metros</b>	<b>\$634.000</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Tubería en PVC de 3" (1 unidad)</li> </ol>	<b>\$34.000 * 3 metros</b>	<b>\$102.000</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Codo de PVC 3" (1 unidad )</li> </ol>	<b>\$5.300</b>	<b>\$34.000</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Instalación del sistema recolector de agua lluvia.</li> </ol>	<b>\$30.000 * día</b>	<b>\$5.300</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Valor total del proyecto:</b></li> </ul>		<b>\$1.275.300</b>
<p><b>INDICADORES DE SEGUIMIENTO:</b></p> <p><i>numero de predios sin sin taque de almacenamiento – num</i></p> <p style="text-align: center;"><i>numero de predios sin sin taque de al</i></p> <p>* 100</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de recolección de agua lluvia.</li> </ul>		
<p><b>Observaciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para implementar las primeras actividades se consultó a un contratista que conoce del el tema para realizar el diagnóstico y el estudio previo de precipitación en la zona, y con él se pudo fijar un precio el cual está especificado anteriormente.</li> </ul>		

- Se espera que por cada predio se tenga al menos un tanque recolector de agua lluvia, el cual sirva para diferentes labores de limpieza (lavado de pisos, baterías sanitares, riego de jardín).
- Como indicador se plantea una ecuación para conocer el porcentaje de predios o usuarios que instalaron los tanques recolectores.
- El costo total del contrato varía en cada predio, este depende de los metros de canaleta que se vaya a instalar y va ligado al perímetro del techo.

**Ilustración 13.** Tanque plástico 2000L



**Fuente:**

<https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/300069/Tanque-2000-Litros->

**Ilustración 14.** Tubería en PVC para bajante



**Fuente:** <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/139348/Tubo-3Pulg-x3m-Sanitaria/139348>

#### 6.3.4.2. Programa 2: Mejoramiento de la oferta hídrica

La sensibilización a la comunidad es un punto muy importante para la gestión integral del recurso hídrico ya que de las personas depende si acatan o no todas las recomendaciones que se proponen para alcanzar las metas trazadas y así cumplir con los programas.

#### Proyecto 6: Educación ambiental.

<b>NOMBRE DE PROGRAMA:</b> Mejoramiento de la oferta hídrica	
<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Educación ambiental	
<b>PLAZO DE EJECUCIÓN:</b> Corto plazo	
<b>OBJETIVO:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de ahorrar agua.</li></ul>	
<b>METAS:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Reducir en un 5% el consumo de agua en la zona de estudio (viviendas) en el primer año.</li><li>• Capacitar al 100% de los empleados del sector industrial y agropecuario.</li></ul>	<b>NORMATIVIDAD:</b> Ley 373 de 1997. Programa de uso eficiente y ahorro del agua.
<b>COSTOS:</b>	



<b>Acciones propuestas</b>	<b>Valor</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Capacitaciones en las empresas y sector agropecuario.</li> </ul>	<b>\$80.000 * hora</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Hacer propagandas educativas sobre conciencia ambiental en el cuidado del agua para las diferentes redes sociales y medios de comunicación que existen en la ciudad, para que llegue a todos los hogares</li> </ul>	<b>\$800.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realizar talleres de educación ambiental con la comunidad en los diferentes barrios de la ciudad.</li> </ul>	<b>\$100.000 * hora</b>
<b>Valor total del proyecto:</b>	<b>\$980.000</b>
<p><b>INDICADORES DE SEGUIMIENTO</b></p> <p>Porcentaje de disminución del consumo:</p> $\frac{\text{consumo de las facturas del año anterior (m}^3\text{)} - \text{consumo de las facturas del año actual (m}^3\text{)}}{\text{consumo de las facturas del año anterior (m}^3\text{)}} * 100$ $\frac{\text{numero de empleados en las empresas} - \text{numero de empleados capacitados en las empresas}}{\text{Numero de empleados en la empresas}} * 100$	
<p><b>Observaciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Para determinar el valor de las propagandas y la publicidad, se consideró la opinión de expertos como es el caso de Radio Guadalajara</li> <li>● Se espera que las acciones propuestas generen un efecto positivo en la comunidad, llevando a cabo las recomendaciones, por lo cual se propone un porcentaje mínimo de reducción en el consumo de agua en 5%.</li> <li>● Todos los empleados del sector industrial y agropecuario deben ser capacitados para que tengan conocimiento de las acciones tomadas y así se puedan cumplir con las metas propuestas en cada uno de los proyectos.</li> </ul>	

Para el éxito de este programa es muy importante el buen estado de la zona abastecedora y de sus vías de conducción por tal motivo las actividades del presente programa están enfocadas a proteger la cuenca del río Guadalajara y sus canales.

**Proyecto 7:** Reforestación en la zona de abastecimiento.

<b>NOMBRE DE PROGRAMA:</b> Mejoramiento de la oferta hídrica	
<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Reforestación en la zona alta de la cuenca	
<b>PLAZO DE EJECUCIÓN:</b> Corto plazo	
<b>OBJETIVO:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservar la cuenca en la zona de abastecimiento del río Guadalajara.</li> </ul>	
<b>METAS:</b>	<b>NORMATIVIDAD:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sembrar 1000 árboles por año.</li> </ul>	Ley 373 de 1997. Programa de uso eficiente y ahorro del agua.
<b>COSTOS:</b>	
<b>Acciones propuestas</b>	<b>Valor</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar área para reforestación.</li> <li>• Identificar las especies de interés hídrico en la zona</li> </ul>	<b>\$2.000.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión y compra de árboles para 100 Ha</li> </ul>	<b>\$12.000.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siembra de árboles en 100 Ha</li> </ul>	<b>\$1.500.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento de árboles en 100 Ha (primer año)</li> </ul>	<b>\$18.000.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Valor total del proyecto:</b></li> </ul>	<b>\$33.500.000</b>
<b>INDICADORES DE SEGUIMIENTO</b>	
Número de árboles sembrados por año.	
Número de hectáreas reforestadas por año	

**Observaciones:**

- Se plantea una reforestación conjunta entre todos los usuarios que se benefician de la acequia Chambimbal, para dicha actividad se sugiere una densidad arbórea de 10 árboles por Ha, las especies propuestas a sembrar son el cedro, el laurel y la ceiba roja, la compra de las especies anteriores se gestiona con autoridades ambientales y la alcaldía.
- Se espera sembrar 1000 árboles cada año para cubrir un total de 100Ha.
- El valor de la siembra es por el primer mes el cual es el tiempo estimado de la siembra de los mil árboles.
- El del mantenimiento incluye el cuidado y seguimiento de la plantación para garantizar la supervivencia de los mismos. Este costo representa un salario mensual \$1.500.000 durante un año.
- Se estima un costo aproximado de \$12000 para cada plantón correspondientes al cedro, el laurel y ceiba roja, y como se espera comprar alrededor de 1000 árboles para 100 Ha, considerando una densidad arbórea de 10 árboles por Ha cada año, se estima un aproximado de \$12.000.000

**Proyecto 8:** Limpieza y mantenimiento de canales.

<b>NOMBRE DE PROGRAMA:</b> Mejoramiento de la oferta hídrica	
<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Limpieza y mantenimiento de canales	
<b>PLAZO DE EJECUCIÓN:</b> Continuo	
<b>OBJETIVO:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Hacer mantenimiento en los canales de abastecimiento en la zona de estudio.</li></ul>	
<b>METAS:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar limpieza y mantenimiento en el 100% de los canales de abastecimiento.</li></ul>	<b>NORMATIVIDAD:</b> Ley 373 de 1997. Programa de uso eficiente y ahorro del agua.
<b>COSTOS:</b>	
<b>Acciones propuestas</b>	<b>Valor</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>● Contratar a un fontanero para que realice la lista de chequeo donde se identifiquen las actividades de limpieza y mantenimiento.</li> </ul>	<b>\$300.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Hacer recorridos periódicos en los canales para evidenciar daños en el mismo.</li> </ul>	<b>\$900.000</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Hacer limpieza y reparación de daños según la necesidad.</li> </ul>	
<b>Valor total del proyecto:</b>	<b>\$1.200.000</b>
<b>INDICADORES DE SEGUIMIENTO:</b> $\frac{\text{longitud de canales para mantenimiento} - \text{longitud de canales con mantenimiento hecho}}{\text{longitud de canales para mantenimiento}} * 100$ Informe mensual	
<b>Observaciones:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Para la implementación de la primera actividad correspondiente a la lista de chequeo, se cotizó con un fontanero el cual otorgó el valor dado.</li> <li>● Este proyecto se plantea de forma continua ya que el mantenimiento y la limpieza de los canales no se puede parar, así se garantiza un óptimo funcionamiento y buena calidad del agua, además se evita posibles cortes en el suministro.</li> <li>● La lista de chequeo es necesaria para tener en cuenta todas las actividades de mantenimiento y limpieza como lo son, el estado del canal, si existen pérdidas, obstrucciones y todo tipo de acciones que pueda ver afectada la acequia.</li> <li>● El costo de las acciones es de un sueldo de 1.200.000, el cual se le pagara a un fontanero para que se encargue del mantenimiento del canal principal, es importante mencionar que este valor se cotizó con la corporación río Guadalajara, cuya asociación se financia a partir del aporte mensual de todos los usuarios que la conforman, de allí salen los fondos para hacer pago de la</li> </ul>	

actividad de mantenimiento al fontanero, y demás actividades que le corresponden.

### 6.3.5. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

Teniendo en cuenta las Experiencias a escala nacional de planes que se pudieran enmarcar como de uso eficiente y/o ahorro del agua, el análisis de vulnerabilidades y amenazas, levantado para elevar consultas a expertos en lo relacionado a planes de reducción en el consumo de agua y las encuestas a los usuarios seleccionados en el muestreo, con el propósito de verificar su disposición hacia el cambio de los sistemas actuales de aprovechamiento del agua por sistemas más eficientes, se lograron determinar los siguientes proyectos.

De las experiencias de planes a escala nacional se concluyó el proyecto de Implementación de tecnologías para el ahorro del agua, la mejora en el sistema de riego y la Instalación de medidores de caudal, seguidamente, para el análisis de vulnerabilidades y amenazas se determinaron los proyectos de revestimiento de canales, Instalación de tanques de almacenamiento de aguas lluvia, Educación ambiental, reforestación en la zona de abastecimiento, limpieza y mantenimiento de canales, finalmente, a partir de los resultados de las encuestas se ratificó la necesidad del proyecto 2 correspondiente a la mejora en el sistema de riego.

Cabe resaltar que los proyectos mencionados anteriormente se clasificaron a partir de dos programas principales, un programa 1 cuya meta consistió en la reducción del consumo de agua y un programa 2 el cual correspondió al mejoramiento de la oferta hídrica, en este orden de ideas, en lo que respecta el programa 1, el proyecto de implementación de tecnologías para el ahorro de agua, tuvo como meta reducir el consumo en un 5% en la empresa el primer año, dicha meta se pretendió alcanzar a partir de una serie de actividades como es el caso de la instalación de grifos ahorradores, la reutilización de agua y la implementación de actividades de limpieza en seco.

Seguidamente, el proyecto de mejora en el sistema de riego tuvo como meta reducir en un 30% el consumo para cada usuario en el primer año, dicha meta se pretendió lograr a partir de actividades como la formulación de mejoras en el sistema de riego

la implementación de alternativas de cambio, como la medida de control administrativo del riego y finalmente se consideró la implementación de un sistema de riego más eficiente como es el caso del riego por aspersión, lo cual significó un costo bastante elevado en el presente proyecto.

Posteriormente, en el proyecto de revestimiento de canales se planteó una meta de reducir en un 20% el consumo de agua con respecto al promedio del consumo y revestir el 100% de los canales en la zona de estudio que se encuentren descubiertos, para alcanzar dicha meta se propusieron una serie de actividades, como fue el caso de la visita ocular de campo para el diagnóstico de la zona, un estudio de suelo, un diseño arquitectónico y la ejecución de la obra en donde se tuvieron en cuenta los materiales a utilizar por la longitud total de canales propuestos a revestir.

El proyecto 4, correspondiente a la instalación de medidores de caudal hace referencia a un complemento del proyecto 2 basado en el mejoramiento del sistema de riego, ya que sin medidores, no se podría determinar la eficiencia del proyecto 2, por otro lado, en este proyecto se planteó una meta cualitativa, la cual consistió en tener un control del caudal en toda la zona de estudio y la instalación de 51 puntos de medición de caudal, estos puntos de medición se determinaron teniendo en cuenta los usuarios mayores a 10l/s y los menores a este valor, en donde los usuarios menores y mayores se agruparon de acuerdo a su ubicación y a partir de esto, se propuso la instalación de una sola unidad de medida en un punto estratégico.

En este orden de ideas, en el proyecto 5 el cual hace referencia a la instalación de tanques de medición de almacenamiento para aguas lluvia, se consideró una meta correspondiente a la instalación de tanques de recolección de aguas lluvia en cada uno de los predios en la zona de estudio; para lograr dicha meta se plantearon una serie de actividades como es el caso del diagnóstico inicial, el estudio previo de precipitación en la zona y la compra de materiales.

Por otro lado, en el programa 2 enfocado al mejoramiento de la oferta hídrica, se establecieron una serie de proyectos orientados al fortalecimiento de la capacidad de adaptación de la zona de estudio, se consideraron, el proyecto 6 enfocado a la educación ambiental en donde se implementó una meta de reducir en un 5% el consumo de agua en la zona de estudio y capacitar al 100% de los usuarios y empleados del sector industrial y agropecuario, la meta propuesta se pretendió alcanzar con actividades como capacitaciones, propagandas educativas, y talleres de educación ambiental.

Posteriormente, el proyecto 7, consistió en la reforestación en la zona alta de la cuenca en donde se planteó una meta de sembrar 1000 árboles por año; para alcanzar la meta se definieron actividades como la identificación de áreas para reforestación, la identificación de especies de interés hídrico, la gestión y compra de árboles para 100 Ha, y el mantenimiento de los árboles en 100Ha para el primer año.

Finalmente en el proyecto 8 correspondiente a la limpieza y mantenimiento de canales se consideró una meta orientada a realizar limpieza y mantenimiento en el 100% de los canales de abastecimiento; para dar cumplimiento a la meta se tuvieron en cuenta actividades como, contratar a un fontanero para que realice una lista de chequeo dónde se identifiquen las actividades de limpieza y mantenimiento, hacer recorridos periódicos en los canales para evidenciar daños en el mismo, hacer limpieza y reparación de daños según la necesidad.

Cabe resaltar que los proyectos mencionados anteriormente se clasificaron a partir de dos programas principales, un programa 1 cuya meta consistió en la reducción del consumo de agua y un programa 2 el cual correspondió al mejoramiento de la oferta hídrica, de tal manera que pudieran seguir un orden, y de esta manera dar a conocer el origen de cada uno de los proyectos.



## CONCLUSIONES

Se realizó un análisis de los usuarios del río Guadalajara, en el Municipio de Buga, Valle del Cauca, donde se encontró que era viable seleccionar un grupo representativo de los mismos sobre los cuales formular un Plan de Uso Eficiente y Ahorro del Agua, que pudiera extrapolarse al resto de los usuarios del recurso hídrico en la mencionada cuenca. Como consecuencia de lo anterior, se encontró que los usuarios de la derivación 4, quienes tienen asignado un caudal de 1112,70 l/s de 1708,07 l/s, y que representan el 65% del consumo de agua del afluente, podrían ser ese grupo representativo.

De igual manera, estos usuarios representan un área total de 4920,62 ha, que son el 58% de las 8534,82 ha que ocupan la totalidad de usuarios de dicho río. Por otra parte, el caudal de la derivación está concesionado a 98 usuarios, parámetro este con el cual también logran representatividad frente al resto de usuarios de la cuenca que totaliza 238, pues representa el 41% del total de usuarios. Finalmente, en esta derivación se encuentran tanto usuarios agrícolas, como pecuarios e industriales, generando así una diversidad representativa. Así, se concluyó que la derivación 4 representa a los usuarios de la cuenca del río Guadalajara por caudal concesionado, por área, por número de usuarios y por diversidad de usos del agua.

Por otro lado, se realizó un análisis para identificar el riesgo de desabastecimiento del recurso hídrico en la cuenca del río Guadalajara. Para ello se tuvieron en cuenta tanto contextos institucionales como socioeconómicos, tomando en cuenta indicadores como la infraestructura, el uso del suelo, la cobertura del recurso hídrico y la percepción de eficiencia de los usuarios. Así, para la cuenca del río Guadalajara se obtuvo una calificación de 0.60, lo cual significa que se ubica en un rango de vulnerabilidad importante frente al desabastecimiento de agua.

De igual manera, la amenaza de un desabastecimiento de agua en la cuenca se determinó con base en la variabilidad histórica de los caudales medios del río

Guadalajara desde 1972 hasta 2020 (48 años). Se encontró que es probable que variaciones climáticas globales, como el fenómeno de La Niña y El Niño (ENSO, por sus siglas en inglés) produzcan cambios en la oferta hídrica de este efluente, generando así una calificación para la amenaza de desabastecimiento como probable. Esto significa que resulta muy importante para los usuarios del recurso hídrico del río Guadalajara considerar la variabilidad climática como parte de sus PUEAA.

En consideración de lo anterior, dado que la cuenca del río Guadalajara presenta una vulnerabilidad importante frente a la probabilidad de desabastecimiento de agua, se produce una calificación de riesgo moderado. Esto implica que los usuarios del agua en esta cuenca deben emprender acciones de mitigación y adaptación del contexto frente al riesgo de desabastecimiento de agua.

Finalmente, tomando referentes de empresas nacionales, así como opiniones de expertos sobre propuestas de planes para conformar un PUEAA, se concluye que en la cuenca del río Guadalajara es viable trazar lineamientos estratégicos que permitan mitigar un probable desabastecimiento de agua. Los lineamientos se enmarcan en dos programas que son la reducción en el consumo de agua y la mejora de la oferta hídrica. La formulación y diseño de planes para la reducción del consumo de agua consiste principalmente en: mejoramiento de algunos sistemas de riego, instalación de medidores de caudal, mantenimiento, limpieza y revestimiento de canales de conducción de agua, e instalación de tanques de almacenamiento de aguas lluvia. Por su parte, los planes del programa de mejoramiento de la oferta hídrica son: desarrollo de planes de educación ambiental, y reforestación en la zona de abastecimiento.

## RECOMENDACIONES

- La metodología desarrollada permitió encontrar una muestra representativa de usuarios para hacer los análisis y aplicar las encuestas, sin embargo, se recomienda en futuros estudios de este tipo ampliar la base de encuestados para lograr mayores aportes en cuanto a la disposición real de desarrollar los planes de uso eficiente y ahorro del agua.
- Al realizar la evaluación de las amenazas sobre el abastecimiento de agua en una cuenca, es importante revisar el comportamiento de las variables climáticas distintas al caudal; por ejemplo, deben tenerse en cuenta la temperatura, la evaporación y la precipitación y verificar si presentan variabilidad dentro de los tiempos estudiados.
- La campaña más importante en la elaboración de los PUEAA se centra en los agricultores, porque en este sector se presentan los mayores consumos de agua; así, además de las encuestas, vale la pena adelantar talleres de formación en riego, sistemas de riego y mejora administrativa del riego, como complemento de los PUEAA.
- Para garantizar la eficacia de este proyecto debe existir un compromiso por parte de los usuarios del río Guadalajara, así como las entidades públicas que se encuentran vinculadas, para así lograr un verdadero impacto en la zona de estudio.

## REFERENCIAS

COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1090. (28 junio, 2018). *Por el cual se adiciona el decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua y se dictan otras disposiciones.* Diario oficial. Bogotá, D.C., 2018

CONGRESO DE COLOMBIA. Programa para el uso eficiente y ahorro del agua. [En línea]. 1997. . [Citado el 13 de Mayo de 2020]. P. 1. Obtenido de:

[https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley\\_0373\\_1997.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf)

CONGRESO DE LA REPUBLICA. Política nacional de gestión del riesgo de desastres. [En línea]. 2012. [Citado el 13 de Mayo de 2020]. P.4. Obtenido de: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1523\\_2012.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1523_2012.html)

CVC. *Reglamentación del rio Guadalajara.* Guadalajara de Buga, 2019

ENERGIZA, Azigrene. *Metodología para la realización del análisis de riesgos y vulnerabilidades.* [En línea]. España (2018) [Citado el día 26 de Octubre de 2019]. Obtenido de

[file:///C:/Users/isaqu\\_000/Downloads/180420%20CONSELL%20MALLORCA%20Metodolog%C3%ADa%20Riesgos%20y%20Vulnerabilidades.pdf](file:///C:/Users/isaqu_000/Downloads/180420%20CONSELL%20MALLORCA%20Metodolog%C3%ADa%20Riesgos%20y%20Vulnerabilidades.pdf).

GARCIA PACHON, María del Pilar. *Tratado de derecho de aguas*. Bogotá D.C.: universidad externado de Colombia, 2018.

GARCÍA P., MARÍA DEL PILAR. Régimen jurídico de los vertimientos en Colombia, Análisis desde el derecho ambiental y el derecho de aguas [En libro]. Bogotá: Universidad Externado de Colombia. 2017. [Citado el 9 de Marzo de 2020]. P. 131.

Gómez G., A. (2015) Mejoramiento del riego en el Ingenio Pichichi S.A. Memorias del XX Congreso Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica [En libro]. ATACA y XIII Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala - ATAGUA. 3 al 7 de agosto, 2015. Antigua, Guatemala [Citado el día 07 de Mayo de 2021].

IDEAM. (2018). *Estudio nacional del agua*. [En línea]. Obtenido de [http://www.andi.com.co/Uploads/ENA\\_2018-comprimido.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/ENA_2018-comprimido.pdf).

IDEAM. Índice de uso de agua, Hoja metodologica. [En línea]. 2010 [Citado el 19 de Febrero de 2021] Obtenido de: [http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.01+HM\\_%2Bndice+Uso+Agua.pdf/c7877a27-2876-4503-8ed2-72b5652a298b](http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.01+HM_%2Bndice+Uso+Agua.pdf/c7877a27-2876-4503-8ed2-72b5652a298b)

IDEAM. Índice de retención y regulación hídrica. Hoja metodologica versión 1.2. [En línea]. 2010. [Citado el 19 de Febrero de 2021] Obtenido de: <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.04+HM+%2Bndice+de+Retenci%C3%B3n+y+Regulaci%C3%B3n+H%C3%ADdrica.pdf/f0d464f9-9877-4163-b5f1-14f1a6700dd4>

IDEAM. Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento. Hoja metodologica versión 1.2. [En línea]. 2010. [Citado el 19 de Febrero de 2021] Obtenido de:  
<http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.05+HM+Indice+Vulnerabilidad+H%C3%ADdrica.pdf/d416e676-4b7b-4857-851c-20c9c48722e9>

IDEAM. Índice de calidad de agua en corrientes superficiales. Hoja metodológica versión 1.2. [En línea]. 2010. [Citado el 19 de Febrero de 2021] Obtenido de:

<http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.02+HM+%C3%8Dndice+Calidad+Agua.pdf/243f46e5-8b0b-42f3-b518-06b4431262d2>

IDEAM. Índice de aridez. Hoja metodologica versión 1.2. [En línea]. 2010. [Citado el 19 de Febrero de 2021] Obtenido de:

<http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.01+HM+%2Bndice+de+Aridetz.pdf/19f9c7c5-9db9-4129-be36-72a5aa5e4ef9>

IPCC (2007). *Cuarto informe intergubernamental de expertos sobre cambio climático*. [En línea]. Obtenido de

[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4\\_syr\\_sp.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf).

IPCC (2014). *Quinto informe intergubernamental de expertos sobre cambio climático*. [En línea]. Obtenido de

[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf).

MAGAÑA, Víctor. *Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante Cambio Climático*. [En línea]. México DF. (2013.) [Citado el 19 de Octubre de 2019]. Obtenido en

[http://climasaludal.org/resources/images/public/avirtuales/cuarta\\_conferencia/140923\\_guia\\_metodologica.pdf](http://climasaludal.org/resources/images/public/avirtuales/cuarta_conferencia/140923_guia_metodologica.pdf).

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1090 de 2018, Programa de uso eficiente y ahorro del agua. [En línea]. 2018. [Citado el 13 de Mayo de 2020]. P 2. Obtenido de:

<https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/7b-decreto%201090%20de%202018.pdf>

NACIONES UNIDAD. CMCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) [En línea]. EEUU. Nueva York. 1992. [Citado el 13 de Mayo de 2020]. P.4. Obtenido de:

<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO (2003). Gestión del agua: hacia el 2030. Enfoques / 2003. Marzo, 2003. [En línea] [Citado el día 07 de Mayo de 2021]. Disponible en internet:

<http://www.fao.org/ag/esp/revista/0303sp1.htm>

PLANTON, S. (2013). *Glosario de cambio climático*, Bases físicas. [En línea]. Obtenido de

[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI\\_AR5\\_glossary\\_ES.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf).

SABORIO, Javier. *Metodología para la gestión de cuencas hidrográficas siguiendo el enfoque del riesgo integral* [En línea]. Costa Rica (2009). [Citado el día 26 de Octubre de 2019]. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744817002.pdf>

UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES.  
Programa de gestión para el uso eficiente del agua [En línea]. Bogotá. 2015. [Citado el 13 de Mayo de 2020]. P.3. Obtenido de:

[http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/Lineamientos\\_Int/PRO-1300-SIPG-03\\_Uso\\_eficiente\\_de\\_Agua-V3.pdf](http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/Lineamientos_Int/PRO-1300-SIPG-03_Uso_eficiente_de_Agua-V3.pdf)

VALENCIA ROJAS, Mónica P. y FIGUEROA CASAS, Apolinar. *Metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática* [en línea]. Colombia, Universidad de Medellín. (2014) [Citado el día 27 de Octubre de 2019]. Obtenido de

<http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v13n25/v13n25a03.pdf>



# ANEXOS

## Anexo A. Diagnostico derivación 1

Información general				
Derivación	Número	1		
	Nombre	Acequia la María		
Coordenadas	Inicio	E: 1096131,78	N: 921632,74	
	Final			
Diagnóstico general				
	Criterios	Datos	%	Valor asignado
Longitud	Longitud de derivación(m)			
	Longitud total (m)			
Área	Área de beneficio (ha)	390,439	4,575	
	Área total (ha)		8534,820	
Caudal	Caudal concesionado (L/s)	18,560	1,087	
	Caudal total concesionado (l/s)		1708,070	
Relación caudal/área	Relación caudal concesionado/área de beneficio (L/s/ha)	0,048	23,753	
	Relación caudal total concesionado/área total (L/s/ha)		0,200	
Número de usuarios	Número de usuarios beneficiados	11,000	4,622	
	Número total de usuarios		238,000	
Relación caudal/# usuarios	Relación caudal concesionado/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)	1,687	23,510	
	Relación caudal concesionado/Usuario (L/s*Usuario)		7,177	
Diagnostico de usos				
	Uso	Datos	%	Valor asignado
Consumo humano y/o domestico	Consumo de la zona de beneficio(L/s)			
	Consumo total(L/s)			
	Uso de la zona de beneficio			
	Uso total			
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)			
	Relación consumo total/Usuario (L/s*Usuario)			
Agrícola	Consumo de la zona de beneficio(L/s)	8,800	0,586	
	Consumo total(L/s)		1502,890	
	Uso de la zona de beneficio	2,000	1,325	
	Uso total		151,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)	4,400	44,208	
	Relación consumo total/Usuario (L/s*Usuario)		9,953	
Pecuario (consumo de agua a los animales)	Consumo de la zona de beneficio(L/s)	8,550	5,502	
	Consumo total(L/s)		155,406	
	Uso de la zona de beneficio	9,000	16,364	
	Uso total (Cantidad)		55,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)	0,950	33,622	
	Relación consumo total/Usuario (L/s*Usuario)		2,826	
Recreativo	Consumo de la zona de beneficio(L/s)			
	Consumo total(L/s)			
	Uso de la zona de beneficio			
	Uso total			
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)			
	Relación consumo total/Usuario (L/s*Usuario)			
Industrial	Consumo de la zona de beneficio(L/s)			
	Consumo total(L/s)			
	Uso de la zona de beneficio			
	Uso total			
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)			
	Relación consumo total/Usuario (L/s*Usuario)			

Fuente: Los autores

## Anexo B. Diagnostico derivación 2

Información general				
Derivación	Número	2		
	Nombre	Acequia las Vegas		
Coordenadas	Inicio			
	Final			
Diagnóstico general				
	Criterios	Datos	%	Valor asignado
Longitud	Longitud de derivación(m)			
	Longitud total (m)			
Área	Área de beneficio (ha)	223,580	2,619	
	Área total (ha)		8534,820	
Caudal	Caudal c oncesinado (L/s)	5,830	0,341	
	Caudal total c oncesinado (l/s)		1708,070	
Relación caudal/área	Relación caudal c oncesinado/área de beneficio (L/s.ha)	0,026	13,031	
	Relación caudal total concesionado/área total (L/s.ha)		0,200	
Número de usuarios (Beneficiarios)	Número de usuarios beneficiados	3,000	1,261	
	Número total de usuarios		238,000	
Relación caudal/# usuarios	Relación caudal c oncesinado/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)	1,943	27,078	
	Relación caudal concesionado/Usuario (L/s*Usuario)		7,177	
Diagnostico de usos				
	Uso	Datos	%	Valor asignado
Consumo humano y/o domestico	Consumo de la zona de beneficio(L/s)			
	Consumo total(L/s)			
	Uso de la zona de beneficio			
	Uso total			
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)			
	Relación consumo total/Usuario (L/s*Usuario)			
Agrícola	Consumo de la zona de beneficio(L/s)	2,500	0,166	
	Consumo total(L/s)		1502,890	
	Uso de la zona de beneficio	1,000	0,662	
	Uso total		151,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)	2,500	25,118	
	Relación consumo total/Usuario (L/s*Usuario)		9,953	
Pecuario (consumo de agua a los animales)	Consumo de la zona de beneficio(L/s)	3,500	2,252	
	Consumo total(L/s)		155,406	
	Uso de la zona de beneficio	2,000	3,636	
	Uso total (Cantidad)		55,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)	1,750	61,935	
	Relación consumo total/Usuario (L/s*Usuario)		2,826	
Recreativo	Consumo de la zona de beneficio(L/s)			
	Consumo total(L/s)			
	Uso de la zona de beneficio			
	Uso total			
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)			
	Relación consumo total/Usuario (L/s*Usuario)			
Industrial	Consumo de la zona de beneficio(L/s)			
	Consumo total(L/s)			
	Uso de la zona de beneficio			
	Uso total			
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)			
	Relación consumo total/Usuario (L/s*Usuario)			

Fuente: Los autores

## Anexo C. Diagnostico derivación 4.

Información general				
Derivación	Número	4		
	Nombre	Acequia Chambimbal		
Coordenadas	Inkio			
	Final			
Diagnóstico general				
	Criterios	Datos	%	Valor asignado
Longitud	Longitud de derivación(m)			
	Longitud total (m)			
Área	Área de beneficio (ha)	4920,629	57,654	
	Área total (ha)		8534,820	
Caudal	Caudal concesinado (L/s)	1112,704	65,144	
	Caudal total concesionado (l/s)		1708,070	
Relación caudal/área	Relación caudal concesionado/área de beneficio (L/s. ha)	0,226	112,992	
	Relación caudal total concesionado/área total (L/s.ha)		0,200	
Número de usuarios (Número)	Número de usuarios beneficiados	98,000	41,176	
	Número total de usuarios		238,000	
Relación caudal/# usuarios	Relación caudal concesionado/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)	11,354	158,207	
	Relación caudal concesionado/Usuario (L/s* Usuario)		7,177	
Diagnostico de usos				
	Uso	Datos	%	Valor asignado
Consumo humano y/o domestico	Consumo de la zona de beneficio(L/s)	0,330	5,410	
	Consumo total(L/s)		6,100	
	Uso de la zona de beneficio	1,000	5,556	
	Uso total		18,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)	0,330	97,377	
	Relación consumo total/Usuario (L/s*Usuario)		0,339	
Agrícola	Consumo de la zona de beneficio(L/s)	979,500	65,174	
	Consumo total(L/s)		1502,890	
	Uso de la zona de beneficio	64,000	42,384	
	Uso total		151,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)	15,305	153,771	
	Relación consumo total/Usuario (L/s*Usuario)		9,953	
Pecuario (consumo de agua a los animales)	Consumo de la zona de beneficio(L/s)	93,880	60,410	
	Consumo total(L/s)		155,406	
	Uso de la zona de beneficio	20,000	36,364	
	Uso total (Cantidad)		55,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)	4,694	166,126	
	Relación consumo total/Usuario (L/s*Usuario)		2,826	
Recreativo	Consumo de la zona de beneficio(L/s)	8,500	100,000	
	Consumo total(L/s)		8,500	
	Uso de la zona de beneficio	5,000	100,000	
	Uso total		5,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)	1,700	100,000	
	Relación consumo total/Usuario (L/s*Usuario)		1,700	
Industrial	Consumo de la zona de beneficio(L/s)	34,990	99,403	
	Consumo total(L/s)		35,200	
	Uso de la zona de beneficio	8,000	88,889	
	Uso total		9,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (L/s*Usuario b)	4,374	111,829	
	Relación consumo total/Usuario (L/s*Usuario)		3,911	

Fuente: Los autores

## Anexo D. Diagnostico derivación 5

Información general				
Derivación	Número	5		
	Nombre	Acequia Grande- ALBERGUE		
Coordenadas	Inicio			
	Final			
Diagnóstico general				
	<b>Criterios</b>	<b>Datos</b>	<b>%</b>	<b>Valor asignado</b>
Longitud	Longitud de derivación(m)			
	Longitud total (m)			
Área	Área de beneficio (ha)	1639,350	19,208	
	Área total (ha)		8534,820	
Caudal	Caudal concesionado (l/s)	323,654	18,949	
	Caudal total concesionado (l/s)		1708,070	
Relación caudal/área	Relación caudalconcesionado/área de beneficio (l/s/ha)	0,197	98,650	
	Relación caudal total concesionado/área total (l/s/ha)		0,200	
Número de usuarios (Número de	Número de usuarios beneficiados	61,000	25,630	
	Número total de usuarios		238,000	
Relación caudal/# usuarios	Relación caudal concesionado/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)	5,306	73,930	
	Relación caudal concesionado/Usuario (l/s*Usuario)		7,177	
Diagnostico de usos				
	<b>Uso</b>	<b>Datos</b>	<b>%</b>	<b>Valor asignado</b>
Consumo humano y/o domestico	Consumo de la zona de beneficio(l/s)	4,200	68,852	
	Consumo total(l/s)		6,100	
	Uso de la zona de beneficio	13,000	72,222	
	Uso total		18,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)	0,323	95,334	
	Relación consumo total/Usuario (l/s*Usuario)		0,339	
Agrícola	Consumo de la zona de beneficio(l/s)	280,500	18,664	
	Consumo total(l/s)		1502,890	
	Uso de la zona de beneficio	36,000	23,841	
	Uso total		151,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)	7,792	78,285	
	Relación consumo total/Usuario (l/s*Usuario)		9,953	
Pecuario (consumo de agua a los animales)	Consumo de la zona de beneficio(l/s)	33,660	21,659	
	Consumo total(l/s)		155,406	
	Uso de la zona de beneficio	11,000	20,000	
	Uso total (Cantidad)		55,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)	3,060	108,297	
	Relación consumo total/Usuario (l/s*Usuario)		2,826	
Recreativo	Consumo de la zona de beneficio(l/s)			
	Consumo total(l/s)			
	Uso de la zona de beneficio			
	Uso total			
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)			
	Relación consumo total/Usuario (l/s*Usuario)			
Industrial	Consumo de la zona de beneficio(l/s)	0,200	0,568	
	Consumo total(l/s)		35,200	
	Uso de la zona de beneficio	1,000	11,111	
	Uso total		9,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)	0,200	5,114	
	Relación consumo total/Usuario (l/s*Usuario)		3,911	

Fuente: Los autores

## Anexo E. Diagnostico derivación 6.

Información general				
Derivación	Número	6		
	Nombre	Acequia La Julia		
Coordenadas	Inicio			
	Final			
Diagnóstico general				
	Criterios	Datos	%	Valor asignado
Longitud	Longitud de derivación(m)			
	Longitud total (m)			
Área	Área de beneficio (ha)	973,400	11,405	
	Área total (ha)		8534,820	
Caudal	Caudal concesionado (l/s)	170,810	10,000	
	Caudal total concesionado (l/s)		1708,070	
Relación caudal/área	Relación caudal/área de beneficio (l/s.ha)	0,175	87,682	
	Relación caudal concesionado/área total (l/s.ha)		0,200	
Número de usuarios	Número de usuarios beneficiados	48,000	20,168	
	Número total de usuarios		238,000	
Relación caudal/# usuarios	Relación caudal concesionado/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)	3,559	49,584	
	Relación caudal concesionado/Usuario (l/s*Usuario)		7,177	
Diagnostico de usos				
	Uso	Datos	%	Valor asignado
Consumo humano y/o doméstico	Consumo de la zona de beneficio(l/s)	1,060	17,377	
	Consumo total(l/s)		6,100	
	Uso de la zona de beneficio	2,000	11,111	
	Uso total		18,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)	0,530	156,393	
	Relación consumo total/Usuario (l/s*Usuario)		0,339	
Agrícola	Consumo de la zona de beneficio(l/s)	151,900	10,107	
	Consumo total(l/s)		1502,890	
	Uso de la zona de beneficio	33,000	21,854	
	Uso total		151,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)	4,603	46,248	
	Relación consumo total/Usuario (l/s*Usuario)		9,953	
Pecuario (consumo de agua a los animales)	Consumo de la zona de beneficio(l/s)	15,860	10,206	
	Consumo total(l/s)		155,406	
	Uso de la zona de beneficio	13,000	23,636	
	Uso total (Cantidad)		55,000	
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)	1,220	43,177	
	Relación consumo total/Usuario (l/s*Usuario)		2,826	
Recreativo	Consumo de la zona de beneficio(l/s)			
	Consumo total(l/s)			
	Uso de la zona de beneficio			
	Uso total			
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)			
	Relación consumo total/Usuario (l/s*Usuario)			
Industrial	Consumo de la zona de beneficio(l/s)			
	Consumo total(l/s)			
	Uso de la zona de beneficio			
	Uso total			
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)			
	Relación consumo total/Usuario (l/s*Usuario)			

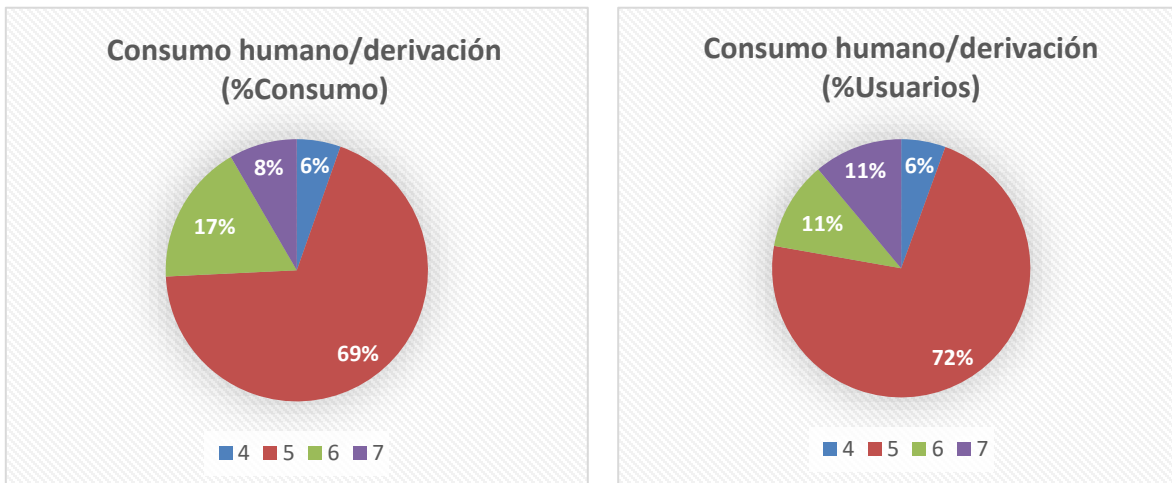
Fuente: Los autores

## Anexo F. Diagnostico derivación 7.

Información general				
Derivación	Número	7		
	Nombre	Acequia El Chircal		
Coordenadas	Inicio			
	Final			
Diagnóstico general				
	Criterios	Datos	%	Valor asignado
Longitud	Longitud de derivación(m)			
	Longitud total (m)			
Área	Área de beneficio (ha)	387,450	4,540	
	Área total (ha)	8534,820		
Caudal	Caudal concesinado (l/s)	76,502	4,479	
	Caudal total concesionado (l/s)	1708,070		
Relación caudal/área	Relación caudal/área de beneficio (l/s.ha)	0,197	98,662	
	Relación caudal concesionado/área total (l/s.ha)	0,200		
Número de usuarios	Número de usuarios beneficiados	17,000	7,143	
	Número total de usuarios	238,000		
Relación caudal/# usuarios	Relación caudal concesionado/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)	4,500	62,704	
	Relación caudal concesionado/Usuario (l/s*Usuario)	7,177		
Diagnostico de usos				
	Uso	Datos	%	Valor asignado
Consumo humano y/o domestico	Consumo de la zona de beneficio(l/s)	0,512	8,393	
	Consumo total(l/s)	6,100		
	Uso de la zona de beneficio	2,000	11,111	
	Uso total	18,000		
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)	0,256	75,541	
	Relación consumo total/Usuario (l/s*Usuario)	0,339		
Agrícola	Consumo de la zona de beneficio(l/s)	79,628	5,298	
	Consumo total(l/s)	1502,890		
	Uso de la zona de beneficio	15,000	9,934	
	Uso total	151,000		
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)	5,309	53,336	
	Relación consumo total/Usuario (l/s*Usuario)	9,953		
Pecuario (consumo de agua a los animales)	Consumo de la zona de beneficio(l/s)			
	Consumo total(l/s)			
	Uso de la zona de beneficio			
	Uso total (Cantidad)			
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)			
	Relación consumo total/Usuario (l/s*Usuario)			
Recreativo	Consumo de la zona de beneficio(l/s)			
	Consumo total(l/s)			
	Uso de la zona de beneficio			
	Uso total			
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)			
	Relación consumo total/Usuario (l/s*Usuario)			
Industrial	Consumo de la zona de beneficio(l/s)			
	Consumo total(l/s)			
	Uso de la zona de beneficio			
	Uso total			
	Relación consumo de la zona de beneficio/usuario de beneficio (l/s*Usuario b)			
	Relación consumo total/Usuario (l/s*Usuario)			

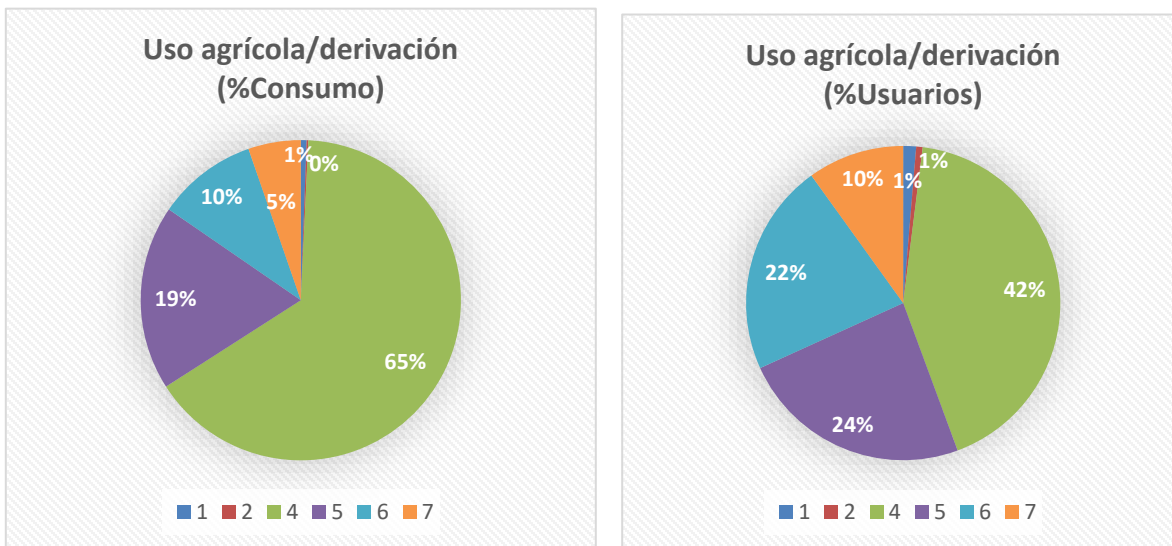
Fuente: Los autores

**Anexo G. Consumo humano.**



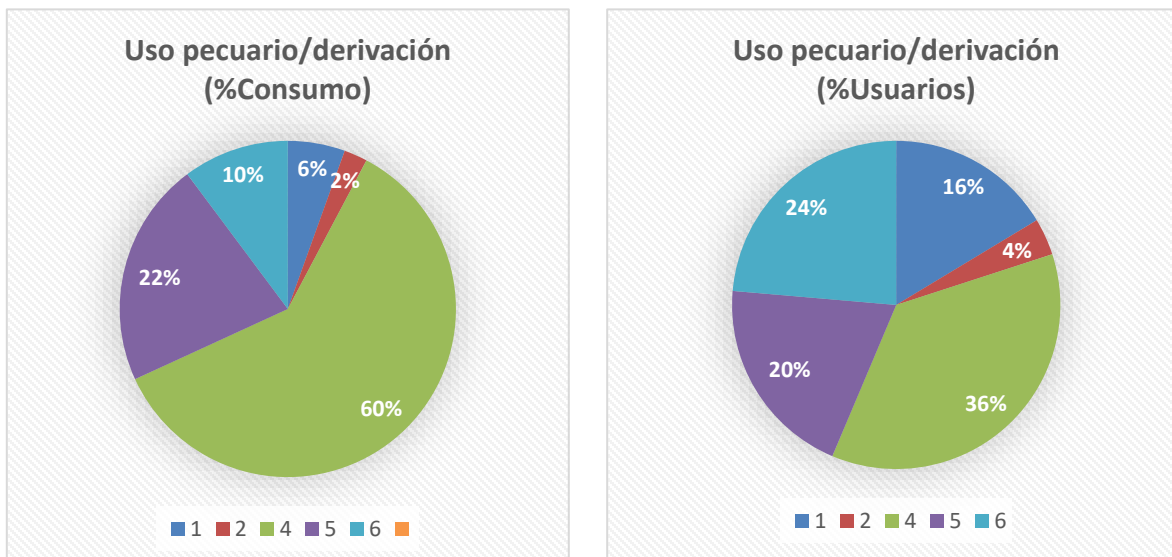
Fuente: Los autores

**Anexo H. Uso agrícola.**

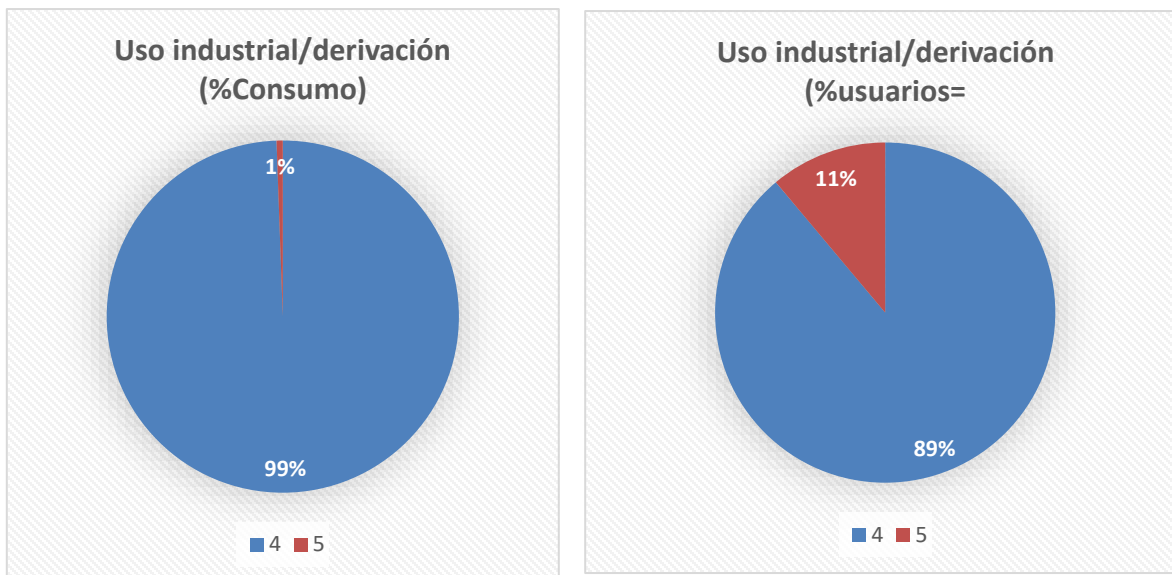


Fuente: Los autores

## Anexo I. Uso pecuario

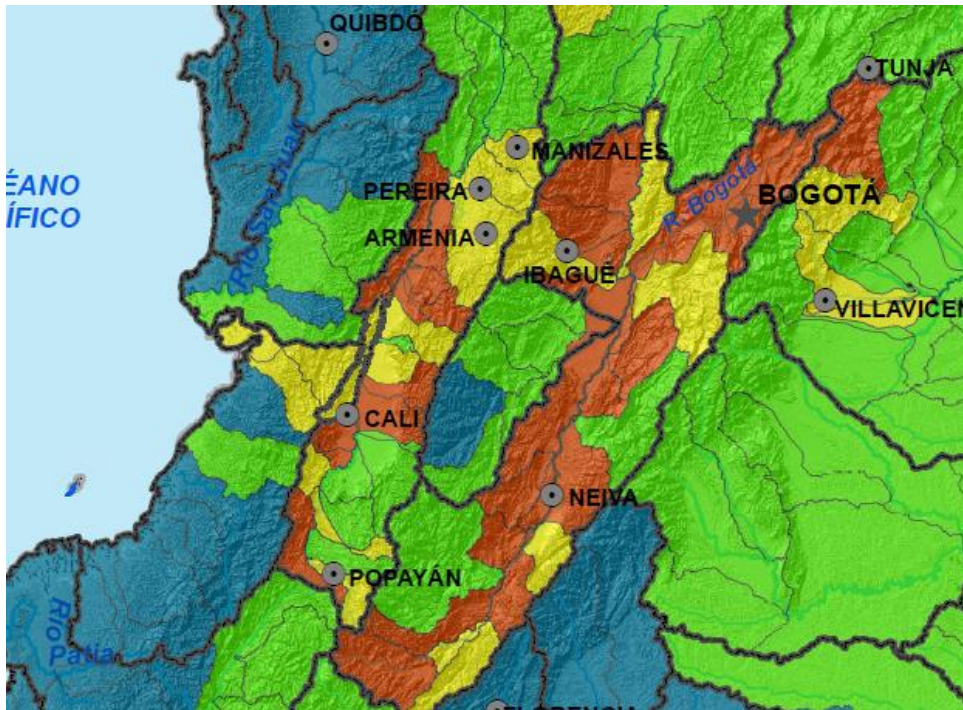


## Anexo J. Uso industrial.

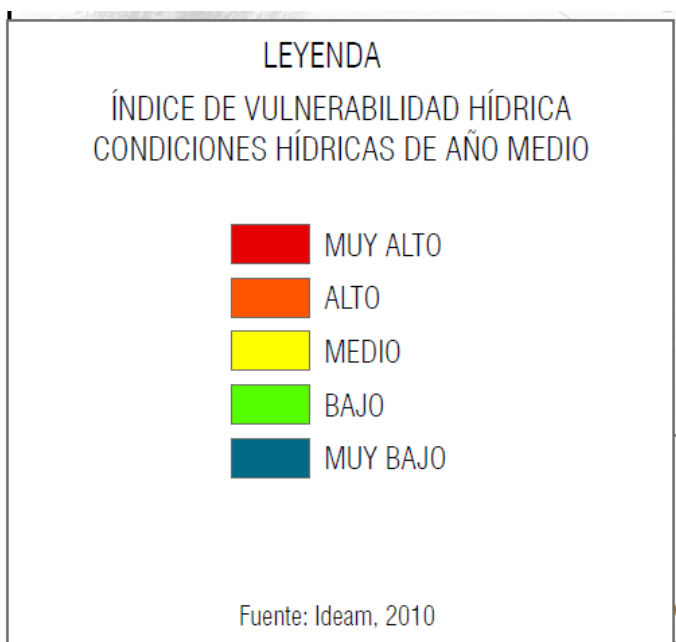




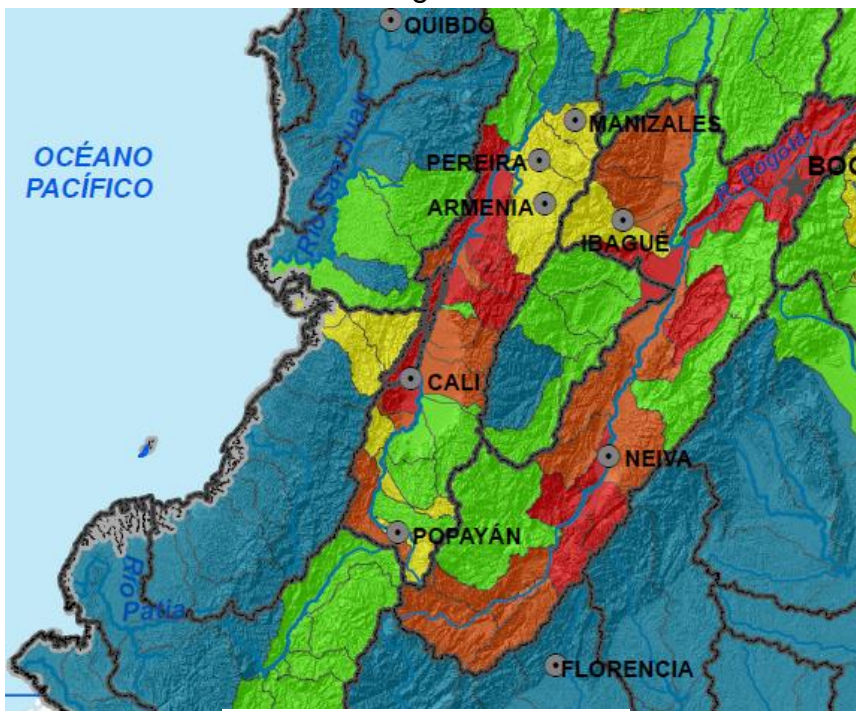
## Anexo K. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento de agua



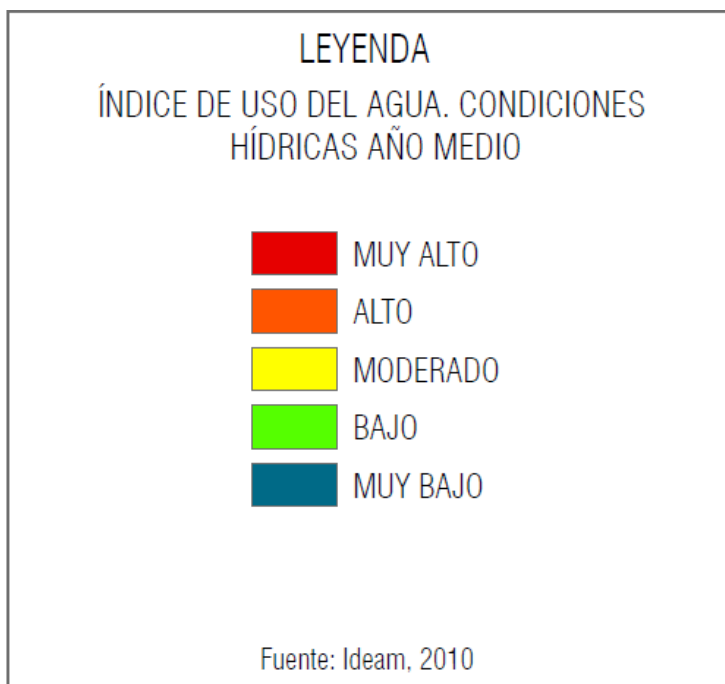
Fuente: IDEAM, 2010



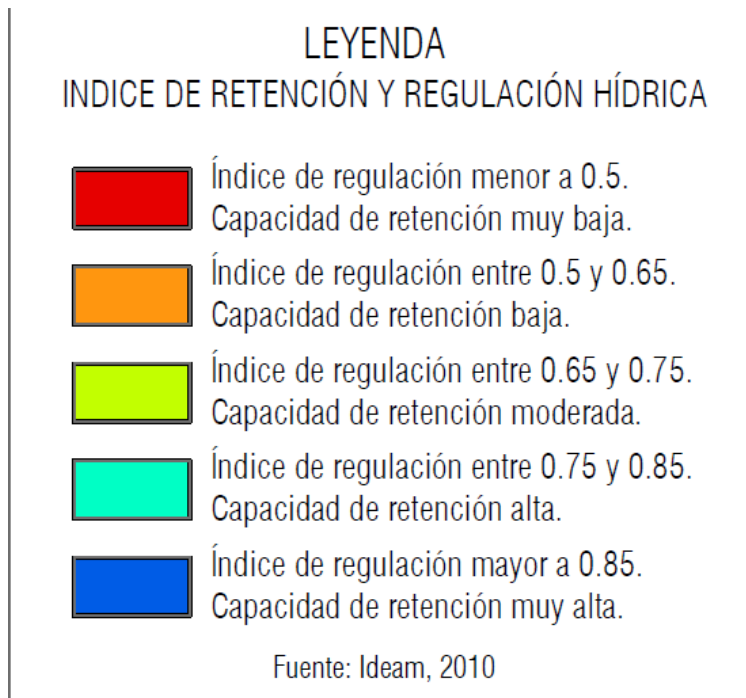
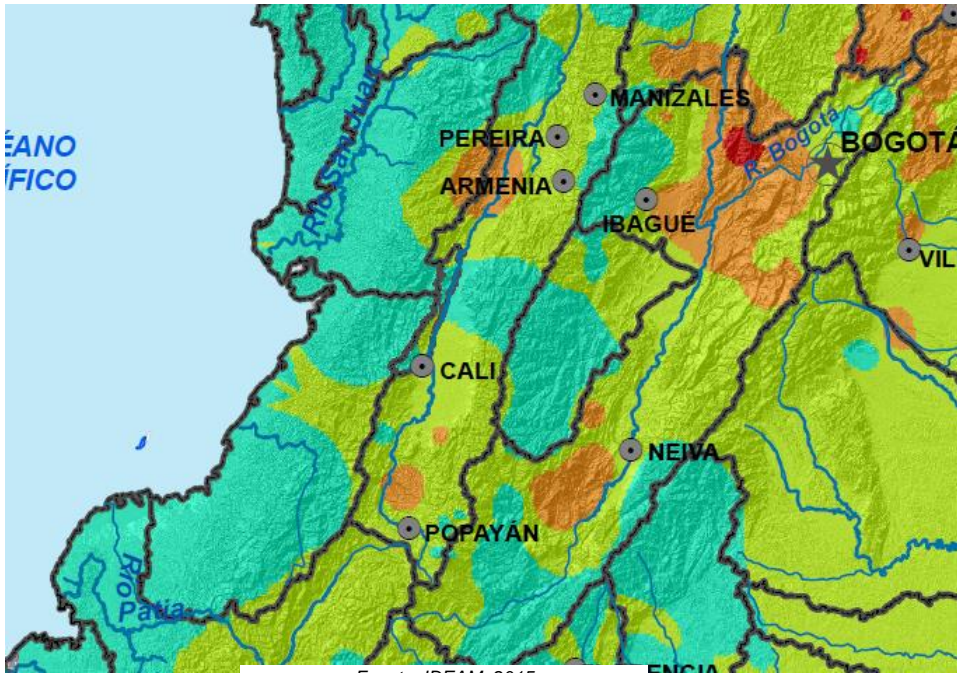
### Anexo L. Índice de uso de agua



Fuente: IDEAM, 2010

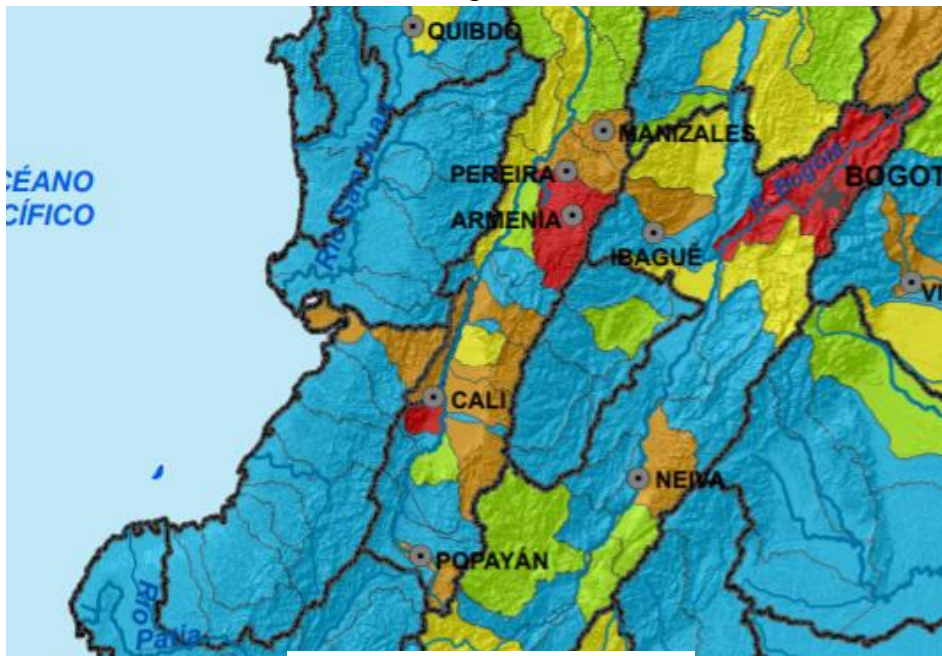


## Anexo M. Índice de retención y regulación hídrica





**Anexo N. Índice de calidad de agua.**



Fuente: IDEAM, 2010

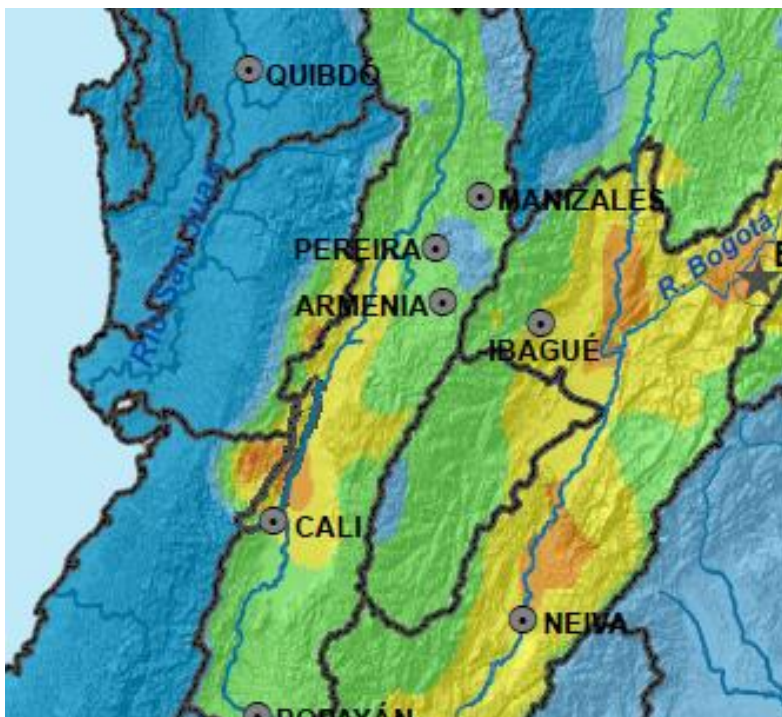
**LEYENDA**

ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL  
DE LA CALIDAD DEL AGUA. CONDICIONES  
HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO










Fuente: IDEAM, 2015

## Anexo Ñ. Índice de aridez



Fuente: IDEAM, 2010

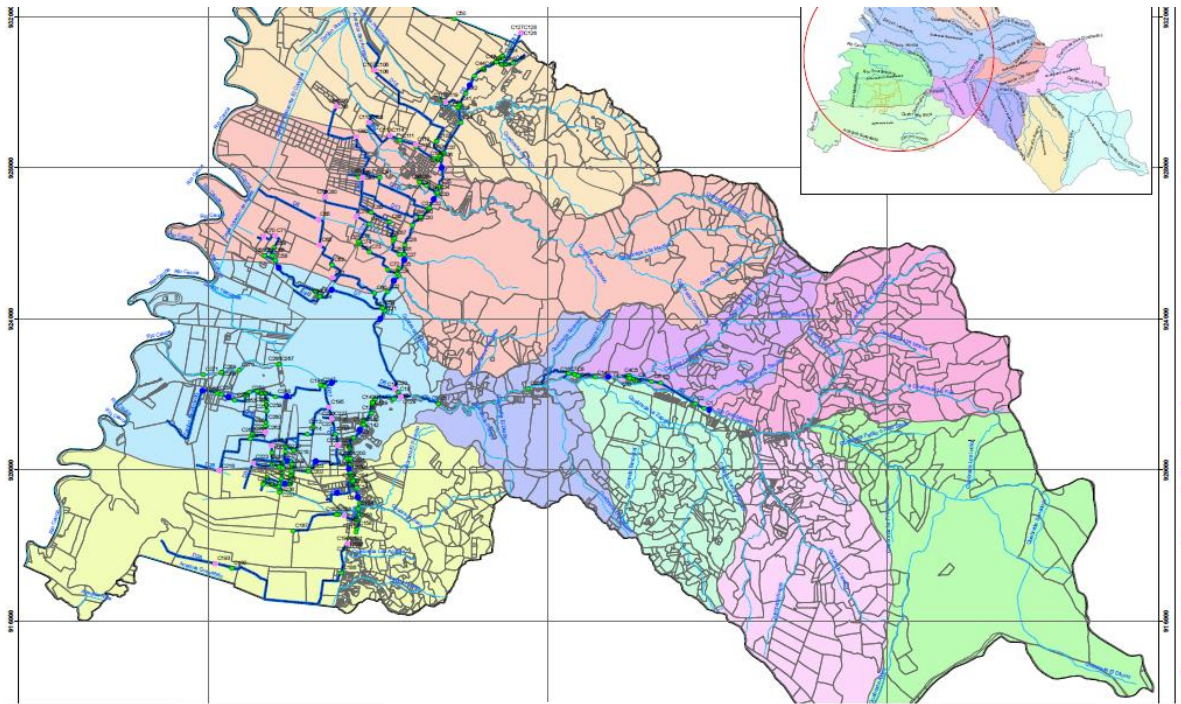
### LEYENDA INDICE DE ARIDEZ

	Menor a 0,15. Altos excedentes de agua
	0,15 a 019. Excedentes de agua
	0,20 a 029. Moderado y excedentes de agua
	0,30 a 039. Moderado
	0,40 a 049. Moderado y deficitario de agua
	0,50 a 059. Deficitario de agua
	Mayor a 0,60. Altamente deficitario de agua

Fuente: Ideam. 2010

Fuente: IDEAM, 2010

## Anexo O. Cartografía captaciones y medidores usuarios grandes y pequeños



Fuente: Reglamentación Río Guadalajara, 2019

## Anexo P. Convenciones cartografía de captaciones y medidores.

