

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
COORDINACIÓN DE RIEGO Y DRENAJE
SUBCOORDINACIÓN DE CONSERVACIÓN DE CUENCAS Y SERVICIOS AMBIENTALES

INFORME FINAL
Proyecto RD1807.1

**Estudio para identificar proyectos productivos sobre el aprovechamiento
integrado del agua, la agricultura y la energía**



México, diciembre de 2018

CONTENIDO

1	Plan de Reconversión Productiva para el uso integral del agua y aprovechamiento de energías renovables de la cuenca Presa El Gallinero, Dolores Hidalgo, Guanajuato.....	3
1.1	DIAGNÓSTICO BIOFÍSICO DE LA CUENCA PRESA EL GALLINERO	1
1.1.1	Localización geográfica	1
1.1.2	Ubicación hidrográfica e hidrológica	3
1.1.3	Clima	5
1.1.4	Hidrología.....	6
1.1.5	Geología.....	7
1.1.5.1	Rocas sedimentarias.....	8
1.1.5.2	Rocas ígneas	10
1.1.5.3	Basalto.....	11
1.1.5.4	Suelo aluvial	11
1.1.5.5	Suelo residual.....	11
1.1.6	Fisiografía y topografía	12
1.1.	Edafología	13
1.1.6.1	Feozem.....	14
1.1.6.2	Litosol	15
1.1.6.3	Luvisol	15
1.1.6.4	Regosol	16
1.1.6.5	Subunidades de suelo.....	16
1.1.7	Uso del suelo	17
1.1.8	Vegetación	18
1.1.9	Fauna	19
1.2	LINEA BASE DE LOS RECURSOS DEL MEDIO NATURAL DE LA CUENCA PRESA EL GALLINERO.....	20
1.2.1	Metodología	21
1.2.1.1	Definición de la necesidad e importancia.....	21
1.2.1.2	Organización de equipos de trabajo	21
1.2.1.3	Identificación de indicadores requeridos.....	21
1.2.1.4	Recopilación y análisis de información	23
1.2.1.5	Levantamiento de información necesaria	23
1.2.1.6	Caracterización y cuantificación de los indicadores y mapeo.....	23
1.2.1.7	Evaluación y sistematización de los indicadores	23
1.2.1.8	Elaboración de matrices de indicadores y mapas	23
1.2.1.9	Establecimiento de la línea base de los recursos del medio natural de la cuenca Presa El Gallinero	24

1.2.2	Resultados	25
1.2.2.1	LÍNEA BASE DEL RECURSO SUELO	25
1.2.2.1.1	Estudio de erosión hídrica con la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo adaptada a las condiciones de México	26
1.2.2.1.1.1	Factor R (erosividad de la lluvia).....	27
1.2.2.1.1.2	Factor K (erosionabilidad del suelo)	28
1.2.2.1.1.3	Factor LS (longitud y grado de la pendiente).....	30
1.2.2.1.1.4	Factor C (cobertura vegetal)	31
1.2.2.1.1.5	Factor P (prácticas conservacionistas de agua y suelo).....	32
1.2.2.1.1.6	Erosión hídrica actual.....	34
1.2.2.2	LÍNEA BASE DEL RECURSO VEGETACIÓN.....	36
1.2.2.2.8.1	Estado actual de la vegetación	39
1.2.2.2.8.2	Subdivisión de la cuenca desde el punto de vista vegetativo	40
1.2.2.2.8.2.1	La cuenca alta	41
1.2.2.2.8.2.2	La cuenca media	42
1.2.2.2.8.2.3	La cuenca baja.....	43
1.2.2.2.8.2.4	Descripción detallada de los tipos de vegetación y ecosistemas	44
1.2.2.3	LÍNEA BASE DEL RECURSO AGUA	64
1.2.2.3.1	Cuantificación de la producción de agua y contenido de sedimentos	64
1.2.2.3.1.1	Escurrimiento medio.....	65
1.2.2.3.1.2	Escurrimiento máximo.....	66
1.2.2.3.1.2.1	Método de la curva numérica o del SCS (USDA).....	66
1.2.2.3.1.3	Resultados de producción de agua y sedimentos	68
1.2.2.3.2	Calidad del agua y grado de contaminación	71
1.3	DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO DE LA CUENCA PRESA EL GALLINERO	73
1.3.1	Procedimiento metodológico.....	73
1.3.2	Antecedentes	74
1.3.3	Diagnóstico socioeconómico	75
1.3.3.1	Población.....	75
1.3.3.2	Instrucción escolar	79
1.3.3.3	Viviendas y servicios	85
1.3.3.4	Actividades Económicas	88
1.3.3.4.1	La producción agropecuaria.....	88
1.3.3.4.2	Carbón, leña y minerales	91
1.3.3.4.3	Ocupación de la población	92
1.3.3.5	Tenencia de la tierra.....	93

1.3.3.6	Arrendamiento, aparcería y venta de la tierra.....	96
1.3.3.7	Trabajo asalariado.....	96
1.3.3.8	Emigración	98
1.1.1.	Agricultura de Riego	99
1.3.3.9	Organizaciones	102
1.3.3.10	Marginación.....	102
1.3.3.11	Conflictos Sociales.....	106
1.3.4	Conclusiones.....	107
1.4	PROYECTOS PRODUCTIVOS AGRÍCOLAS, FRUTÍCOLAS, PECUARIOS Y FORESTALES CON APROVECHAMIENTO DE AGUA Y ENERGÍA RENOVABLE.....	109
1.4.1	Proyectos relacionados con planes de reconversión productiva en una cuenca hidrográfica	110
1.4.1.1	Conceptos generales	110
1.4.1.2	Cuenca hidrográfica y planes de reconversión.....	110
1.4.1.3	Estudios de suelos en cuencas hidrográficas.....	111
1.4.2	Estudio de caso: Cuenca Presa El Gallinero.....	111
1.4.2.1	Características generales de la cuenca.....	111
1.4.2.2	Unidades de suelos en la cuenca	112
1.4.2.3	Caracterización y descripción de sitios de muestreo en la cuenca Presa El Gallinero	113
1.4.2.3.1	Sitio 1. Picones 1.	114
1.4.2.3.2	Sitio 2. Picones 2.	115
1.4.2.3.3	Sitio 3. Refugio de Trancas.....	116
1.4.2.3.4	Sitio 4. El Ciprés.	117
1.4.2.3.5	Sitio 5. Paredones.....	117
1.4.2.3.6	Sitio 6. Paredones 2.....	118
1.4.2.3.7	Sitio 7. La Manga de Cerrote.....	119
1.4.2.3.8	Sitio 8. La Manga de Cerrote 2.....	120
1.4.2.3.9	Sitio 9. Zamarripa 1.....	121
1.4.2.3.10	Sitio 10. Zamarripa 2.....	122
1.4.2.3.11	Resultados físico-químicos del muestreo de suelos.....	122
1.4.3	Zonificación agroecológica para la producción de cultivos y frutales en la cuenca Presa El Gallinero	123
2	Curso-Taller de Proyectos Productivos para el Aprovechamiento Integrado del Agua, la Agricultura y la Energía.....	127
2.1	Desarrollo del curso – taller.	128
	La memoria fotográfica del curso, así como las presentaciones de los temas expuestos se encontrarán anexos en el presente informe.	130
3	Estudio, desarrollo y mejoramiento de tecnologías aplicadas en la reconversión productiva.....	131

3.1	Estudio paramétrico de una cámara destinada para el germinado de maíz forrajero con iluminación LED (CONACyT)	131
3.1.1	<i>El agua de riego</i>	131
3.1.2	<i>Metodología</i>	135
3.1.2.1	<i>CULTIVO DE FORRAJE BAJO INVERNADERO</i>	135
3.1.2.2	<i>SISTEMA HIDROPONICO</i>	137
3.1.2.3	<i>Sistema NF-PV de cuatro membranas</i>	138
3.1.3	<i>Resultados de la evaluación del sistema de desalinización</i>	140
3.2	Unidad experimental de malla sombra con riego hidropónico para cultivo de fresa y arándano	145
3.2.1	<i>Características de los cultivos</i>	145
3.2.1.1	<i>Fresa</i>	145
3.2.1.2	<i>Arándano</i>	146
3.2.2	<i>Sistema NF-PV de cuatro membranas</i>	148
3.2.3	<i>Metodología</i>	149
3.2.4	<i>Resultados</i>	151
3.3	Diseño de una turbina de tipo tornillo de Arquímedes mediante técnicas de CFD (Computational Fluid Dynamics)	152
3.3.1	<i>ANÁLISIS INICIAL</i>	152
3.3.2	<i>ANÁLISIS TEÓRICO</i>	154
3.3.3	<i>ANÁLISIS ESTÁTICO SOBRE EL TORNILLO DE ARQUÍMEDES</i>	155
3.3.4	<i>RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTÁTICO</i>	156
3.3.5	<i>INFORMACIÓN DE LA MALLA</i>	157
3.3.6	<i>FUERZAS RESULTANTES</i>	158
3.3.6.1	<i>Fuerzas de Reacción</i>	158
3.3.6.2	<i>Momentos de reacción</i>	158
3.3.7	<i>ANÁLISIS ESTÁTICO AL ALABE</i>	158
3.3.8	<i>FUERZAS RESULTANTES</i>	160
3.3.8.1	<i>Fuerzas de reacción</i>	161
3.3.8.2	<i>Momentos de reacción</i>	161
3.3.9	<i>INFORMACIÓN DE LA MALLA</i>	161
3.3.10	<i>ANÁLISIS DINÁMICO</i>	162
3.3.11	<i>CAJA MULTIPLICADORA Y GENERADOR ELÉCTRICO</i>	166
4	CONCLUSIONES	168
5	ANEXOS	171
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	170

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de la cuenca Presa El Gallinero.....	1
Figura 2. Municipios que conforman la cuenca Presa El Gallinero.....	2
Figura 3. Localización hidrográfica e hidrológica de la cuenca Presa El Gallinero.	3
Figura 4. Localización hidrográfica e hidrológica de la cuenca Presa El Gallinero dentro de la cuenca hidrográfica Lerma-Chapala.	3
Figura 5. Subcuencas que conforman la cuenca Presa El Gallinero.....	4
Figura 6. Climas presentes en la cuenca Presa El Gallinero.....	5
Figura 7. Hidrología de la cuenca Presa El Gallinero.....	7
Figura 8. Principales tipos de rocas presentes en la cuenca Presa El Gallinero.	8
Figura 9. Provincia y Subprovincia fisiográficas presentes en la cuenca Presa El Gallinero.....	12
Figura 10. Topoformas presentes en la cuenca Presa El Gallinero.....	13
Figura 11. Edafología con grupos y unidades de suelo de la cuenca Presa El Gallinero.....	14
Figura 12. Uso actual del suelo de la cuenca Presa El Gallinero.	18
Figura 13. Esquema de los pasos para la elaboración de la línea de base para la cuenca Presa El Gallinero.	22
Figura 14. Mapa del factor R (erosividad de la lluvia) de la cuenca de la Presa El Gallinero.....	27
Figura 15. Muestreo de suelos en la cuenca Presa El Gallinero para determinar el factor K.....	28
Figura 16. Mapa del factor K (erosionabilidad del suelo) de la cuenca Presa El Gallinero.....	29
Figura 17. Mapa del factor LS (longitud y grado de la pendiente) de la cuenca Presa El Gallinero.....	31
Figura 18. Mapa del factor C (cobertura vegetal) de la cuenca Presa El Gallinero.	32
Figura 19. Mapa del factor P (prácticas conservacionistas) de la cuenca de la Presa El Gallinero.....	33
Figura 20. Mapa de erosión hídrica actual de la cuenca de la Presa El Gallinero.	34
Figura 21. Uso actual del suelo y vegetación de cuenca Presa El Gallinero.	39
Figura 22. Subdivisión vegetativa de la cuenca Presa El Gallinero.....	41
Figura 23. Paisaje de la cuenca alta; sitio: al poniente de Piñones, vista hacia poniente; subcuenca (AA).....	42
Figura 24. Paisaje de la cuenca media, vista hacia poniente; sitio: La Puerta del Cerrote, subcuenca (BA)	43
Figura 25. Paisaje de la cuenca media, vista hacia oriente, Sitio: La Puerta del Cerrote, subcuenca (BA) con vista hacia la subcuenca (BC) al fondo.....	43

Figura 26. Salida de la presa El Gallinero y aspecto del matorral en esta zona; subcuena (CD).	44
Figura 27. Agricultura en ladera suave con surcado en favor de la pendiente. Sitio: al oeste de Puerta del Cerrote.....	45
Figura 28. Agricultura con maíz en el valle intermontañoso; Sitio: en el centro de Puerta del Cerrote	45
Figura 29. Agricultura en ladera con surcado a curva de nivel; Sitio: al noreste de Zamarripa.....	46
Figura 30. Parcela agrícola en descanso o pradera en un altiplano al norte de Refugio de Trancas	46
Figura 31. Cultivo de Pinus cembroides para producción de piñon. Sitio: al noroeste de Zamarripa, en la Subcuena (BB).....	47
Figura 32. Matorral reciente en área desnuda (dp+ppf) en la cuenca alta,	48
Figura 33. (ppf)- matorral chaparro reciente de baja densidad; en la cuenca media	48
Figura 34. (ppf) matorral chaparro reciente de alta densidad sobre suelo no erosionado en la cuenca media	49
Figura 35. (p+ppf)- pastizal con matorral espontanea de nopales y acacias. Sitio: Refugio de Trancas, subcuena (CC).....	49
Figura 36. (pf) matorral denso en la cuenca media: con Acacia sp. y Opuntia streptocantha, al fondo Schinus molle. Sitio: Puerta de Cerrote, parte baja de la subcuena (BA).	50
Figura 37. (p+pf) pasto con matorral en cuenca media: con Eysenhardtia polystachya y Opuntia streptocantha. Sitio: Puerta de Cerrote, parte baja de la subcuena (BA).....	50
Figura 38. (p+pf) Pequeño matorral en cuenca alta con pasto, rodeado por bosques de encino: Aquí el matorral se compone de Arbutus xalapensis.	51
Figura 39. (pf) matorral en la parte baja de la cuenca conformado por Garambullo.....	52
Figura 40. Área completamente erosionada; sitio: cuenca media, subcuena (BB) al poniente de Zamarripa	52
Figura 41. Paisaje donde abundan las áreas sin cobertura vegetal. Sitio de la toma: subcuena (AD) entre Laborcillo de Arriba y El Ciprés.	53
Figura 42. (dp) suelo sin cobertura intercalado con áreas de maleza o pasto. Sitio: al poniente de Puerta de Cerrote, subcuena (BA).	54
Figura 43. (d+ppf): matorral incimiente sobre suelo sin vegetación con Dodonaea viscosa.	54
Figura 44. (d+pf)- matorral arbustivo intercalado con suelo desnudo. Sitio: Puerto de Cerrote, subcuena (BA)	55
Figura 45. (d+fp)- bosque de encino con suelos desnudo. Sitio: Puerto Blanco, cerca de Picones, al sur de la subcuena (AA).	56
Figura 46. (d+pf) Sitio en plena degradación.	57
Figura 47. (d+ppf) Sitio en recuperación con poca vegetación (arbustos).....	57

Figura 48. Bosque denso de <i>Quercus magnoliifolia</i> Nee; sitio: ladera al suroeste de Picones, subcuenca (AA)	59
Figura 49. Bosque de varias especies de <i>Quercus</i> sp. sitio: fondo de barranca al oeste de Picones	59
Figura 50. Bosque alterado en proceso de degradación.....	60
Figura 51. Formación rocosa natural, sitio: al poniente de Picones, subcuenca (AA).	61
Figura 52. Cuerpo de agua, sitio: bordo Tortugas en Estancia de Zamarripa.....	61
Figura 53. (hd) - Zona de ribera de cauce sin vegetación.	62
Figura 54. (u) - Zona urbana en la cuenca Presa El Gallinero, sitio: comunidad El Tecolote.	63
Figura 55. (ui) – Camino de terracería en la comunidad Refugio de Trancas.....	63
Figura 56. Cauce principal de la cuenca Presa El Gallinero.....	69
Figura 57. Templo local del siglo XVIII de San Antonio El Gallinero.	74
Figura 58. Una de las otrora haciendas poderosas que se ubican en la cuenca.....	74
Figura 59. Los contrastes de las viviendas de la cuenca	86
Figura 60. Viviendas en continua construcción y mejoramiento y con marcados contrastes internos	86
Figura 61. El cultivo de maíz como principal actividad productiva.	89
Figura 62. La ganadería de traspatio	90
Figura 63. La leña y el carbón como fuente de ingresos para la familia.	91
Figura 64. El comercio ambulante una actividad de la población.	92
Figura 65. La propiedad de la tierra también cruza por un proceso de cambios	95
Figura 66. Jornaleros y trabajadoras domésticas de la cuenca.....	97
Figura 67. Terminal de autobuses como un punto de traslado hacia E.U y los efectos de las remesas en una comunidad.	98
Figura 68. Presa Álvaro Obregón o “El Gallinero”	99
Figura 69. Una vivienda típica de la cuenca.....	103
Figura 70. Una advertencia escrita de los vecinos a la delincuencia.....	107
Figura 71. Localización de la Microcuenca hidrológica de la presa “EL Gallinero” en el Estado de Guanajuato (Google).	112
Figura 72. Ubicación de sitios de muestreo de suelos	114
Figura 73. Panorámica del sitio 1. Picones 1	115
Figura 74. Panorámica del sitio 2. Picones 2	115
Figura 75. Panorámica del sitio 3. Refugio de Trancas.....	116
Figura 76. Panorámica del sitio 4. El Ciprés	117
Figura 77. Panorámica del Sitio 5. Paredones	118
Figura 78. Panorámica del Sitio 5. Paredones	119

Figura 79. Sitio 7. La Manga de Cerrote	120
Figura 80. Sitio 8. La Manga de Cerrote 2	120
Figura 81. Sitio 9. Zamarripa 1.....	121
Figura 82. Sitio 10. Zamarripa 2.....	122
Figura 83. Efecto de la deforestación en la cuenca alta de la cuenca Presa El Gallinero, zona con problemas de erosión del suelo.....	123
Figura 84. Áreas de la cuenca media con actividad agropecuaria	124
Figura 85. Zonificación agroecológica de la microcuenca de la presa “El Gallinero”	125

Ilustraciones

Ilustración 1 Ejemplo de listas de asistencia del curso.....	128
Ilustración 2 Entrega de material para curso-taller.....	128
Ilustración 3 Bienvenida al curso de capacitación.....	129
Ilustración 4 Exposición de temas durante curso de capacitación	129
Ilustración 5 Convivencia del curso.....	130

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Municipios y superficie (ha) que conforman la cuenca Presa El Gallinero.....	2
Cuadro 2. Superficies de las subcuencas que conforman la cuenca Presa El Gallinero.....	4
Cuadro 3. Climas presentes en la cuenca Presa El Gallinero.....	5
Cuadro 4. Tipos de roca existentes en la cuenca El Gallinero.....	8
Cuadro 5. Topoformas existentes en la cuenca Presa El Gallinero.....	12
Cuadro 6. Unidades de suelo presentes en la cuenca Presa El Gallinero, de acuerdo a la información de la carta edafológica escala 1:50,000 de INEGI.....	13
Cuadro 7. Uso del suelo de la cuenca Presa El Gallinero.....	17
Cuadro 8. Ejemplo de la identificación de indicadores para la cuenca.....	22
Cuadro 9. Valores de LS de acuerdo al rango de pendiente.....	30
Cuadro 10. Distribución de la superficie por clase de erosión hídrica de la cuenca de la Presa El Gallinero.....	34
Cuadro 11. Clases de cobertura de vegetación.....	37
Cuadro 12. Clases de altura para cada tipo biológico.....	38
Cuadro 13. Uso actual del suelo y vegetación de la cuenca Presa El Gallinero.....	40
Cuadro 14. Distribución de la zonificación vegetativa de la cuenca Presa El Gallinero.....	44
Cuadro 15. Valores de Coeficiente de Escurrimiento (C).....	65
Cuadro 16. Condición hidrológica del área de drenaje.....	68
Cuadro 17. Lluvia diaria de la estación No. 11140 que se utilizó para calcular la producción de escurrimientos y de sedimentos de la cuenca Presa El Gallinero.....	70
Cuadro 18. Producción de agua y de sedimentos de la cuenca Presa El Gallinero.....	71
Cuadro 19. Población en 2010 por localidad que conforma la cuenca Presa El Gallinero.....	75
Cuadro 20. Comunidades que presentaron incremento de la población de 1995 a 2000.....	76
Cuadro 21. Comunidades con igual población entre 1995 y 2000.....	77
Cuadro 22. Comunidades con disminución de la población entre 1995 y 2000.....	77
Cuadro 23. Comunidades con población de 60 años y más en 2010.....	78
Cuadro 24. Comunidades con población en edad escolar sin escuela en 2010.....	80
Cuadro 25. Analfabetismo y escolaridad en 2010 por comunidad.....	81
Cuadro 26. Comunidades con analfabetismo de 1995 a 2010.....	83
Cuadro 27. Comunidades con población sin seguridad médica en 2010.....	84
Cuadro 28. Viviendas y familias en 2010.....	85
Cuadro 29. Características y servicios en las viviendas en 2010.....	87

Cuadro 30. PEA y ocupación en 2010.	92
Cuadro 31. Usuarios de riego y superficies por ejido y pequeña propiedad.	100
Cuadro 32. Cultivos que se siembran con riego en los ejidos y pequeña propiedad.	101
Cuadro 33. Disminución de la marginación en la cuenca en 1995 y 2010.	103
Cuadro 34. Localidades con igual marginación de 1995 a 2010.	104
Cuadro 35. Localidades con incremento de la marginación de 1995 a 2010.	105

RESUMEN EJECUTIVO

Como parte de las actividades del proyecto se llevó a cabo un trabajo con enfoque de manejo de cuencas para elaborar un Plan de Reconversión Productiva donde se considera la elaboración de proyectos productivos agrícolas y frutícolas con aprovechamiento de agua y energía renovable para lo cual se apoyó en la realización de un muestreo de suelos, la obtención de la erosionabilidad del suelo y zonificación agroecológica para definir las zonas o áreas para la producción de cultivos y frutales en el área de influencia de la cuenca Presa El Gallinero que se ubica en el municipio de Dolores Hidalgo, Guanajuato.

Este informe se integra de lo siguiente: un diagnóstico biofísico de la cuenca donde se presenta la caracterización de la cuenca en relación con su ubicación geográfica, el clima, la hidrología, la geología, la fisiografía y topografía, la edafología, el uso de suelo, la vegetación y la fauna, descripción de curso taller de Proyectos Productivos para el Aprovechamiento Integrado del Agua, la Agricultura y la Energía impartido en Dolores Hidalgo, Guanajuato denominado Proyectos productivos para el aprovechamiento integrado del agua, la agricultura y la energía. Además de un estudio, desarrollo y mejoramiento de tecnologías aplicadas en la reconversión productiva mismos que comprenden la instalación de una “Unidad experimental de malla sombra con riego hidropónico para cultivo de fresa y arándano”, el “Estudio paramétrico de una cámara destinada para el germinado de maíz forrajero con iluminación LED (CONACyT)” y el “Diseño de una turbina de tipo tornillo de Arquímedes mediante técnicas de CFD (Computational Fluid Dynamics)”.

También se integra de un diagnóstico socioeconómico donde se describen los temas relacionados con la población, instrucción escolar, viviendas y servicios, las actividades económicas, la tenencia de la tierra, la agricultura de riego, la emigración, las organizaciones, la marginación, los conflictos sociales, etc., que se enfoca hacia las localidades que integran la cuenca de la Presa El Gallinero.

Posteriormente se describen los proyectos productivos agrícolas, frutícolas, pecuarios y forestales con aprovechamiento de agua y energía renovable que se pueden implementar en la cuenca de la Presa El Gallinero de acuerdo a una metodología que considera el estudio de suelos, de fisiografía, así como, de aspectos de variables climáticas de la temperatura y lluvia, con lo que se identifican los tipos de usos de la tierra que son más acordes con la capacidad productiva para lo cual se interrelaciona con los usos actuales del suelo, y de esta manera se delimitó la cuenca en seis zonas productiva donde se plantean los tipos de cultivos, frutales, pastizales y especies forestales, que se pueden establecer para que mediante el aprovechamiento del agua y la energía renovable se puedan impulsar en las comunidades de la cuenca los diferentes proyectos productivos. Esta metodología consistió en obtener las características de sitio, describir las características y propiedades visuales del suelo y estimar programas de proyectos de reconversión productiva y la sustentabilidad para mejorar la rentabilidad productiva y de producción del agua y el suelo.

Los resultados obtenidos relacionados con la identificación de las características de sitio y la descripción de suelos, fueron en la mayoría de los sitios la observación de que los sitios presentan drenaje superficial donador, esto es, que el escurrimiento excede a la cantidad de agua que recibe proveniente de pendientes más altas, suelos café y café amarillento, lo que indica un grado de permeabilidad del suelo media, unidades texturales medias, que van de migajón arcillo arenoso a migajón arcilloso, estructuras de bloques angulares con porosidad vesicular predominante entre los agregados del suelo

En la cuenca alta se observa desforestación y existe riesgos de erosión del suelo de leve a moderada, considerando en estas zonas la aplicación de programa de capacitación a usuarios con proyectos de reconversión productiva que incluya el establecimiento de programas productivos como la explotación maderable y el aprovechamiento de cultivos perennes y frutícolas con acciones de captación de agua de lluvia que fomentaría la utilización de energías renovables que contribuyan a mitigar el impacto ambiental observable y tener sustentabilidad en la rentabilidad productiva y de producción del agua y el suelo.

En la cuenca media y baja se observan áreas con uso del suelo agropecuario, que podría tecnificarse y aplicarse la inducción pastos de alta calidad y de cultivos rentables apoyando programas de mejoras territoriales capacitando a usuarios con proyectos de reconversión productiva.

Mientras que en el curso de capacitación a los usuarios de riego de la Presa Álvaro Obregón y productores de la cuenca Presa El Gallinero, se les impartieron temas en el aprovechamiento y uso eficiente del agua, así como el uso de energías renovables y su aprovechamiento para la producción agropecuaria.

Asistiendo un total de 61 participantes en el curso – taller, provenientes de las comunidades de El Llanito, Rancho Cerrito de San Pablo, Ejido Jesús María, Col. Mariano Balleza, Rancho El Gallinero, Ejido Los Carrillo, Ejido 10 de Abril, Ejido Dolores, Lindavista, El Tajo y la comunidad Cojonotito. Así mismo, estuvieron presentes autoridades y técnicos de Ecología y Protección al Ambiente del H. Ayuntamiento Municipal de Dolores Hidalgo y autoridades de la Asociación de Usuarios de la Presa Álvaro Obregón (El Gallinero).

Con respecto a la construcción de una pequeña huerta de fresa y arándano usando malla sombra y riego de agua proveniente de un sistema de desalinización por nanofiltración alimentado con energía fotovoltaica (NF-PV). Se emplearon dos pequeños invernaderos equipados con sistemas de riego por microaspersión.

Si bien las plántulas de fresa no lograron sobrevivir, las plantas de arándano si resistieron al ser transplantadas y se adaptaron al clima de Jiutepec. Se construyó el sistema de desalinización por nanofiltración alimentado por energía fotovoltaica y se logró implementar el sistema de riego por micro-aspersión.

Se llevó a cabo el diseño, construcción y evaluación experimental de un sistema de desalinización por nanofiltración alimentado con energía fotovoltaica en cultivo de maíz, en los resultados se pudo observar una relación casi lineal entre la producción de permeado y la intensidad de la irradiancia solar, lo cual también se refleja de esta manera para la producción de permeado y la presión de entrada del sistema. Se pudo observar que la CE y los SDT disminuyeron conforme se incrementó la presión de entrada del sistema. Además, se pudo observar que la cantidad y calidad del permeado varió conforme cambió la presión de entrada, la cual a su vez depende de la irradiancia solar, por lo que se puede concluir que los sistemas NF-FV no producen agua con parámetros de calidad fijos, sin embargo, si pueden producir agua en un rango que queda por debajo de 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que lo coloca en la clasificación C1 de agua de baja salinidad.

Finalmente se pudo verificar que el forraje de maíz creció de manera normal con el agua desalinizada proveniente del sistema NF-FV.

1 Plan de Reversión Productiva para el uso integral del agua y aprovechamiento de energías renovables de la cuenca Presa El Gallinero, Dolores Hidalgo, Guanajuato

La humanidad no puede existir sin aire, alimento o agua, todos estos recursos dependen del medio ambiente. Esta dependencia tan contundente e íntima exige que la relación del hombre con los recursos naturales tenga la más alta prioridad. Por ello se requieren instrumentos para gestionar estos recursos con un enfoque armónico, que dé viabilidad a las sociedades conservando el medio ambiente.

La cuenca es reconocida internacionalmente como el territorio idóneo para gestionar el agua y los recursos naturales vinculados con ella. Las cuencas forman sistemas y subsistemas interrelacionados, interdependientes e inseparables, por ello la gestión por cuenca requiere de herramientas integrales de planeación, instrumentos de política y sistemas de participación social para el aprovechamiento correcto de los recursos naturales.

Para lograr la gestión en una cuenca se han propuesto diversos instrumentos a nivel de cuenca que van desde planes de manejo, planes rectores, planes hídricos, etc., sin embargo, esos planes muchas de las veces se realizan sin considerar la realidad social y económica de los pobladores, por lo que las acciones que se proponen no son las más acordes para resolver la problemática de la degradación de los recursos naturales, y es por ello, que se sigue observando que avanzan los problemas ambientales en la cuenca, porque continúa la deforestación, la erosión de suelos, la contaminación de los ríos, el azolvamiento de las presas, etc.

Es por ello, que se requiere realizar planes en las cuencas pero que consideren acciones donde no solo se quiere fomentar la conservación o rehabilitación de los recursos naturales, sino que también tenga como beneficio la parte productiva que lo haga atractivo para que los pobladores lo apliquen en sus comunidades. Para ello, el plan debe contener los proyectos productivos que se puedan aplicar en los ámbitos forestal, agrícola y pecuario, y proponerlos considerando el análisis de los diversos programas y proyectos que se han aplicado o fomentado en la cuenca, y con ello retomar los que han sido un éxito y proponer proyectos productivos que consideren la aceptación de los pobladores y se adecuen a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas con lo que se garantice que puedan generar ingresos a los productores y además, se fomente a rehabilitar, conservar y manejar los recursos naturales. De esta manera, se debe elaborar un Plan de Reversión Productiva de la cuenca que contenga los proyectos productivos orientados hacia el aprovechamiento de energías renovables para lograr el desarrollo de bosques y actividades agropecuarias sostenibles.

Entre los objetivos relacionados con la identificación de los proyectos productivos a nivel de cuenca que consideran las condiciones agroecológicas y socioeconómicas con el uso integral del agua y el aprovechamiento de energías renovables para desarrollar una agricultura sostenible, se tiene la realización de estudios de la relación agua-suelo-cultivo-atmósfera-efecto del impacto ambiental.

Entre estos estudios se encuentran los relacionados con el uso actual y potencial del suelo, la fertilidad del suelo, el ensilitramiento del suelo y la pérdida del suelo.

Con respecto a este último, se han llevado a cabo diversos estudios que relacionan pérdida de suelo con la fertilidad, pérdida de suelo con la producción y productividad del agua y suelo, y pérdida de

suelo con el impacto ambiental y que generan variabilidad de zonas agroecológicas, entre otros más

Con respecto a la pérdida de suelo y remoción de la capa productiva del suelo, se han realizado diversos estudios que evalúan y cuantifican los efectos climáticos, cobertura vegetal, vulnerabilidad del suelo y características de la zona, como la pendiente y la longitud de área.

1.1 DIAGNÓSTICO BIOFÍSICO DE LA CUENCA PRESA EL GALLINERO

1.1.1 Localización geográfica

La cuenca Presa El Gallinero se encuentra inmersa en el estado de Guanajuato, entre las coordenadas bajo la proyección UTM con Zona 14 y datum horizontal y esferoide GRS80 2,352,294.00 m N, 2,336,373.00 m S, 295,874.00 m E y 269,036.00 m O. Se encuentra a una distancia aproximada de 8.5 km de la cabecera municipal de Dolores Hidalgo, tomando por la carretera federal No. 51 Dolores Hidalgo - San Felipe (Figura 1).

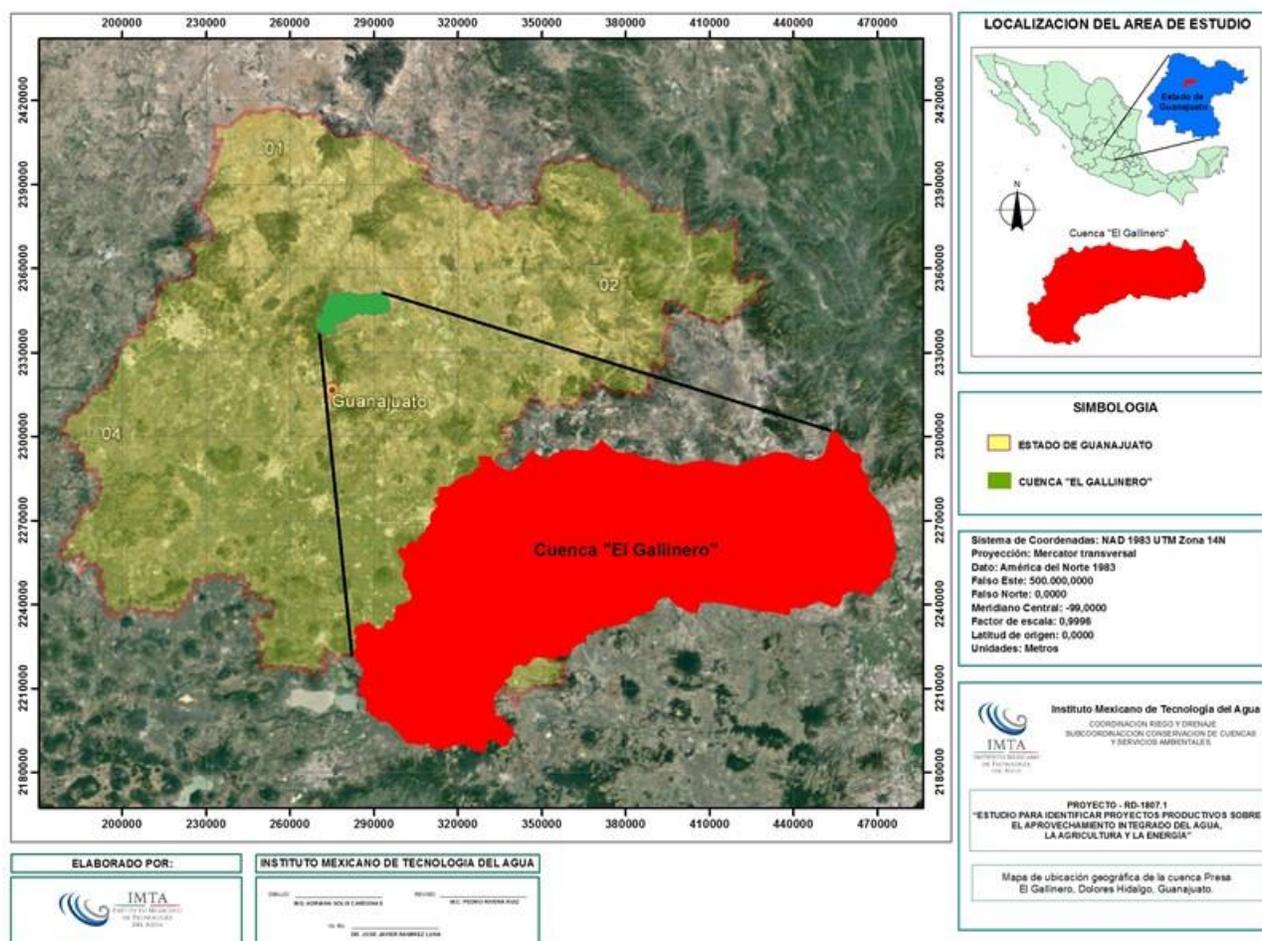


Figura 1. Localización geográfica de la cuenca Presa El Gallinero.

La cuenca Presa El Gallinero abarca una superficie de 22,640.72 ha distribuida entre los municipios de Dolores Hidalgo, Guanajuato y San Felipe, todos ellos pertenecientes al estado de Guanajuato. La mayor parte de la cuenca se encuentra inmersa en el municipio de Dolores Hidalgo (72.95%) y en segundo lugar en Guanajuato (26.16%), perteneciendo una superficie mínima al municipio de San Felipe (0.90 %), como puede observarse en el Cuadro 1 y la Figura 2.

Cuadro 1. Municipios y superficie (ha) que conforman la cuenca Presa El Gallinero.

Municipio	Superficie	
	(ha)	Porcentaje (%)
Dolores Hidalgo	16,515.33	72.95
Guanajuato	5,921.95	26.16
San Felipe	203.44	0.90
Total	22,640.72	100.00

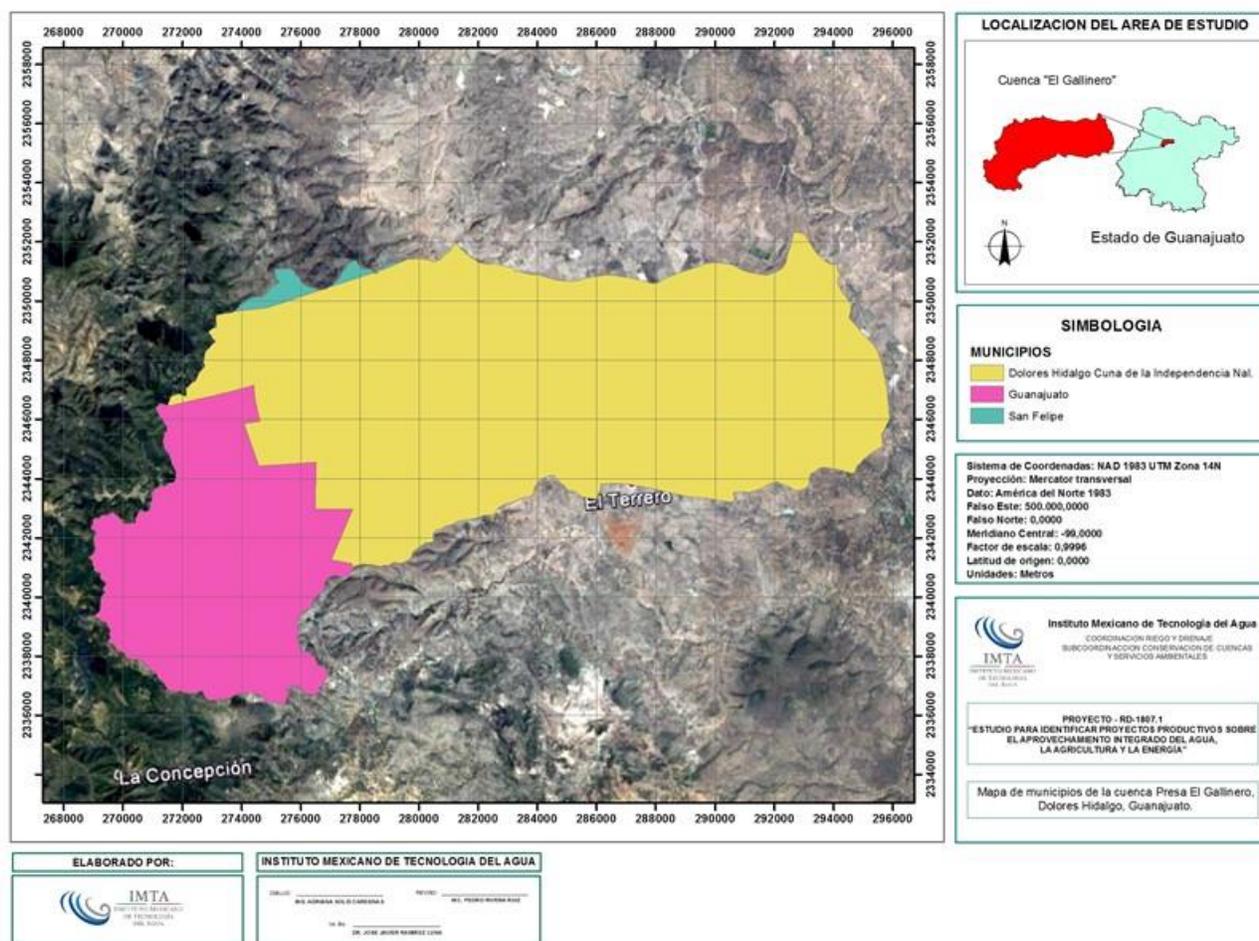


Figura 2. Municipios que conforman la cuenca Presa El Gallinero.

1.1.2 Ubicación hidrográfica e hidrológica

La cuenca Presa El Gallinero se encuentra en la Región Hidrológica 12 Lerma-Santiago, en la subregión hidrológica 12B Río La Laja, dentro de la subcuenca del Río La Laja, como se muestra en la Figura 3.

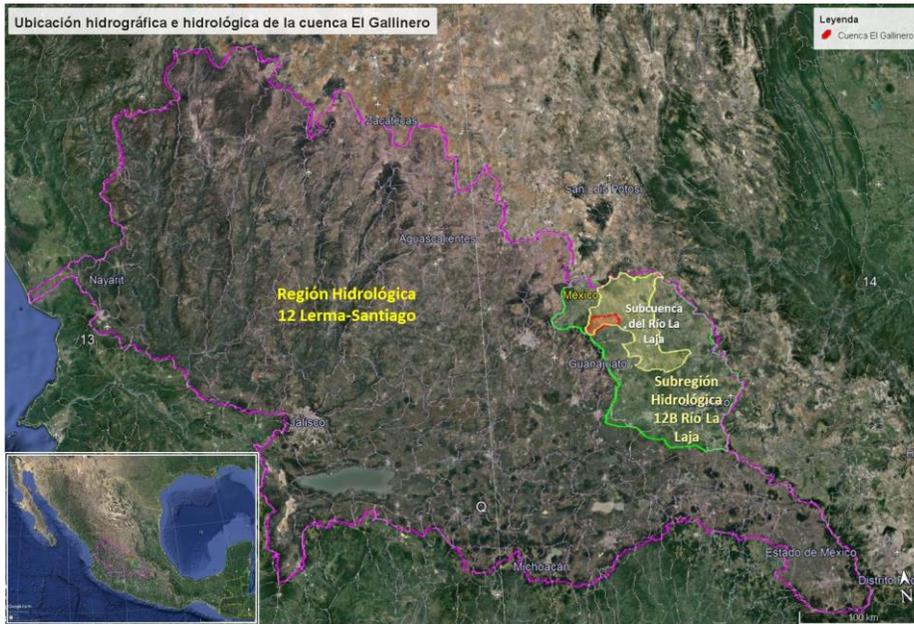


Figura 3. Localización hidrográfica e hidrológica de la cuenca Presa El Gallinero.

Así mismo, se encuentra en la cuenca hidrográfica llamada Lerma-Chapala, como se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Localización hidrográfica e hidrológica de la cuenca Presa El Gallinero dentro de la cuenca hidrográfica Lerma-Chapala.

La cuenca Presa El Gallinero se divide a su vez en nueve subcuencas que se describen en el Cuadro 2 y la Figura 5.

Cuadro 2. Superficies de las subcuencas que conforman la cuenca Presa El Gallinero.

Subcuenca	Superficie	
	(ha)	Porcentaje (%)
AA Presa La Zanja	4,277.07	18.89
AB secc. Bajo arr. La Zanja	1,108.53	4.90
AC cue alta arr. El Batán	2,641.72	11.67
AD secc. Media arr. El Batán	1,780.20	7.86
B cue arr. El Astillero	5,435.14	24.01
CA secc baja arr. El Batán	2,501.41	11.05
CB cue arr. El Huisachal	243.32	1.07
CC cue arr. Capitanes	2,486.63	10.98
CD secc. Presa Gallinero directo	2,166.69	9.57
TOTAL	22,640.72	100.00

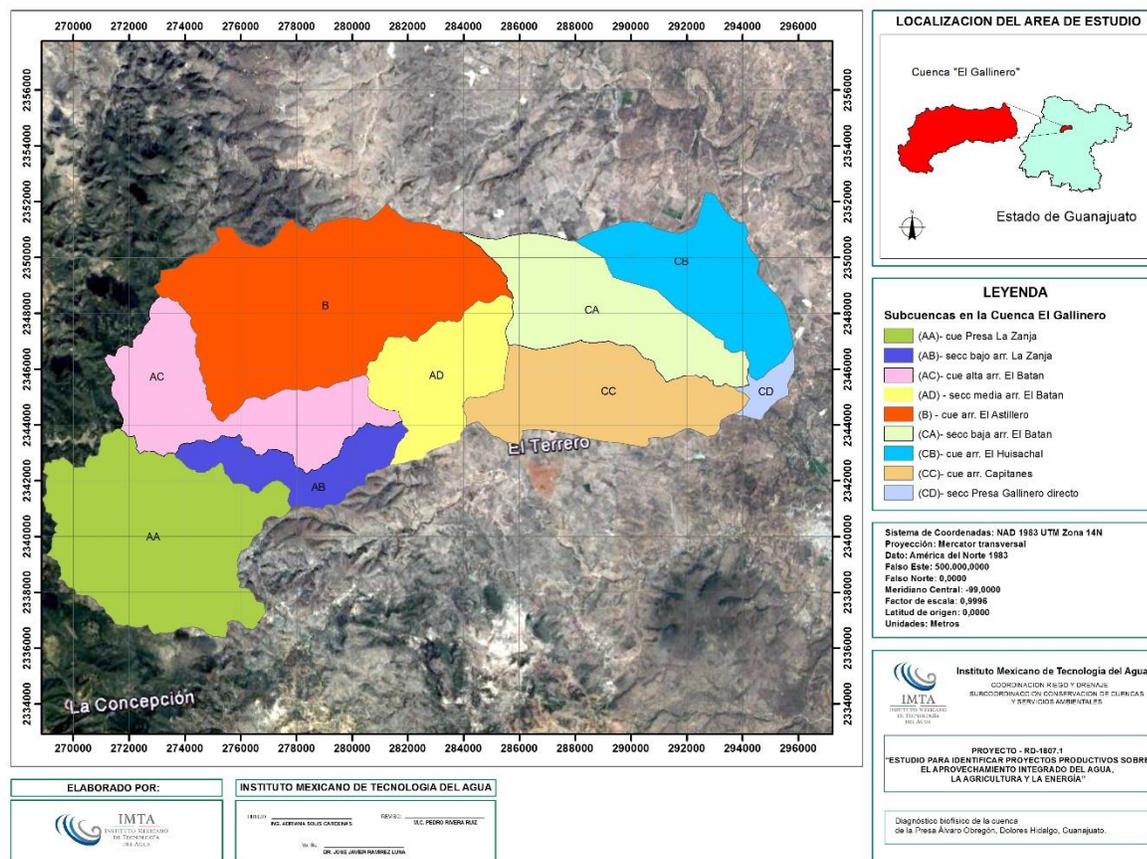


Figura 5. Subcuencas que conforman la cuenca Presa El Gallinero.

1.1.3 Clima

Los climas presentes en la cuenca Presa El Gallinero, se describen de acuerdo a la Serie II de la Carta Climatológica escala 1:1 000,000 de INEGI (1998), según se muestran en el Cuadro 3 y la Figura 6. El clima que abarca la mayor superficie es el templado con sus tres variantes C(w0), C(w1)(w) y C(w2), siendo el más extendido el segundo de ellos (37.43%), asociado a la presencia de bosques de encino y vegetación secundaria.

El clima BS1kw semiseco templado se extiende en la parte baja de la cuenca, asociado a la presencia de agricultura de temporal y la ganadería extensiva.

Cuadro 3. Climas presentes en la cuenca Presa El Gallinero.

Clave	Tipo de clima	Superficie	
		(ha)	Porcentaje (%)
BS1kw	Semiseco templado	5,237.58	23.13
C(w0)	Templado subhúmedo	6,934.94	30.63
C(w1)(w)	Templado subhúmedo	8,475.42	37.43
C(w2)	Templado subhúmedo	1,992.78	8.81
		22,640.72	100.00

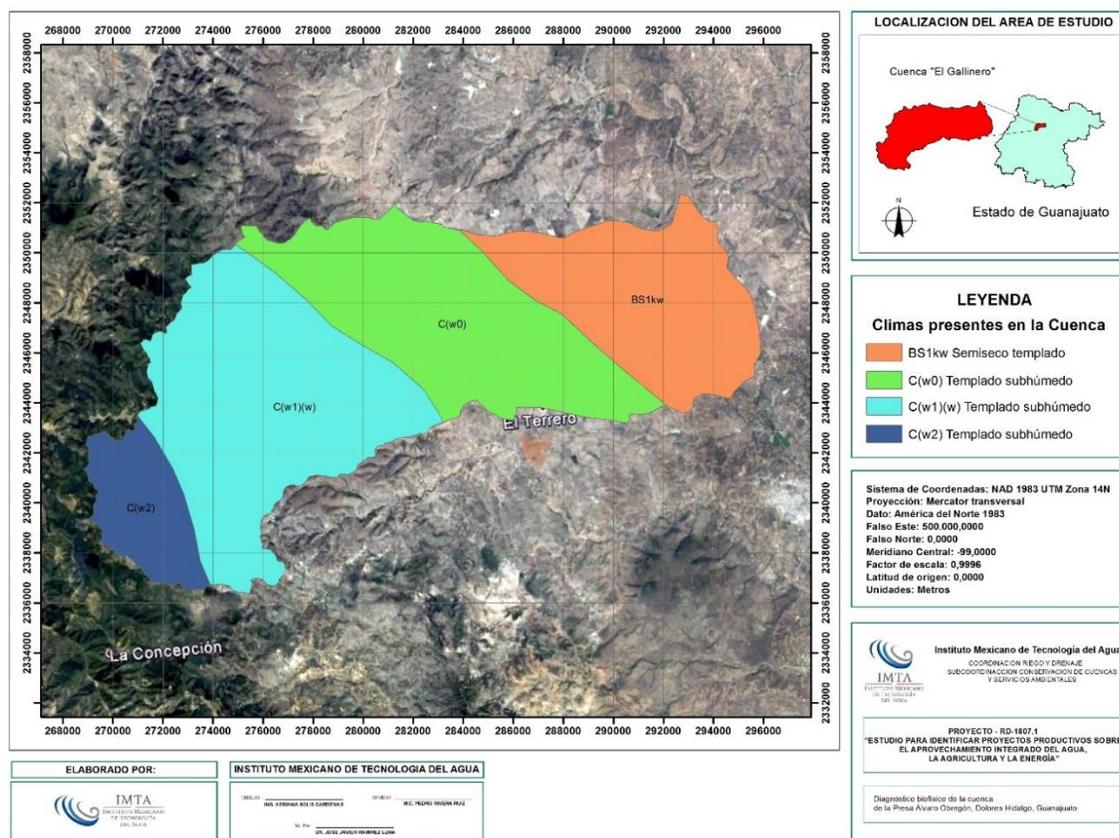


Figura 6. Climas presentes en la cuenca Presa El Gallinero.

La descripción de los tipos de climas se presente a continuación:

BS1kw Semiseco templado. Semiárido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

C(w0) Templado subhúmedo. Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual.

C(w1)(w) Templado subhúmedo. Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal menor del 5% del total anual.

C(w2) Templado subhúmedo. Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.

1.1.4 Hidrología

En la Cuenca El Gallinero se encuentra una red intrincada de ríos y arroyos de carácter intermitente, siendo el principal de estas corrientes el río Batán, dentro del cual desembocan la mayoría de las demás corrientes, para desembocar finalmente en la presa El Gallinero, como puede verse en la Figura 7.

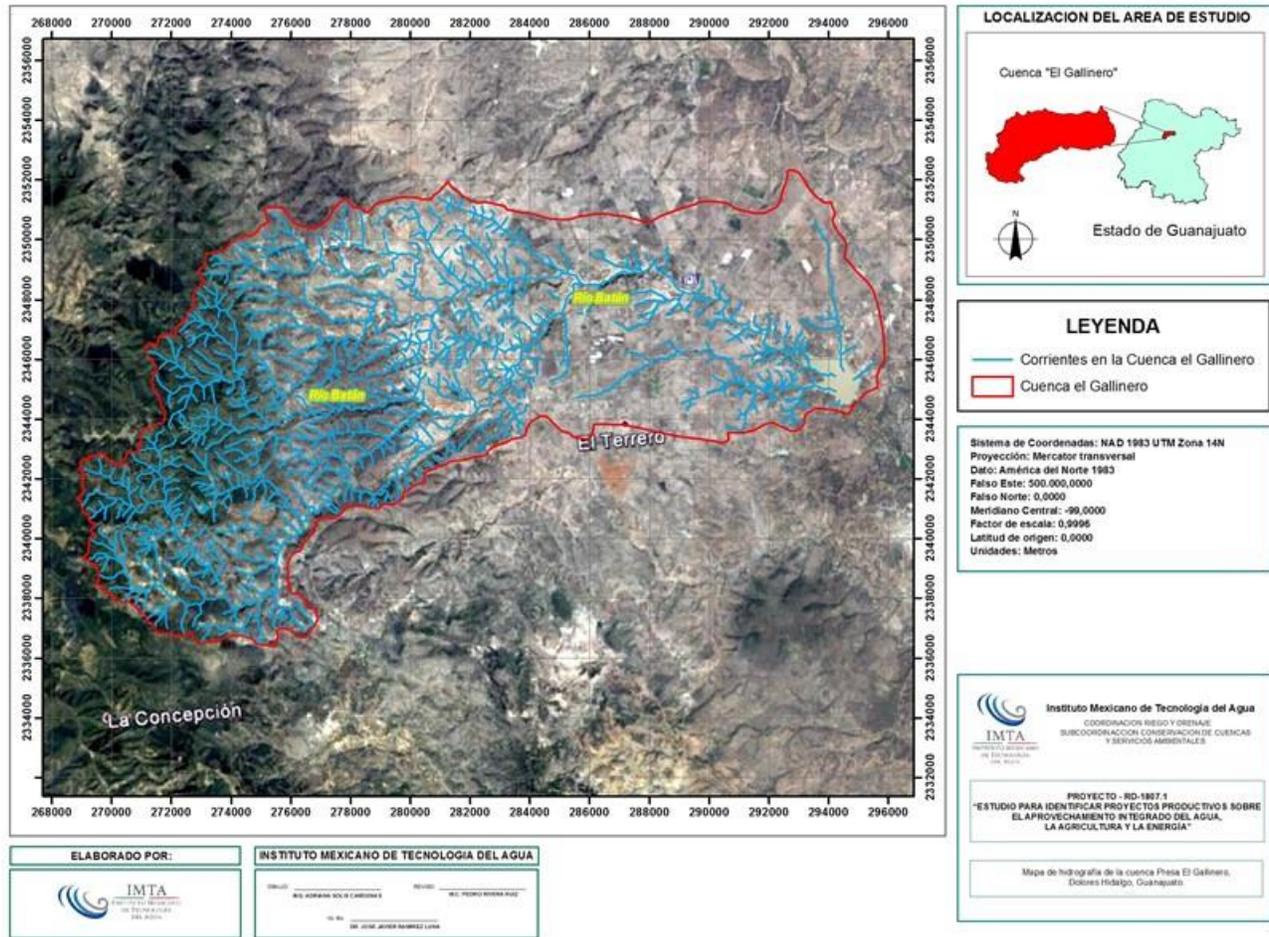


Figura 7. Hidrología de la cuenca Presa El Gallinero.

1.1.5 Geología

De acuerdo a las cartas geológicas F14C43 y F14C44 elaborada por el procedimiento de fotointerpretación y verificación de campo con fotografías aéreas escala 1:50 000 (CENETAL, 1973), en la cuenca Presa El Gallinero se tiene presentes los siguientes materiales geológicos que se presentan en el Cuadro 4 y en la Figura 8.

Cuadro 4. Tipos de roca existentes en la cuenca El Gallinero

Clave	Descripción	Superficie	
		(ha)	Porcentaje (%)
al	Suelo aluvial	17.99	0.08
ar - cg	Rocas sedimentarias arenisca-conglomerado	10,396.96	45.92
B	Rocas ígneas basalto	386.75	21.71
cg	Rocas sedimentarias conglomerado	578.96	2.56
lgea	Rocas ígneas extrusiva acida	9,314.21	41.14
re	Suelo residual	1,945.85	8.59
	Total	22.640.72	100.00

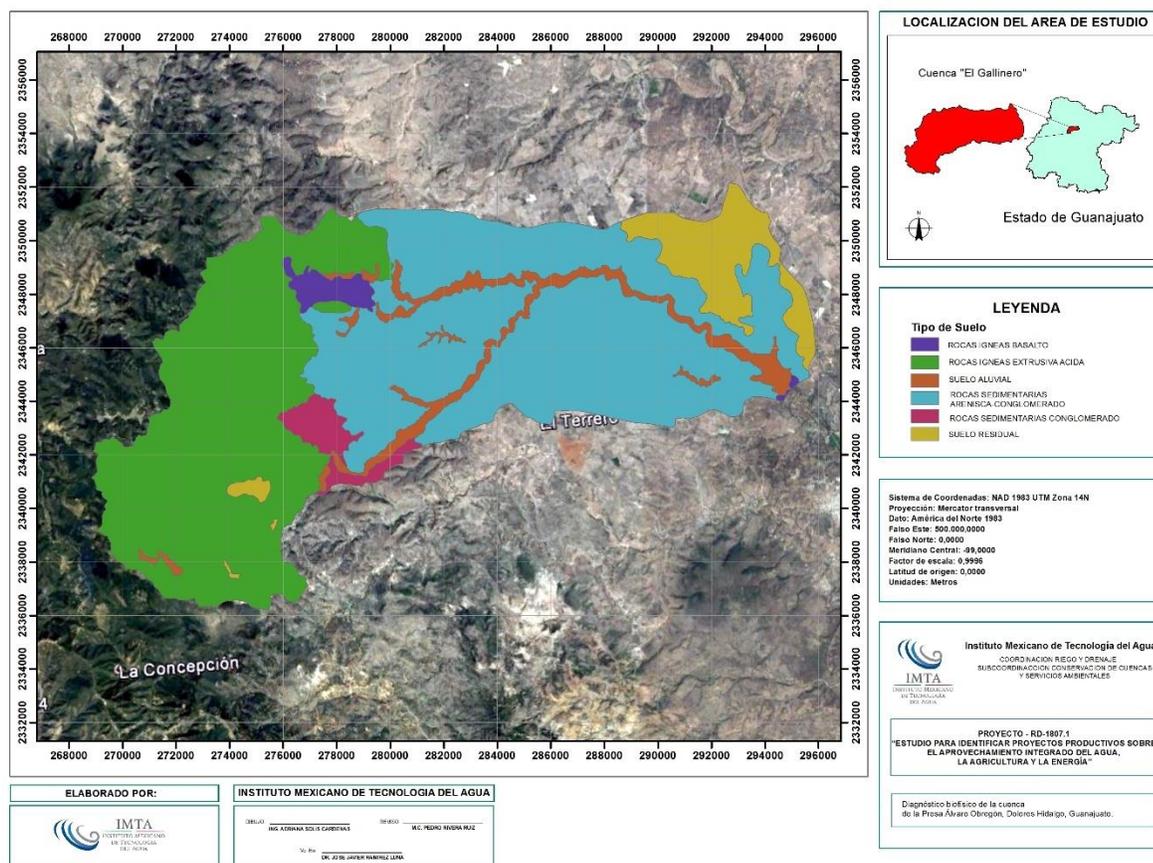


Figura 8. Principales tipos de rocas presentes en la cuenca Presa El Gallinero.

1.1.5.1 Rocas sedimentarias

Representan solo alrededor del 5 por ciento (en volumen) de los 16 kilómetros externos de la Tierra. Sin embargo, su importancia es bastante mayor de lo que podría indicar este porcentaje. Alrededor del 75 por ciento de todos los afloramientos de roca de los continentes están compuestos por rocas sedimentarias. Podemos considerar las rocas sedimentarias como una capa algo discontinua y relativamente delgada de la porción más externa de la corteza. Este hecho se entiende con facilidad cuando consideramos que el sedimento se acumula en la superficie.

La palabra sedimentaria indica la naturaleza de esas rocas, pues deriva de la palabra latina **sedimentum**, que hace referencia al material sólido que se deposita a partir de un fluido (agua o aire). La mayor parte del sedimento, pero no todo, se deposita de esta manera. Los restos meteorizados son barridos constantemente desde el lecho de roca, transportados y por fin depositados en los lagos, los valles de los ríos, los mares y un sinfín de otros lugares. Los granos de una duna de arena del desierto, el lodo de fondo de un pantano, la grava del lecho de un río e incluso el polvo de las casas son ejemplos de este proceso interminable. Dado que la meteorización del lecho de roca, el transporte y el depósito de los productos de meteorización con continuos, se encuentran sedimentos en casi cualquier parte. Conforme se acumulan las pilas de sedimentos, los materiales próximos al fondo se compactan. Durante largos períodos, la materia mineral depositada en los espacios que quedan entre las partículas cementa estos sedimentos, formando una roca sólida.

- Conglomerados: están constituidas por trozos de tamaño grande.
- Areniscas: poseen granos de tamaño intermedio.

Areniscas

La **arenisca** son rocas en las que predominan los clastos de tamaño arena. Después de lutita, la arenisca es la roca sedimentaria más abundante; constituye aproximadamente el 20 por ciento de todo el grupo. Las areniscas se forman en diversos ambientes y a menudo contienen pistas significativas sobre su origen, entre ellas la selección, la forma del grano y la composición. La selección es el grado de semejanza del tamaño del clasto en una roca sedimentaria.

La forma de los granos arenosos puede también contribuir a descifrar la historia de una arenisca. Cuando las corrientes de agua, el viento o las olas mueven la arena y otros clastos sedimentarios, los granos pierden bordes y esquinas angulosos y se van redondeando más a medida que colisionan con otras partículas durante el transporte. Por tanto, es probable que los granos redondeados hayan sido transportados por el aire o por el agua. Además, el grado de redondez indica la distancia o el tiempo transcurrido en el transporte del sedimento por corrientes de aire o agua. Granos muy redondeados indican que se ha producido una gran abrasión y, por consiguiente, un prolongado transporte.

Los granos muy angulosos, significan dos cosas: que los materiales sufrieron transporte durante una distancia corta antes de su depósito, y que quizá los haya transportado algún otro medio. Por ejemplo, cuando los glaciares mueven los sedimentos, los clastos suelen volverse más irregulares por la acción de trituración y molienda del hielo.

La duración del transporte a través de las corrientes de agua y aire turbulentas influye también en la composición mineral de un depósito sedimentario. Una meteorización sustancial y transporte prolongado llevan a la destrucción gradual de los minerales más débiles y menos estables, entre ellos feldspatos y los ferromagnesianos. Dado que el cuarzo muy duradero, suele ser el mineral que sobrevive a largas excursiones en un ambiente turbulento.

Conglomerados

El conglomerado consiste fundamentalmente en grava. Pueden oscilar en tamaño desde grandes cantos rodados hasta clastos tan pequeños como un guisante. Los clastos suelen ser lo bastante grandes como para permitir su identificación en los tipos de roca distintivos; por tanto, pueden ser valiosos para identificar las áreas de origen de los sedimentos. Lo más frecuente es que los conglomerados estén mal seleccionados porque los huecos entre los grandes clastos de grava contienen arena o lodo.

La grava se acumula en los diversos ambientes y normalmente indica la existencia de pendientes acusadas o corrientes muy turbulentas. En un conglomerado, los clastos gruesos quizá reflejan la acción de corrientes montañosas enérgicas o son consecuencia de una fuerte actividad de olas a lo largo de una costa en rápida erosión. Algunos depósitos glaciares y de avalanchas también contienen gran cantidad de grava.

1.1.5.2 Rocas ígneas

Las rocas ígneas (del latín *ignis*, fuego) también nombradas magmáticas, son todas aquellas que se han formado por solidificación de un de material rocoso, caliente y móvil denominado magma; este proceso, llamado cristalización, resulta del enfriamiento de los minerales y del entrelazamiento de sus partículas. Este tipo de rocas también son formadas por la acumulación y consolidación de lava, palabra que se utiliza para un magma que se enfría en la superficie al ser expulsado por los volcanes.

El proceso de transformación de magma en piedra es un proceso de pérdida de temperatura, pero también contiene la formación de muchos cristales que compone la piedra. En efecto, **la lava se descompone y los cristales son lo que dan las características diferentes que tendrá cada piedra.**

Cuando la solidificación del magma se produce en el seno de la litósfera, la roca resultante se denomina **plutónica o intrusiva**; si el enfriamiento se produce, al menos en parte, en la superficie o a escasa profundidad, la roca resultante se denomina **volcánica o extrusiva** y estos, a su vez, se subdividen en *familias* a partir de las diferentes texturas, asociaciones minerales y modo de ocurrencia. Las formas que adoptan los cuerpos ígneos durante su cristalización delimitan diferentes estructuras ígneas.

a) Rocas ígneas intrusivas

Las rocas ígneas **intrusivas** se enfrían bajo tierra. En la profundidad de la corteza, el magma se enfría lentamente. El enfriamiento lento le da la oportunidad de crecer a los cristales. Las rocas intrusivas ígneas tienen cristales relativamente grandes que los hace fáciles de ver. Las rocas ígneas intrusivas también se llaman plutónicas. Una roca **plutónica** es un cuerpo rocoso que se forma entre la corteza.

b) Rocas ígneas extrusivas

Las rocas ígneas **extrusivas** se forman sobre la superficie. La lava se enfría rápidamente a medida que emerge a la superficie. Las rocas ígneas extrusivas se enfrían mucho más rápido que las rocas intrusivas. El tiempo de enfriamiento rápido no permite que se formen cristales grandes. Así las rocas ígneas extrusivas tienen cristales más pequeños que las rocas ígneas intrusivas. Las rocas ígneas extrusivas también son llamadas **rocas volcánicas**.

Cualquier roca que contenga más del 66% de sílice se le puede aplicar el término ácido. El ejemplo más conocido es el de los granitos, rocas ígneas ácidas cristalizadas dentro de la corteza continental.

1.1.5.3 Basalto

Alto contenido de hierro, compuesto principalmente por olivino, y en menores cantidades feldespato y cuarzo. Es la roca extrusiva más abundante en la corteza terrestre.

Es una roca volcánica compuesta por plagioclasas cálcicas y ferromagnesiano no olivínico, de color oscuro y gran densidad. Los fenocristales de plagioclasas son muy raros y más frecuentemente aparecen los de augita. Es una roca básica, ya que tiene menos de un 50 por ciento de sílice. Es la roca volcánica más común. Es corrientemente utilizada en adoquinados y construcción.

1.1.5.4 Suelo aluvial

El suelo aluvial es rico en nutrientes y puede contener metales pesados. Estos suelos se forman cuando los arroyos y ríos disminuyen su velocidad. Las partículas de suelo suspendidas son demasiado pesadas para que las lleve la corriente decreciente y son depositadas en el lecho del río. Las partículas más finas son depositadas en la boca del río, formando un delta. Los suelos aluviales varían en contenido mineral y en las características específicas del suelo en función de la región y del maquilaje geológico de la zona.

El suelo aluvial es rico en minerales y nutrientes, muy fértil y un suelo para una buena cosecha. A menudo contiene grava, arena y limo. La composición química del suelo dependerá del lugar donde se encuentre. La topografía de la tierra influirá en lo que se escurre en el río que con el tiempo formará el suelo aluvial.

1.1.5.5 Suelo residual

Los suelos residuales se originan cuando los productos de la meteorización de las rocas no son transportados como sedimentos, sino que se acumulan en el sitio en que se van formando y se desarrollan principalmente, en condiciones tropicales húmedas, de meteorización química intensa.

Los suelos residuales están conformados por un conjunto de niveles llamados horizontes de meteorización, lo cuales tienen características físicas, químicas y mecánicas diferentes. La composición varía según el horizonte y la textura es en esencia saprolítica

1.1.6 Fisiografía y topografía

La cuenca El Gallinero se encuentra inmersa en su totalidad en la Provincia IX Mesa del Centro, Subprovincia 44 Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato, como se muestra en la Figura 9.

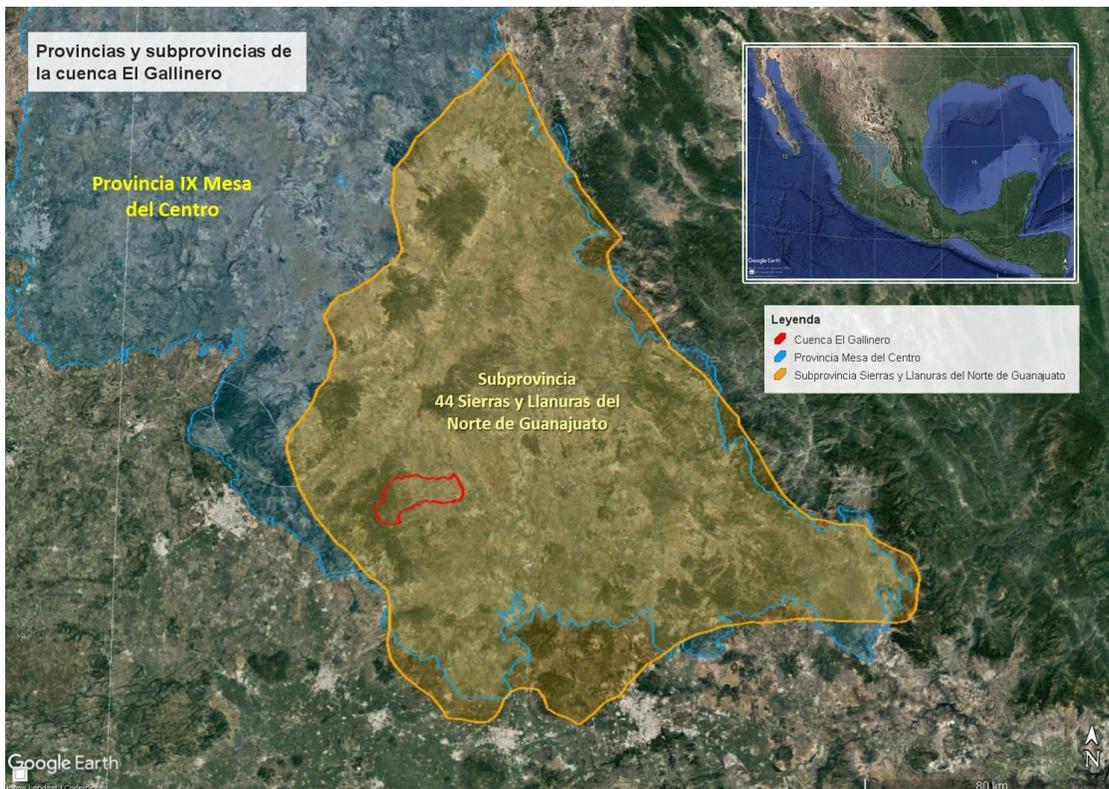


Figura 9. Provincia y Subprovincia fisiográficas presentes en la cuenca Presa El Gallinero.

De acuerdo al Mapa Digital de INEGI V6.1, las topoformas presentes en la cuenca El Gallinero son: llanura en su parte baja, lomerío en la parte media y sierra en la cuenca alta, como se muestra en el Cuadro 5 y la Figura 10.

Cuadro 5. Topoformas existentes en la cuenca Presa El Gallinero.

Topoforma	Superficie	
	(ha)	Porcentaje (%)
Llanura	6,777.95	29.94
Lomerío	6,900.78	30.48
Sierra	8,961.99	39.58
Total	22,640.72	100.00

En el caso de la llanura, ésta se trata de llanura aluvial con lomerío de piso rocoso o cementado. Por su parte, el lomerío es de pie de montaña con cañadas, y la sierra es alta escarpada.

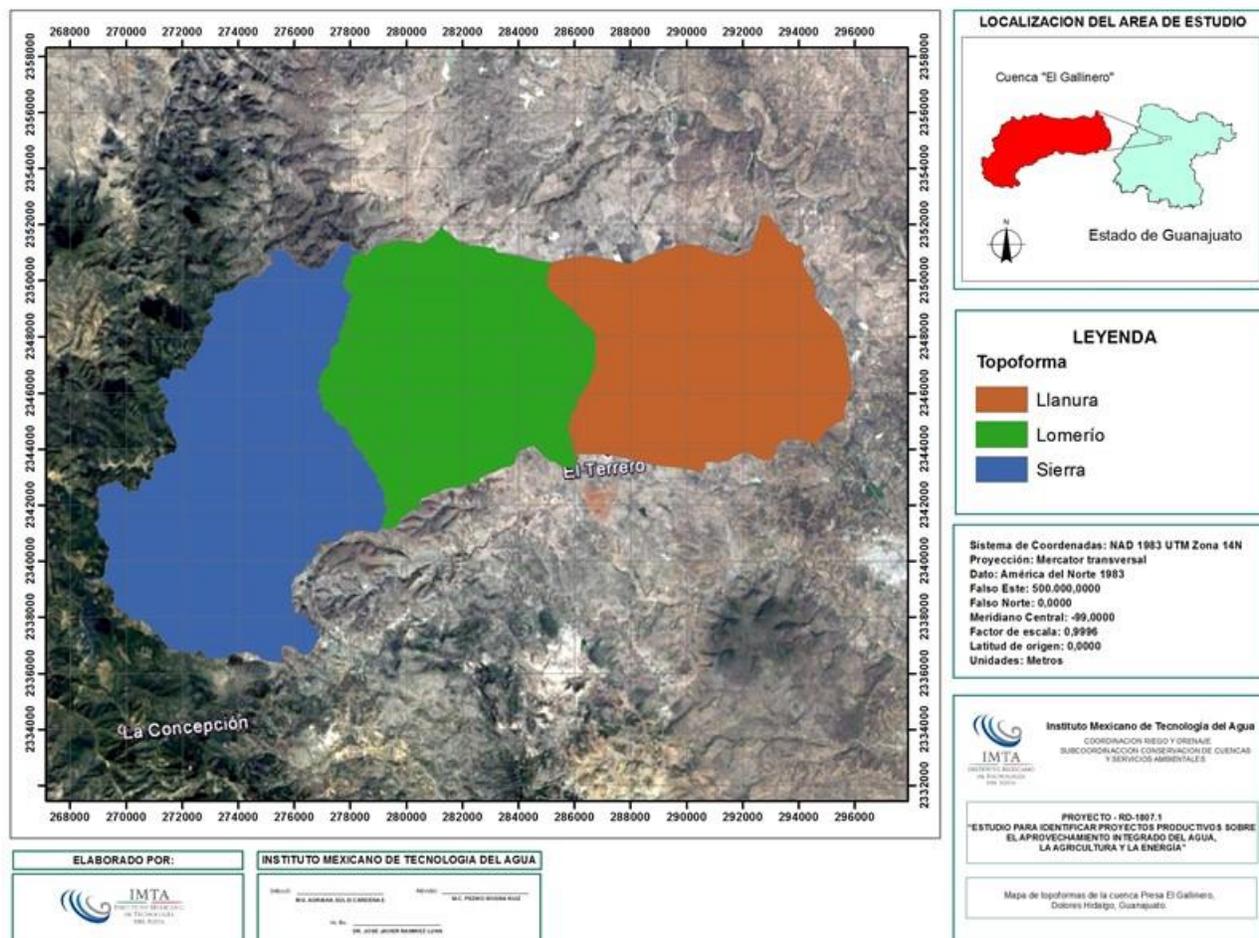


Figura 10. Topografías presentes en la cuenca Presa El Gallinero.

1.1. Edafología

Los grupos y unidades de suelo presentes en la cuenca, se describen a continuación de acuerdo a la carta edafológica escala 1:50,000 de INEGI, como se muestra en el Cuadro 6 y la Figura 11.

Cuadro 6. Unidades de suelo presentes en la cuenca Presa El Gallinero, de acuerdo a la información de la carta edafológica escala 1:50,000 de INEGI.

Clave	Unidad de Suelo	Superficie	
		ha	Porcentaje (%)
Hh	Phaeozem háplico	2,000.65	8.84
HI	Phaeozem lúvico	8,421.78	37.20
HI + I	Phaeozem lúvico + Litosol	2,127.34	9.40
Je	Fluvisol eútrico	1,113.62	4.92

Lo + I + Hh	Luvisol órtico + Litosol + Phaeozem háplico	7,129.89	31.49
Re + I	Regosol eútrico + Litosol	1,847.44	8.16
Total		22,640.72	100.00

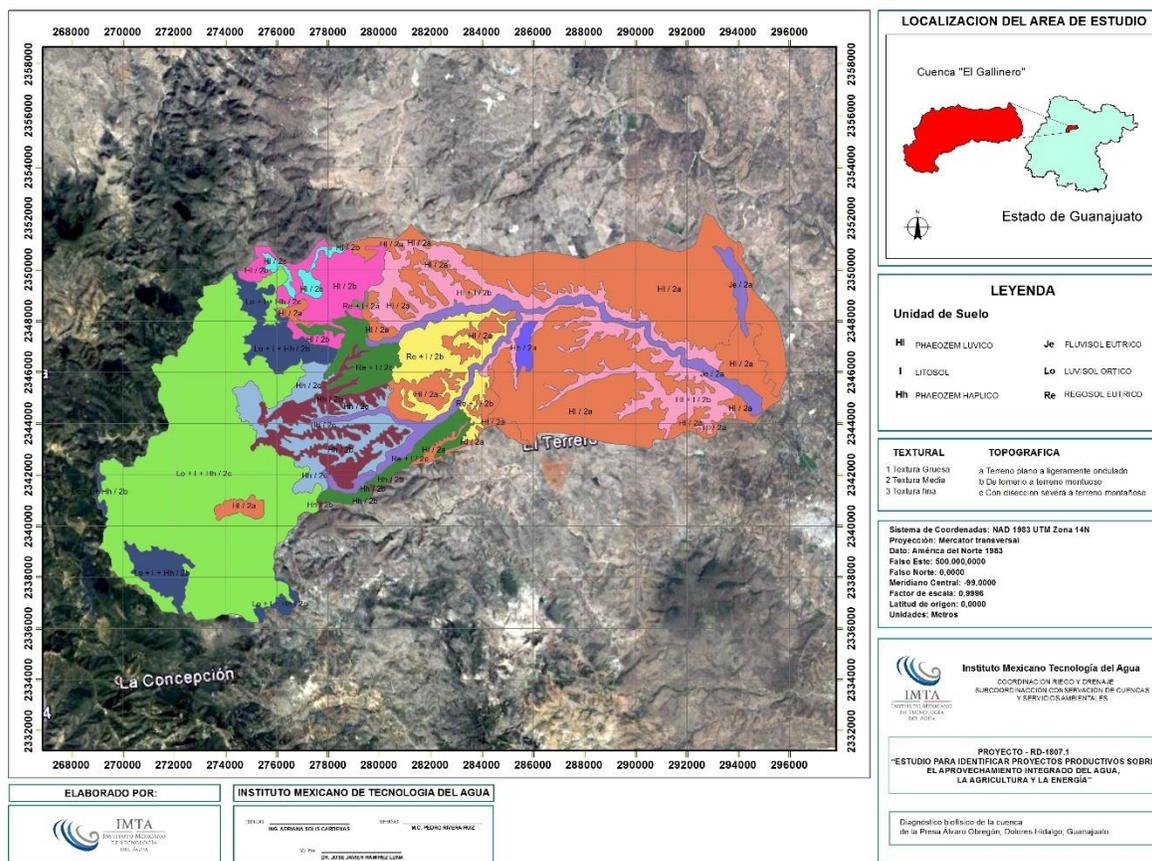


Figura 11. Edafología con grupos y unidades de suelo de la cuenca Presa El Gallinero.

Se observa el predominio de los grupos Hl (8,421.78 ha, 37.20%) y Lo + I + Hh (7,129.89 ha, 31.49%), sobre los cuales se pueden encontrar las superficies dedicadas a las actividades agropecuarias y forestales. Mientras que el grupo Re + I se distribuye en la parte media y baja de la cuenca, sobre el que predominan las áreas de bosque de encino y vegetación secundaria de bosque de encino.

A continuación, se describen los grupos de suelos presentes en la cuenca, de acuerdo a la Serie II de INEGI:

1.1.6.1 Feozem

Del griego *phaeo*: pardo; y del ruso *zemljá*: tierra. Literalmente, tierra parda. Suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, semejante a las capas

superficiales de los Chernozems y los Castañozems, pero sin presentar las capas ricas en cal con las que cuentan estos dos tipos de suelos.

Los **Phaeozems** o **Feozems** son suelos caracterizados por poseer un horizonte superficial A, oscuro por su elevado contenido en materia orgánica. Esta le confiere una elevada estabilidad estructural, porosidad y fertilidad (horizonte mólico). Posee una extraordinaria actividad biológica, lo que se manifiesta en una buena integración de la materia orgánica con la mineral. Suelen desarrollarse sobre materiales de reacción básica, blandos, como los tills y los coluviones, en condiciones relativamente estables. Son frecuentes los Phaeozems háplicos en el Pirineo, bajo pastos, ya que los densos sistemas radiculares de las especies pratenses facilitan la incorporación de la materia orgánica.

Los **Feozems** son de profundidad muy variable. Cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con rendimientos altos. Los **Feozems** menos profundos, situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. El uso óptimo de estos suelos depende en muchas ocasiones de otras características del terreno y sobre todo de la disponibilidad de agua para riego. **Su símbolo en la carta edafológica es (H).**

1.1.6.2 Litosol

Del griego *lithos*: piedra. Literalmente, suelo de piedra. Son los suelos más abundantes del país pues ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo. Se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lamerías y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido.

Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua. No tiene subunidades y su símbolo es (l).

1.1.6.3 Luvisol

Del latín *lumi, luo*: lavar. Literalmente, suelo con acumulación de arcilla. Son suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas como los Altos de Chiapas y el extremo sur de la Sierra Madre Occidental, aunque en algunas ocasiones también pueden encontrarse en climas más secos como en el caso de la cuenca Presa El Gallinero.

Son suelos fértiles en planicies y piedemonte, con una amplia variedad de usos agrícolas de temporal principalmente. Los luvisoles se distribuyen en montañas y lomeríos donde predominan climas Cw (templado con lluvias en verano) principalmente y Bs (semiárido). En planicies, los

luvisoles suelen ser suelos agrícolas altamente productivos. Sin embargo, en condiciones de pendientes mayores a 15 grados se requiere tomar medidas contra la erosión, porque el horizonte Bt impide la infiltración y promueve la escorrentía, provocando la aparición de grandes cárcavas, la consecuente degradación del suelo y la pérdida de sus funciones ambientales. Terrenos donde se cultiva maíz u otros cultivos que crecen sobre luvisoles con pendientes mayores de 15 grados son altamente productivas, pero sólo por periodos muy cortos; estos suelos terminan siendo degradados por la erosión y por lo tanto pierden sus funciones ecológicas y ambientales.

La vegetación es generalmente de bosque o selva y se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo. Son frecuentemente rojos o amarillentos, aunque también presentan tonos pardos, que no llegan a ser oscuros. Se destinan principalmente a la agricultura con rendimientos moderados. Con pastizales cultivados o inducidos pueden dar buenas utilidades en la ganadería. Los Luvisoles son suelos con alta susceptibilidad a la erosión. En México 4 de cada 100 hectáreas está ocupada por Luvisoles. El símbolo para su representación cartográfica es (L).

1.1.6.4 Regosol

Del griego *reghos*: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca. Suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen. En México constituyen el segundo tipo de suelo más importante por su extensión (19.2%). Muchas veces están asociados con Litosoles y con afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad.

Y es que son suelos minerales muy poco evolucionados, con horizontes A sobre materiales no consolidados o capas C (a diferencia de los Leptosoles sobre capas R) y de textura no excesivamente arenosa (lo que los calificaría como Arenosoles). Su presencia se asocia a zonas donde los procesos de formación han actuado durante muy poco tiempo o con poca intensidad, por el clima muy frío o muy cálido, o como consecuencia de su rejuvenecimiento por erosión. Por ello, tal y como sucede con los Leptosoles, las propiedades de estos suelos se relacionan directamente con el material parental del que derivan. Así sobre margas encontramos Regosoles háplicos, calcáricos, de texturas finas y de reacción básica; en ocasiones presentan cierto nivel de salinidad (hiposálicos) o cierto contenido en yeso primario (gipsíricos). En cambio, sobre granito alterado aparecen Regosoles con carácter éutrico e incluso dístrico, de reacción ácida y texturas gruesas.

1.1.6.5 Subunidades de suelo

Eútrico

Del griego *eu*: bueno. Suelos ligeramente ácidos a alcalinos y más fértiles que los suelos dístricos (figura 66). Unidades de suelo: Cambisol, Fluvisol, Gleysol, Histosol, Nitosol, Planosol y Regosol.

Háplico

Del griego *haplos*: simple. Suelos que no presentan características de otras subunidades existentes en ciertos tipos de suelo. Unidades de suelo: Castañozem, Chernozem, Feozem, Xerosol y Yermosol.

Lúvico

Del latín *luvi*, luo: lavar. Suelos con acumulación de arcilla en el subsuelo. Son generalmente de color rojizo o pardo oscuro. Unidades de suelo: Chernozem, Castañozem, Feozem, Xerosol, Yermosol y Arenosol.

Òrtico

Del griego *orthos*: recto, derecho. Suelos que no presentan características de otras subunidades existentes en ciertos tipos de suelo. Unidades de suelo: Acrisol, Luvisol, Solonchak y Solonetz.

1.1.7 Uso del suelo

En el Cuadro 7 se presenta el uso del suelo de acuerdo a la cartografía de INEGI escala 1:50,000 de las cartas F14C33, F14C34, F14C43 y F14C44 de 1973.

Se encuentra principalmente enfocado a uso forestal con un 38.98%, en bosque de galería (sauce) y bosque natural latifoliadas (encino)

En segundo lugar, encontramos gran predominancia en la agricultura de temporal permanente anual y permanente, abarcando un 31.76% de la superficie de la cuenca.

En tercer lugar, encontramos uso pecuario -pastizal cultivado y pastizal natural – forestal con un total de 24.97%

En cuarto lugar, encontramos el área de vegetación secundaria de matorral subinerme y espinoso y chaparrales con un mínimo de 1.97%, reflejando una fuerte tendencia a la deforestación, posiblemente con fines de producción agropecuaria.

En quinto lugar, está la agricultura de riego anual y permanente con un total de 1.72%.

En la Figura 12 se presenta el mapa con el uso de suelo de la cuenca.

Cuadro 7. Uso del suelo de la cuenca Presa El Gallinero.

Uso de suelo	Superficie	
	(ha)	Porcentaje (%)
Agricultura de riego - anual	151.04	0.67
Agricultura de riego - permanente	238.02	1.05
Agricultura de temporal permanente - anual	7,157.36	31.61
Agricultura de temporal permanente - permanente	33.02	0.15
Uso forestal bosque de galería (sauce)	42.22	0.19

Uso forestal bosque natural latifoliadas (encino)	8,825.25	38.98
Uso pecuario - pastizal natural	5,483.88	24.22
Uso pecuario - pastizal natural y forestal bosque natural latifoliadas (encino)	143.41	0.63
Uso pecuario pastizal cultivado	27.27	0.12
Matorral subinerme	63.64	0.28
Matorral espinoso	383.69	1.69
Chaparral	91.92	0.41
Total	22,640.72	100.00

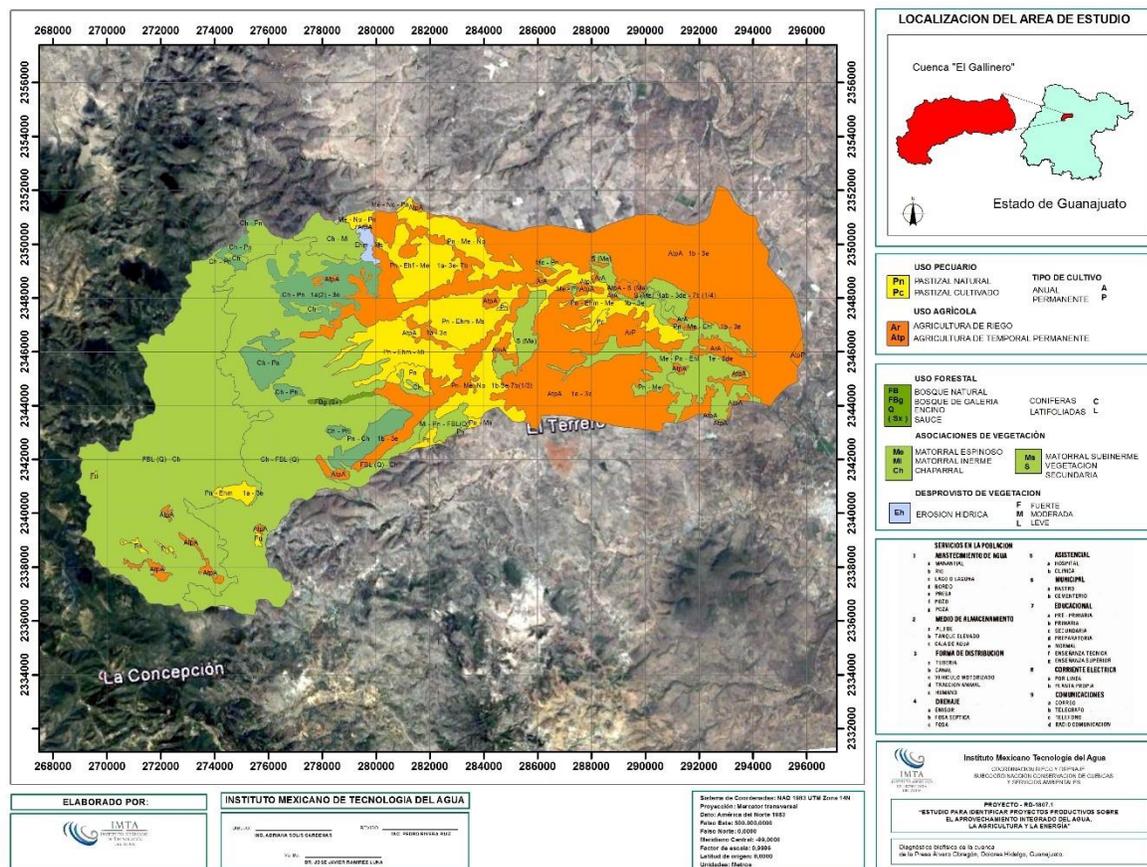


Figura 12. Uso actual del suelo de la cuenca Presa El Gallinero.

1.1.8 Vegetación

De acuerdo a lo reportado por la CONABIO en su Listado de Regiones Terrestres Prioritarias, el área de bosque de encino de la cuenca Presa El Gallinero se encuentra inmersa en la Región Terrestre Prioritaria 99 Sierras Santa Bárbara-Santa Rosa (RTP-99), en la que se identifican las siguientes especies vegetales como las principales: *Quercus rugosa* (palo colorado), *Q. glabrescens* (palo blanco), *Q. mexicana* (palo prieto), *Q. laurina* (encino laurelillo), *Q. fulva* (roble colorado), *Q. microphylla* (roble blanco) y *Q. castanea* (bellota). Otras especies del estrato arbustivo son *Senecio sp.* (jara o jarilla), *Baccharis sp.* (escobilla), *Cirsium sp.* (cardé), *Eysenhardtia polystachya* (varaduz),

Trifolium sp. (trébol), *Polypodium sp.* (helecho), *Smilax sp.* (zarzaparrilla), *Chromoleana odorata* (crucita), *Helianthemum glomeratum* (nanajuana) y *Zaluzania sp.* (cenicilla).

Se presentan algunos pastos de los géneros *Bromus*, *Muhlenbergia*, *Chloris* y *Aristida*.

Mientras que la vegetación de matorral espinoso, presente en los alrededores de la presa El Gallinero, está representada principalmente por *Prosopis laevigata* (mezquite), del que existe un número reducido de árboles maduros, *Acacia sp.* (huizache), *Opuntia sp.* (nopal cardón), *Opuntia imbricata* (nopal cuijo) y *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo), entre otros. Este tipo de vegetación fue descrita para el Área Natural Protegida Parque Bicentenario de Dolores Hidalgo.

1.1.9 Fauna

La misma CONABIO reporta para la RTP-99 en las áreas de bosque de encino las especies de mamíferos como *Odocoileus virginianus* (venado cola blanca), *Canis latrans* (coyote), *Lynx rufus* (lince), *Mephitis sp.* (zorrillo), *Sylvilagus sp.* (conejo), *Lepus sp.* (liebre), *Dasypus novemcinctus* (armadillo), *Urocyon cinereoargenteus* (zorra), *Didelphis sp.* (tlacuache) y *Sciurus sp.* (ardilla). La aves que destacan por su dominancia son *Aphelocoma ultramarina* (chuin o azulejo) y *Corvus corax* (cuervo), *Icterus parisorum* (calandria), *Parus wollweberi* (chivito), *Junco phaeonotus* (ojito de lumbre), *Buteo jamaicensis* (aguililla), *Aquila chrysaetos* (águila real). Del grupo de los reptiles, domina *Crotalus sp.* (Víbora de cascabel).

En la parte baja de la cuenca, se esperaría encontrar algunas especies similares a las encontradas en el Área Natural Protegida Megaparque Bicentenario, presente en la cabecera municipal de Dolores Hidalgo, con mamíferos como *Dipodomys ornatus* (rata canguro de Phillip), *Lepus californicus* (liebre cola negra), *Perognathus flavus* (ratón de abazones sedoso), *Sylvilagus audubonii* (conejo del desierto) y *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris), así como algunos reptiles como *Aspidoscelis gularis* (huico pinto del noreste) y *Pituophis deppei* (alicante o culebra sorda). Las aves son diversas, mencionándose entre ellas *Aphelocoma woodhouseiii* (chara), *Corvus corax* (cuervo), *Icterus abeillei* (bolsero dorso oscuro) y *Junco phaeonotus* (ojito de lumbre).

1.2 LINEA BASE DE LOS RECURSOS DEL MEDIO NATURAL DE LA CUENCA PRESA EL GALLINERO

Solamente el suficiente conocimiento e información sobre el estado de los recursos naturales, sobre las causas que afectan su protección, conservación, restauración y sostenibilidad, así como los factores que los deterioran, proporcionarán instrumentos estratégicos para la toma de decisiones, formulación de políticas, elaboración de normas, apoyo al desarrollo sostenible y fijación de estándares. El conocimiento del estado de los recursos permite utilizar herramientas para la planificación y ordenamiento ambiental, evaluación de impactos ambientales, identificación de tendencias y pronósticos y predicción de alertas ambientales.

La línea base en los procesos de planificación, implementación, seguimiento y evaluación de planes y proyectos, es el “*marco de referencia cualitativo y cuantitativo que sirve para poder analizar los impactos y cambios a nivel físico biológico y socioeconómico, relacionados con la implementación de actividades de un Plan o Proyecto*”. Esta línea base se puede obtener del diagnóstico y con base en la experiencia y conocimientos de expertos. En algunos casos se utilizan acciones previas para determinar la línea base y se aplica cuando no hay datos y por lo tanto el Proyecto o Plan establecerá una referencia directa sobre la cual se podrá evaluar el proceso.

La Línea Base (LB) es el marco de referencia que sirve para evaluar los impactos y cambios biofísicos y socioeconómicos producidos por un programa o proyecto. En los programas de manejo y gestión de cuencas y de recursos naturales los impactos se producen a mediano y largo plazo; sin embargo, es importante conocer el punto de partida y monitorear procesos para establecer los ajustes necesarios y sustentar la intensidad de acciones en determinadas áreas con la finalidad de asegurar los productos esperados.

En períodos de corto plazo (4 años), la mayoría de cambios, pueden ser poco relevantes en magnitud y no tendrán bases contundentes de sostenibilidad, por lo tanto lo que se pueden alcanzar en este horizonte de tiempo, son umbrales de cambio. Algunas de las utilidades o beneficios que se pretenden alcanzar con la línea de base incluyen:

1. Tomar decisiones para realizar reajustes a las diferentes estrategias, métodos y aplicación de técnicas que realiza el Proyecto.
2. Sustentar la necesidad de intensificar y fortalecer a determinados componentes para asegurar los productos esperados del Proyecto.
3. Respaldar la continuidad del Proyecto, con base en los umbrales o indicadores de los primeros años.
4. Demostrar a los beneficiarios del Proyecto, la importancia y beneficios de las actividades.
5. Proveer criterios e información para la formulación de propuestas de continuidad del Proyecto
6. Lograr la interacción de otros actores e interesados en el Proyecto.
7. Permite reconocer el éxito, fracaso o avance del Proyecto.
8. Una de las formas más utilizadas para organizar y manejar los datos e información en la línea base, es mediante los indicadores.

1.2.1 Metodología

A continuación se presentan la serie de pasos organizados que se realizaron para desarrollar las actividades relacionadas con la elaboración de la Línea Base para la Cuenca de la Presa El Gallinero, lo cual también se representa de manera esquemática en la Figura 1.

1.2.1.1 Definición de la necesidad e importancia

Como parte del proyecto RD1807.1, se identificó la necesidad de elaborar una línea base que expresara la situación de partida (estado inicial) al realizar el manejo de la cuenca de la Presa El Gallinero. Lo primero que se tuvo que resolver es la importancia de elaborar una línea de base que integre los aspectos de manejo. Esto permitirá conocer en el proceso, como se producen los cambios e impactos a favor tanto del manejo como de gestión, o cómo influye la gestión en el manejo, de allí la importancia de tener ambos indicadores.

También se razonó sobre la importancia de elaborar este instrumento orientador, que permita ajustar y tomar decisiones para mejorar la planificación de actividades o respaldar su toma de decisiones. Finalmente se deberá organizar un subcomité a nivel de cuenca para el seguimiento de esta actividad y que sirva de enlace para las acciones pertinentes (Figura 1). La modalidad para realizar esta actividad será mediante un taller con el apoyo de un facilitador y elaborar una ayuda memoria de los acuerdos tomados.

Otros elementos importantes en esta etapa son: considerar el sistema de monitoreo del programa y los planes estratégicos o rectores, los proyectos detallados de la subcuenca y otros instrumentos de planificación disponibles.

1.2.1.2 Organización de equipos de trabajo

Con la aprobación de realizar el trabajo para elaborar la línea de base, se organizaron dos equipos de trabajo: uno para recopilar la información disponible y otro para apoyar en el trabajo de campo (levantamiento de información complementaria que pueda ser requerida). Posteriormente se analizó que información es importante recopilar (indicando fuentes, año, autores, etc.) y la forma preferible de su recopilación.

1.2.1.3 Identificación de indicadores requeridos

Internamente, entre los participantes en el proyecto, se identificaron cuáles serían los indicadores tanto de manejo como de gestión que se consideran relevantes para que estos sean parte de una línea de base. Estos indicadores se presentan en una tabla que describa el indicador, su importancia, quienes podrían colaborar en su levantamiento y quienes estarían interesados en utilizarlos, como se ejemplifica en el Cuadro 8. Un aspecto importante es analizar el costo, esfuerzo y compromiso para levantar y organizar la información y como se podría monitorear posteriormente.

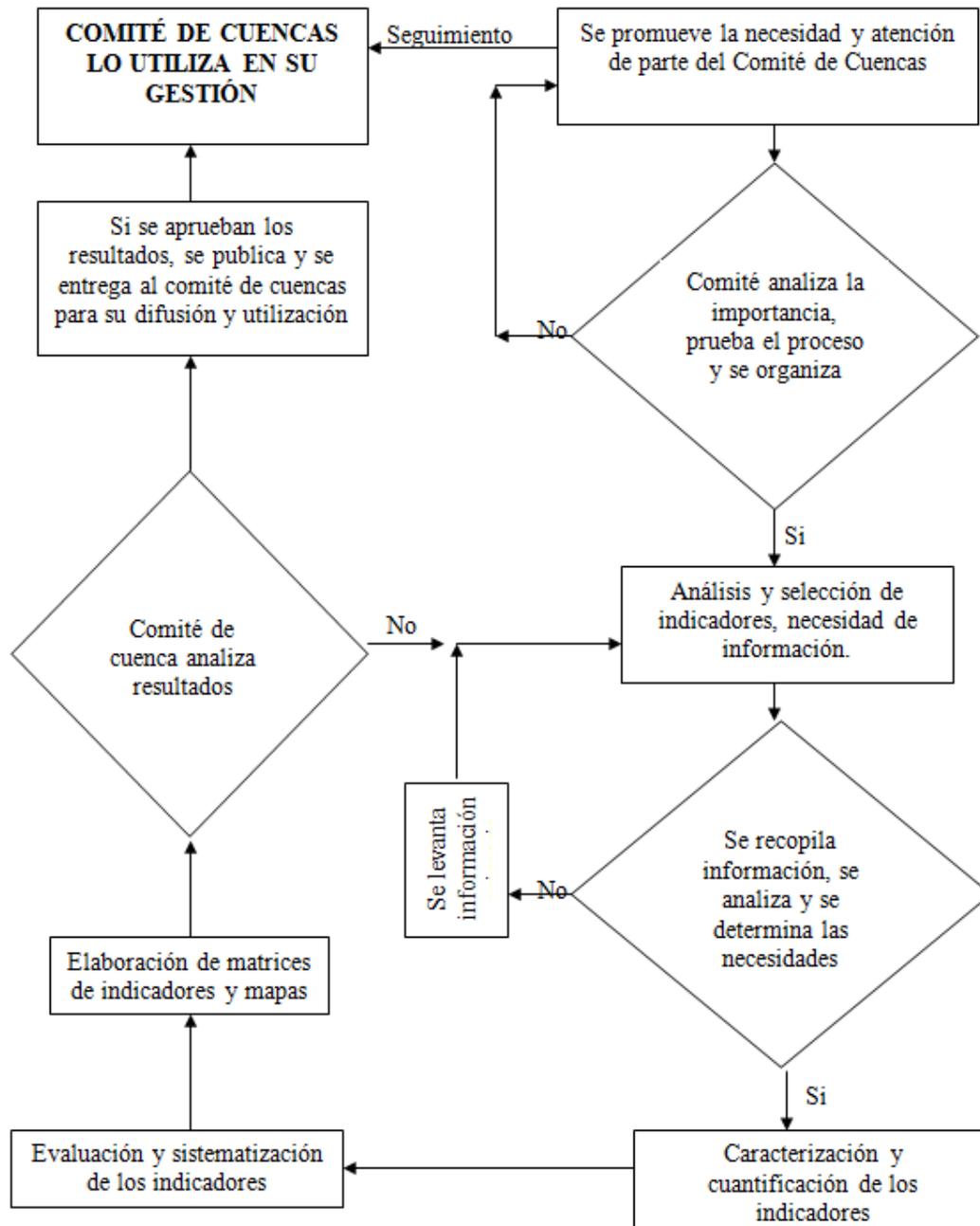


Figura 13. Esquema de los pasos para la elaboración de la línea de base para la cuenca Presa El Gallinero.

Cuadro 8. Ejemplo de la identificación de indicadores para la cuenca.

Indicador	Importancia	Interesados en colaborar en su monitoreo	Interesados en utilizar los resultados
Cantidad de agua	Equilibrio de oferta y demanda	Comunidades y municipio	Municipios y servicios de agua potable.

1.2.1.4 Recopilación y análisis de información

Consistió en la búsqueda de toda información/dato referente a la cuenca y que tenga relación con los conceptos de Manejo, y principalmente que se relacionen con los indicadores propuestos.

El análisis de información se realizó para valorar la calidad y utilidad de información recopilada, determinando la necesidad de completar la información revisando otras fuentes u obtener datos de campo ya sea para actualizar o levantar nuevos datos. Criterios de temporalidad (datos actualizados o registros históricos) y nivel de detalle deben considerarse para cada indicador y no solo la calidad.

Se revisaron los planes estratégicos (y su fuente original de datos), así como los planes rectores, planes de manejo, diagnósticos, estudios de tesis realizados en la cuenca o municipio, mapas y otros estudios relacionados. Esta información se organizó en una base de datos documental.

1.2.1.5 Levantamiento de información necesaria

Con base en el proceso anterior el equipo de trabajo tomó las decisiones relacionadas con el levantamiento de nueva información. Se definieron las alternativas y posibilidades reales de levantar la información, tiempo, costo y posibilidad (en algunos casos como el muestreo de suelos, levantamiento de información de uso de suelo a detalle, recopilación de información climatológica, entre otra). Fue así como se implementaron las modalidades acordadas para levantar la información complementaria.

1.2.1.6 Caracterización y cuantificación de los indicadores y mapeo

Con la información complementaria levantada y la disponible, se realizará un taller con el Comité de Cuenca o con el H. Ayuntamiento de Dolores Hidalgo, Guanajuato, para caracterizar y cuantificar los indicadores, siguiendo lo acordado en el paso 2.3... Posiblemente algunos indicadores requerirán de representación en tablas y mapas, en este caso el apoyo del SIG será importante.

La caracterización corresponderá a una descripción cualitativa de cada indicador, explicando la naturaleza del mismo, su dinámica o tendencia, y la cuantificación deberá presentarse en unidades convencionales.

1.2.1.7 Evaluación y sistematización de los indicadores

La evaluación y sistematización de indicadores será el proceso a seguir para determinar el estado o situación actual con relación a nivel de degradación de deterioro avanzado, medio o mínimo (puede estar en una situación de estado original).

Cada indicador deberá relacionarse con tablas comparativas o datos referenciales que describe el límite, tolerancia o valor estándar para que se considere en un determinado nivel, esto en algunos casos dependerá del tipo de uso que tenga el recurso. Este análisis se puede integrar al siguiente paso 2.8.

1.2.1.8 Elaboración de matrices de indicadores y mapas

Este paso requerirá de un taller en el cual se presentan los resultados finales de la línea base para el manejo y gestión de la subcuenca. Se deberán utilizar tablas y mapas, así como un informe

narrativo que permita comprender la importancia de cada indicador, su utilidad, como se monitorea (metodología, medición, frecuencia y almacenamiento).

1.2.1.9 Establecimiento de la línea base de los recursos del medio natural de la cuenca Presa El Gallinero

Tomando como base el diagnóstico del medio natural que se realizó para la subcuenca, se estableció la línea base para cada uno de los recursos naturales, y que son los siguientes:

1. En relación con el recurso suelo se enfocó sobre la situación actual de la erosión hídrica, este indicador puede tener diferentes posibilidades de representación, dependerá del uso de la tierra y de los recursos naturales, así como de la vocación de la cuenca. La forma más directa es mediante el análisis comparativo entre capacidad de uso del suelo y el uso actual preferentemente de acuerdo a la pendiente del terreno y al tipo de suelo, determinando las áreas sobre utilizadas. Se representa en mapas y cuadros.
2. En relación con el recurso vegetación, este indicador representa el área de la cuenca que está cubierta por vegetación permanente: bosques naturales, áreas de conservación, zonas de regeneración natural, zonas reforestadas, cultivos permanentes, etc. La elaboración de mapas fue fundamental para este análisis, el resultado se expresa en porcentajes y en cuadros. Esta información se relaciona con las pendientes y suelos de la cuenca para inferir el grado de protección hidrológica de la cuenca. Saber o determinar donde se encuentra la vegetación es una relación básica para establecer si ésta protege o no a la cuenca.
3. Referente al recurso agua los indicadores están orientados hacia dos puntos de interés: a) producción de agua y su contenido de sedimentos y b) calidad del agua y determinar su grado de contaminación. Para la producción de agua, el indicador representa por lo menos dos periodos importantes (verano e invierno), determinando los caudales promedios correspondientes. Aunque basta con la medición a la salida de la cuenca, sería importante relacionarlo con el uso del agua, en este caso se podrían tomar la parte alta, media y baja o donde se identifique la utilidad de consumo. En el caso de disponer de series históricas consistentes sería importante recopilarlas para continuar el registro, será muy útil para análisis de predicciones y diseño de infraestructura hidráulica. Una información complementaria útil, es la demanda actual y su proyección de los diferentes usos. En el presente no existe infraestructura de medición en la cuenca, por lo tanto, para plantear la línea base se parte de una estimación de los escurrimientos. Relacionado con la producción de agua se tiene el contenido de sedimentos que para el caso también se parte de la base de estimación porque no se tienen mediciones previas en la cuenca. Referente a determinar el nivel de contaminación del agua, el indicador a seleccionar dependió del tipo de uso del agua en la cuenca y de la definición de las necesidades de información. Como el agua de escurrimiento no es para uso poblacional las exigencias de parámetros físicos, químicos, biológicos no es muy alta; el agua que escurre en la cuenca se almacena en la Presa El Gallinero y el uso a que se destina es para riego. Pero si es determinante identificar las posibles fuentes o razones causales de la contaminación o alteración de la calidad del agua. Por ejemplo si es por la aplicación excesiva de agroquímicos principalmente en los cultivos de riego, el punto de medición será a la salida de los sistemas de producción o salidas de

pequeñas microcuencas, o en el último de los casos se puede muestrear a la salida cada una de las subcuencas. Si queremos identificar las posibles fuentes difusas en toda la cuenca lo mejor será identificar en el curso principal, por lo menos tres puntos de control (alta, media y baja). También habrá que analizar el tiempo/época (meses) y las horas posibles de incidencia de la contaminación. En todo caso una vez definidos los sitios y el tipo de información a levantar (recopilar) se debe definir cómo se analizará la muestra.

1.2.2 Resultados

1.2.2.1 LÍNEA BASE DEL RECURSO SUELO

El uso del recurso suelo y su evaluación constituye algunos de los aspectos más importantes en la ejecución de la política agropecuaria de un país y, en términos generales en el desarrollo integral de su política económica.

El suelo está considerado como uno de los tres componentes fundamentales y básicos de la tierra junto al agua y a la vegetación. Desde diferentes concepciones el suelo es parte consustancial con la vida del hombre; considerado como sustento para el crecimiento de las plantas, este recurso tiene un incalculable valor.

Conceptualmente el suelo es un cuerpo o masa natural, formado por minerales meteorizados y materia orgánica en descomposición que cubre la tierra formando una capa de espesor variable.

La explotación de este recurso como consecuencia principalmente de las actividades agropecuarias, lleva a la pérdida a veces imperceptible y otras muy evidentes, de las capas superficiales u horizontes, produciéndose la erosión y degradación de los suelos.

En estas circunstancias aparece otro elemento relacionado con el suelo, que es la pendiente y su distribución sobre diferentes paisajes geomorfológicos. En suelos sobre pendientes fuertes se acelera el proceso erosivo y por lo tanto se pierde la capacidad productiva de los mismos.

Con estos elementos se ha considerado dentro del componente Suelo para el establecimiento de la línea base, a la erosión como el proceso de cambio más relevante, y a las acciones antrópicas en gran medida provenientes de las actividades agropecuarias, como las características, susceptibles de ser medidas en el tiempo y en el espacio.

El objetivo de esta línea base de monitoreo entonces, es controlar estas variables, con el fin de garantizar la capacidad productiva de los suelos e impedir su degradación e incremento de la pobreza de los agricultores, quienes se ven obligados a migrar a las grandes ciudades en busca de oportunidades de trabajo o cambian la frontera agrícola al incorporar área forestales a la agricultura en zonas frágiles donde la producción agrícola no es sostenible.

El sistema de monitoreo ambiental para el sector agropecuario, ha seleccionado cuatro componentes fundamentales para ser medidos y evaluados: el suelo, el agua, la vegetación y finalmente el hombre.

Para el caso específico del suelo, se ha escogido a la erosión como el proceso de cambio que puede ser cuantificado y monitoreado, en todos los niveles de estudio propuestos.

Los indicadores para medir la erosión serán a partir de la cobertura y uso del suelo y los factores físicos: suelo y pendiente, todo ello afectado por la precipitación (intensidad de la lluvia) y las prácticas conservacionistas de manejo.

Como productos se obtuvieron los mapas de áreas susceptibles a la erosión y erosión actual para la línea base.

Las mediciones de los indicadores ambientales se proponen que se realicen cada tres años.

1.2.2.1.1 Estudio de erosión hídrica con la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo adaptada a las condiciones de México

La erosión hídrica es un fenómeno físico que tienen implicaciones socioeconómicas debido a que la alta presión sobre los recursos naturales, la destrucción de bosques y el desarrollo de cultivos en sitios con alta pendiente incrementan los niveles de erosión hídrica y la problemática en las partes bajas de la cuenca donde se depositan las partículas.

La evaluación se hace posible mediante la metodología de la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (EUPS) adaptada a las condiciones de México (Figuroa, et al, 1991), donde los valores de pérdida anual de suelo se determinan mediante la siguiente expresión:

$$A = R K L S C P$$

Donde:

R, es un índice de erosividad de la lluvia que se expresa mediante la relación entre energía e intensidad de una precipitación máxima en un período de 30 minutos (Mj mm/ha h).

K, es un factor de erosionabilidad del suelo; un número que refleja la propensión del suelo a sufrir un cierto tipo de erosión. Las unidades dependen de la cantidad de suelo perdido por unidad de erosividad R y bajo unas condiciones típicas especificadas (t ha h/Mj mm ha).

L, es el factor de longitud de la pendiente, una relación que compara las pérdidas de suelo con la de un campo experimental de longitud dada (22.13 metros).

S, es un factor de pendiente, que compara la pérdida de suelo con la de una parcela experimental de pendiente especificada (9%).

C, es el factor de cobertura vegetal, una relación que compara la pérdida de suelo con la de una parcela experimental cultivada en condiciones prefijadas de barbecho desnudo.

P, es el factor de prácticas de conservación de agua y suelo, una relación que compara la pérdida de suelo con la de un campo en el que no se realiza práctica alguna de conservación.

1.2.2.1.1.1 Factor R (erosividad de la lluvia)

Es el potencial erosivo de la lluvia que afecta el proceso de erosión del suelo. La erosión por gotas de lluvia incrementa con la intensidad de la lluvia. Una suave y prolongada lluvia puede tener la misma energía total que una lluvia de corta duración y más intensa.

Cuando la energía se combina con la intensidad de la lluvia, el resultado es un buen predictor del potencial erosivo (EI: energía/intensidad). "EI" es el valor de la tormenta total por el máximo de intensidad de la tormenta en 30 minutos. El término indica como el desprendimiento de las partículas es combinado con la capacidad de transporte.

La suma de los promedios anuales de "EI" para una localidad en particular es el "Índice de Erosividad de la lluvia" R.

Se obtuvo el mapa de factor R para la subcuenca considerando la información histórica de precipitación de las estaciones climatológicas que se encuentran dentro y en las cercanías de la cuenca de la Presa El Gallinero. El mapa respectivo se presenta en la Figura 14.

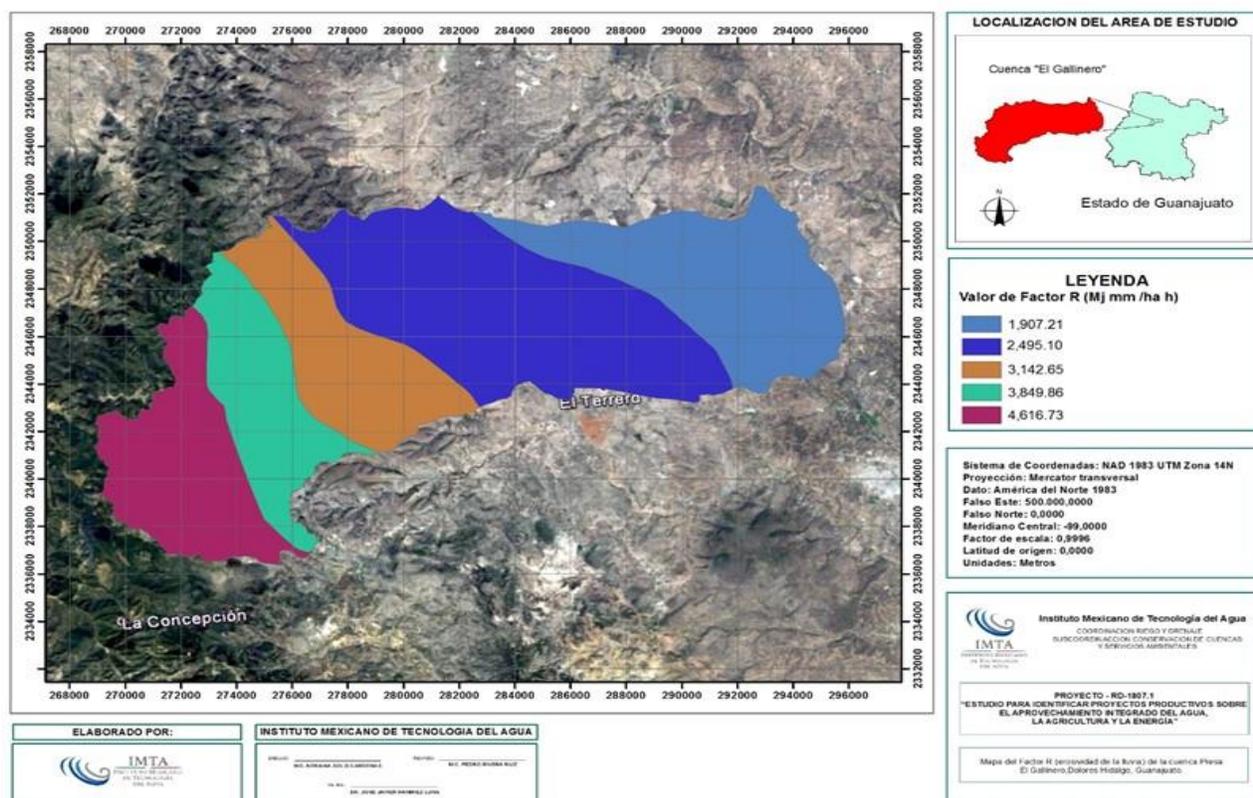


Figura 14. Mapa del factor R (erosividad de la lluvia) de la cuenca de la Presa El Gallinero.

Para el caso se consideró la afectación y comportamiento de la precipitación de acuerdo con el relieve y altitud, de tal forma que se observa que en la subcuenca se presentan valores de erosividad de lluvia que van desde los 1,907.21 hasta los 4,616.73 Mj mm/ha h.

Hay que recordar que entre más alto sea el valor significa que la lluvia tiene mayor potencial para causar erosión del suelo, y viceversa.

1.2.2.1.1.2 Factor K (erosionabilidad del suelo)

Es una propiedad que se entiende como la facilidad con la cual el suelo es desprendido por el salpicamiento, durante una lluvia o por flujo superficial. Esta propiedad del suelo está relacionada al efecto integrado de la lluvia, escurrimiento e infiltración. Los suelos generalmente llegan a ser menos erosivos con una reducción en la fracción de limo a pesar del correspondiente incremento de la fracción de arcilla o arena.

El factor K representa el efecto de las propiedades del suelo y de las características del perfil del suelo en la pérdida de suelo. Los valores de K son asignados usando el nomograma de erosionabilidad del suelo, que combina el efecto del tamaño de las partículas, %MO, código de la estructura del suelo y la clase de permeabilidad del perfil.

Suelos de textura fina con alto contenido de arcilla tienen bajos valores de K (0.05-0.15), porque ellos son resistentes al desprendimiento.

Suelos de textura gruesa tales como suelos arenosos, tienen valores bajos de K (0.05-0.2), debido al bajo escurrimiento, aunque estos suelos son fácilmente desprendibles.

Suelos de textura mediana (franco limoso) tienen valores de K moderados (0.25-0.4), porque son moderadamente susceptibles al desprendimiento y producen moderados escurrimientos.

Para obtener el factor K se parte de la base de unidades de suelo con apoyo de las cartas edafológicas escala 1:50,000 de INEGI. Una vez identificadas las unidades de suelo se procedió a realizar un muestreo de suelos (Figura 15), y las muestras se analizan en laboratorio para realizar las determinaciones físicas y químicas requeridas para obtener el valor de factor K.



Figura 15. Muestreo de suelos en la cuenca Presa El Gallinero para determinar el factor K.

Con los resultados de los análisis de laboratorio obtenidos de las muestras de suelo se aplicó la metodología para calcular el factor K de erosionabilidad del suelo, y el mapa resultante se presenta en la Figura 16.

Se observa que se tienen valores que van desde 0.020 a 0.040 t ha h/Mj mm ha, y en el caso de los suelos que tienen un valor menor quiere decir que se trata de suelo que son poco susceptibles a erosionarse o que sus propiedades físicas y químicas lo hacen resistente a ser erosionados. Lo contrario sucede con los suelos que tienen valores más altos porque son los más propensos a erosionarse.

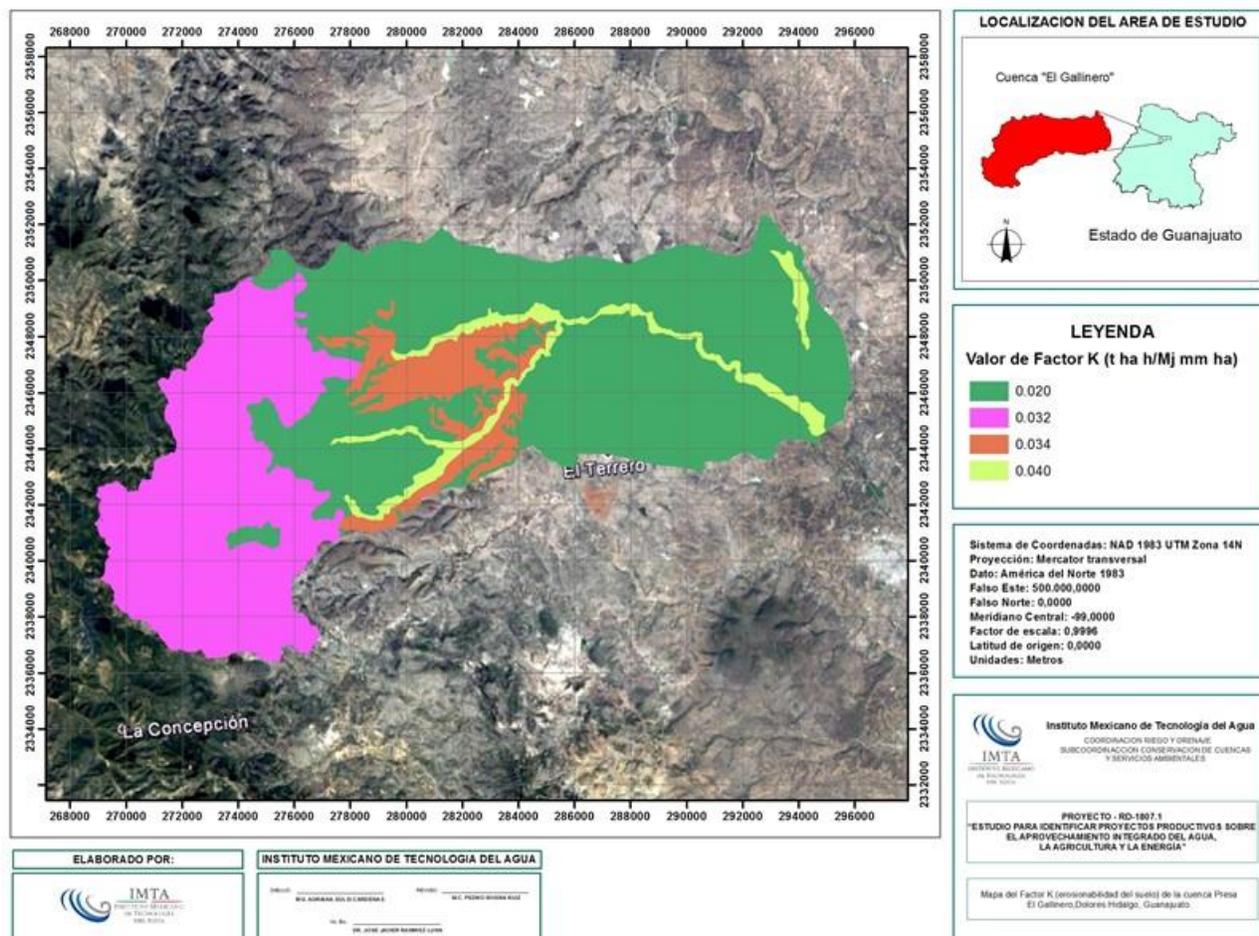


Figura 16. Mapa del factor K (erosionabilidad del suelo) de la cuenca Presa El Gallinero.

1.2.2.1.1.3 Factor LS (longitud y grado de la pendiente)

Se partió de las curvas de nivel de INEGI en formato vectorial de las cartas topográficas escala 1:50,000, (que tiene una equidistancia de 20m) de claves F14C33, F14C34, F14C43 y F14C44 para obtener el Modelo de Elevación Digital

Con esta información se generaron los archivos en formato Raster de inclinación de la pendiente, de dirección del flujo y de flujo acumulado que utilizan los métodos Algebraico de Zevenbergen y Thorne (1987), así como el algoritmo de Tarboton (1997), respectivamente; para ello se utilizó la herramienta ARC Gis, con las capas raster se calcula el área específica y el seno de la pendiente para poder estimar el factor LS de acuerdo con la ecuación siguiente (Desmet y Govers, 1996, Mitsova et al., 1996):

$$Ls = (m + 1) * \left(\frac{Ae}{22.13} \right)^m \left(\frac{Sen\theta}{0.0896} \right)^n$$

Donde:

Ae: es el área específica de captación, es decir, el área de contribución aguas arriba por unidad de longitud de curva de nivel

θ : es la pendiente en grados.

m y n: Valores bajos de m y n deberían usarse para áreas donde prevalece flujo disperso, como aquellas cubiertas con vegetación, siendo lo habitual para esta situación m=0,4 y n=1. Los valores altos, en contrario, se utilizan sobre áreas con flujo más turbulento, generador de surcos y barrancos. Los valores recomendados serían m=0,6 y n=1,3 (Mitsova et al., 1996 y 2001). Donde no exista la posibilidad de corroboraciones en campo de los exponentes m y n, lo aconsejable es asignar valores intermedios de los mismos, es decir, m= 0,5 y n= 1,15.

Aplicando el procedimiento y con el apoyo del modelo digital de elevación y el ARCGis, se obtuvo el mapa del factor LS, mismo que se presenta en la Figura 17.

Los resultados obtenidos se presentan en valores de LS de acuerdo al rango de pendiente, de acuerdo a la clasificación del siguiente Cuadro 9.

Cuadro 9. Valores de LS de acuerdo al rango de pendiente.

Rango de pendiente (%)	Valor de LS
0 - 5	0.000 - 0.331
5 - 15	0.332 – 1.397
15 - 30	1.398 – 4.319
30 - 45	4.320 – 8.818

Rango de pendiente (%)	Valor de LS
45 - 60	8.819 – 14.894
>60	> 14.895

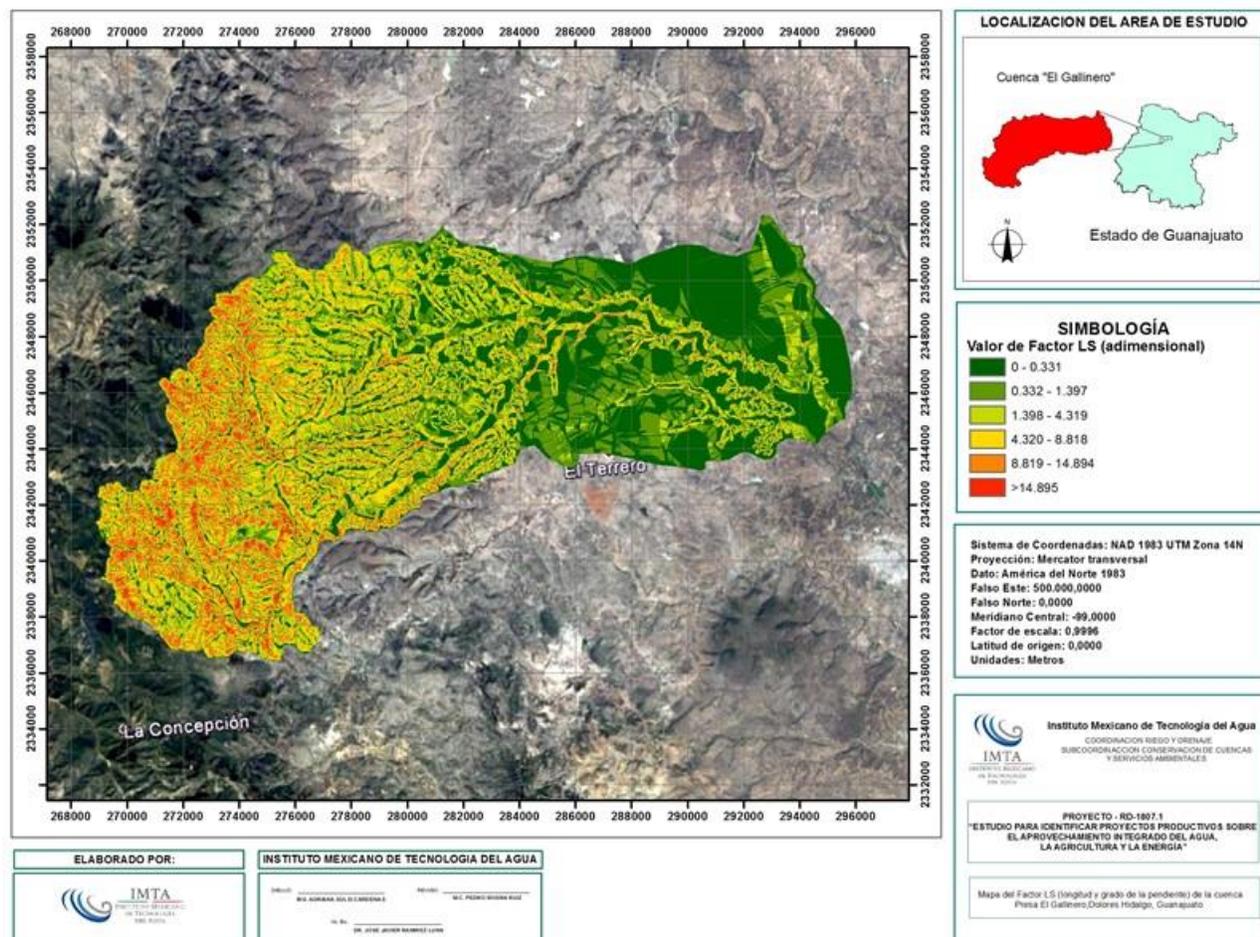


Figura 17. Mapa del factor LS (longitud y grado de la pendiente) de la cuenca Presa El Gallinero.

1.2.2.1.1.4 Factor C (cobertura vegetal)

El factor C establece una relación para comparar la pérdida de suelo de una parcela experimental cultivada en condiciones prefijadas de barbecho desnudo, valora la protección del suelo por la vegetación, el valor disminuye a medida que aumenta la cubierta vegetal, por lo que depende del tipo de cubierta vegetal así como su densidad, entre otros aspectos, de manera tradicional se estima a partir de datos reportados en los cuadros reportados en la literatura y son producto de la investigación en la cual se relaciona la pérdida de suelos en condiciones estándar (es decir manteniendo controlados los otros factores de la EUPS) con el índice y tipo de cobertura. De esta forma resulta sencillo conocer el tipo de vegetación y estimar el porcentaje de cobertura, comparar esta información con los valores en Cuadros publicados por investigadores y finalmente asignar los valores de C obtenidos para las diferentes coberturas vegetales de México.

El valor de C se asigna a cada categoría de uso de suelo mediante la relación de porcentaje de cobertura y suelo cubierto por esta, para este caso se tiene que contar con información precisa de usos actuales de suelo y vegetación recientes, y lo ideal es trabajar en campo para actualizar la información y obtener el valor de C final, y con la finalidad de tener datos precisos y más confiables, se obtuvo el uso y manejo del suelo mediante recorridos de campo y con precisión a nivel de cultivos.

Se determinaron para cada cobertura vegetal y uso de suelo de la cuenca los diferentes valores de factor C, para finamente obtener el mapa que se presenta en la Figura 18.

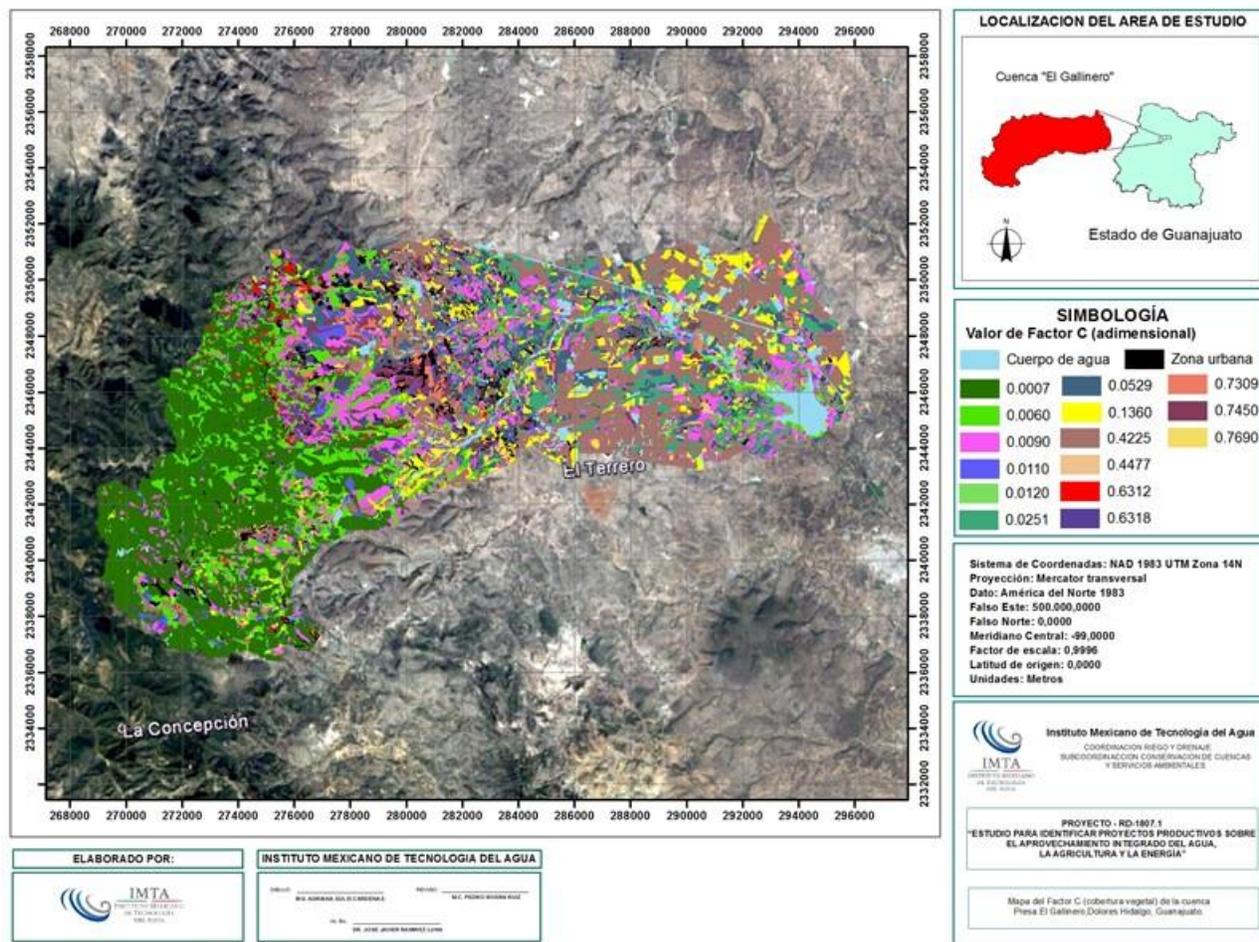


Figura 18. Mapa del factor C (cobertura vegetal) de la cuenca Presa El Gallinero.

1.2.2.1.1.5 Factor P (prácticas conservacionistas de agua y suelo)

Para obtener el factor P se realizaron levantamientos de información en campo, donde en ortofotos digitales se identificaron a nivel de parcela la existencia de las diferentes prácticas conservacionistas como: surcado en contorno, terrazas, zanjales de infiltración, etc.

Posteriormente se ubicaron espacialmente y se proporcionaron un valor de Factor P que es la atenuante en la disminución de la erosión a nivel de parcela, y por supuesto que para proporcionar los valores éstos se obtienen de diversas fuentes e investigaciones que se han realizado en México.

El mapa respectivo del factor P que se obtuvo se presenta en la Figura 19.

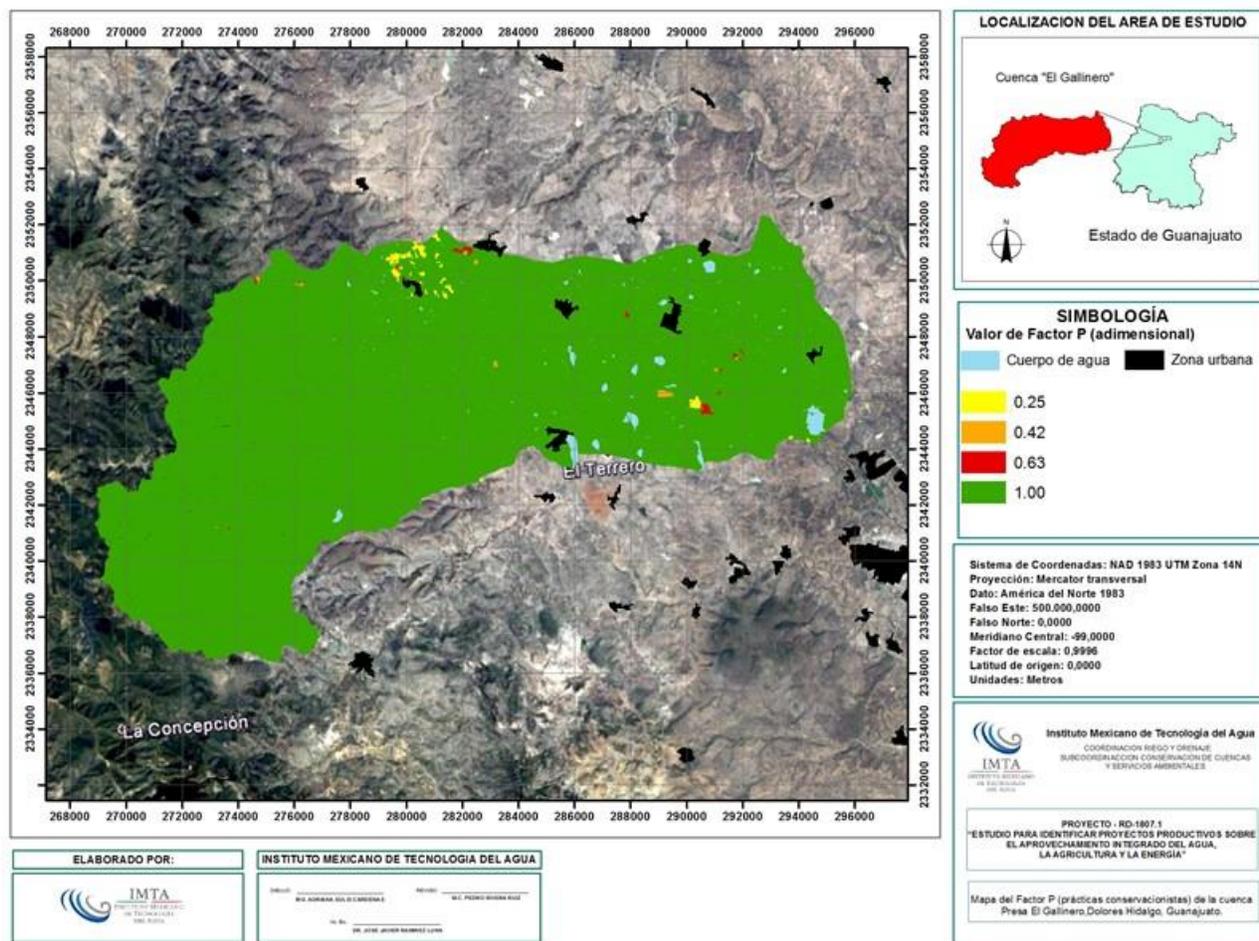


Figura 19. Mapa del factor P (prácticas conservacionistas) de la cuenca de la Presa El Gallinero.

Las prácticas conservacionistas que se encontraron en la subcuenca fueron las siguientes:

- Áreas agrícolas en terrazas que tienen un valor de factor P = 0.25
- Áreas de pastizales y matorrales en terrazas que se les asigna un valor de factor P = 0.42
- Áreas degradadas con terrazas que inicialmente fueron agrícolas y que tienen un valor de factor P = 0.63.

1.2.2.1.1.6 Erosión hídrica actual

El cálculo de erosión hídrica actual se determina al hacer el álgebra de mapas de los factores de R, K, LS, C y P en formato raster, y de esta manera se agrupan las diferentes tasas de erosión para obtener su distribución en la cuenca.

El mapa resultante que se obtuvo para la cuenca se presenta en la Figura 20.

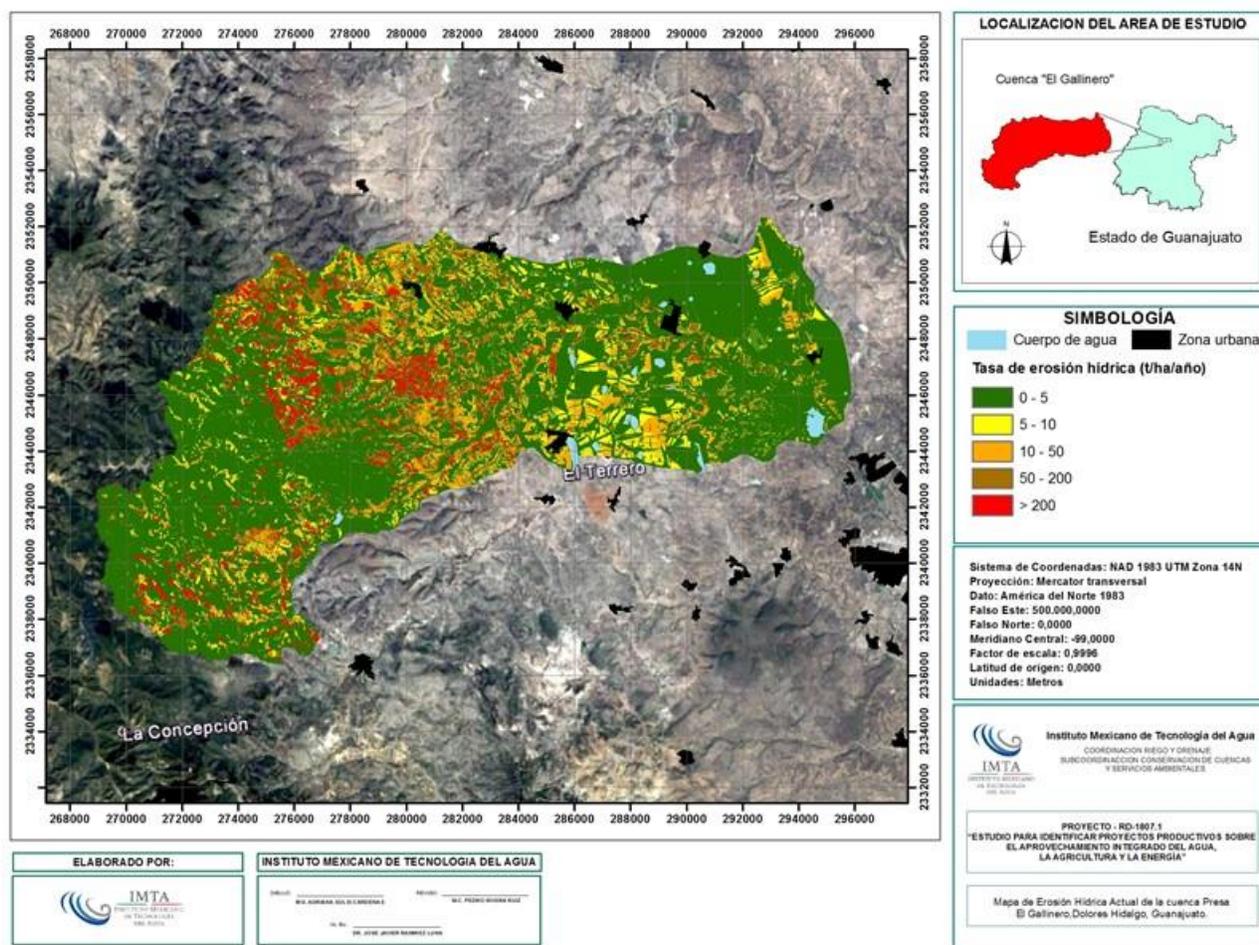


Figura 20. Mapa de erosión hídrica actual de la cuenca de la Presa El Gallinero.

Por su parte en el Cuadro 10, se presenta la distribución de superficies para cada rango de erosión hídrica de acuerdo con la clasificación de la FAO.

Cuadro 10. Distribución de la superficie por clase de erosión hídrica de la cuenca de la Presa El Gallinero.

Tasa de erosión hídrica (t/ha/año)	Clase	Superficie	
		ha	%
0-5	Nula	16,235.09	71.71
5-10	Ligera	1,820.39	8.04

Tasa de erosión hídrica (t/ha/año)	Clase	Superficie	
		ha	%
10-50	Moderada	2,078.01	9.18
50-200	Alta	1,314.32	5.81
>200	Muy alta	1,192.93	5.27
Total		22,640.72	100.00

En la cuenca de la Presa El Gallinero predomina la erosión nula cubriendo el 71.71% de la superficie de la cuenca como se observa en la Figura 9, y generalmente corresponde a las áreas planas y semiplanas con pendientes que no pasan del 5%, y es donde se realizan actividades productivas agrícolas y pecuarias, además, también considera las áreas de bosque que cuentan con una buena cobertura vegetal.

En la subcuenca se encontró que el 8.04% de la superficie (1,820.39 ha) presentan tasas de erosión hídrica que no pasan de las 10 t/ha/año, lo que indica que se trata de áreas con nula o ligera erosión, pero es importante recalcar que se trata de áreas donde se tiene cubierta vegetal de bosque o pastizales que están bien protegidos, e incluso corresponde a áreas donde se practica la agricultura con manejo conservacionista.

Por su parte, un 9.18% de la superficie de la cuenca, presenta una erosión moderada (de 10 a 50 t/ha/año), y estas áreas corresponden a las zonas agrícolas de ladera con pendiente que superan el 10% de inclinación, e incluso son áreas de pastizales que están sobrepastoreadas pero que se ubican en pendientes con menos del 10%. Y lo que preocupa es que estas parcelas se encuentran cerca de los cauces que conforman la red hidrográfica de la cuenca, por lo tanto, se integran de inmediato como sedimentos en el agua de escurrimiento y se transporta agua abajo.

En la cuenca se contabilizan 1,314.32 ha (5.81%) que presentan una erosión hídrica alta porque sobrepasan las 50 t/ha/año, aquí se ubican las zonas más degradadas de la cuenca y con presencia de cárcavas, además, de las áreas agrícolas que se cultivan en laderas sin manejo conservacionista y que tienen más del 20% de pendiente.

Es de suma importancia notar, que en la cuenca se contabilizaron 1,192.93 ha (5.27%) que están con erosión muy alta (mayor de 50 t/ha/año), y se trata de zonas deforestadas y degradadas, así como, de áreas agrícolas y de pastizales con presencia de cárcavas y sin manejo conservacionista.

1.2.2.2 LÍNEA BASE DEL RECURSO VEGETACIÓN

La idea central de realizar la línea base es proporcionar una representación de la vegetación en su estado actual, expresada en términos de unidades cartográficas homogéneas en cuanto a la estructura de la vegetación y sus especies dominantes. Previo a este proceso de caracterización vegetal, la metodología contempla una etapa de fotointerpretación, cuyo objetivo es identificar, mediante imágenes *google earth* las unidades cartográficas a ser caracterizadas desde el punto de vista vegetal. Posteriormente, la información cartográfica se traspa a fondos orotopográficos, con el objeto de efectuar el análisis y la representación final de ésta. En concordancia con el nivel de detalle requerido, el levantamiento cartográfico de la vegetación se realizó a una escala 1: 50.000.

Las principales etapas involucradas en la metodología cartográfica de la vegetación son las siguientes:

- Recopilación de antecedentes bibliográficos
- Fotointerpretación.
- Descripción de terreno.
- Clasificación de la vegetación.
- Elaboración de cartografía.

1.2.2.2.1 Recopilación de antecedentes bibliográficos

Se revisó la información publicada sobre vegetación de la región y en particular de la cuenca, de modo de obtener antecedentes que permitiesen reconocer, en una etapa preliminar, las principales formaciones vegetales del área de estudio y su distribución en la cuenca de la Presa El Gallinero.

1.2.2.2.2 Fotointerpretación

Los objetivos de esta etapa son definir y delimitar unidades homogéneas de vegetación a partir de la observación e interpretación de imágenes *google earth*. La fotointerpretación se basa en el uso de criterios de color, textura y distribución de patrones repetitivos en las imágenes, lo que permite definir y delimitar unidades homogéneas de vegetación.

1.2.2.2.3 Descripción del terreno

Durante julio y agosto de 2018 se realizaron dos jornadas de campo cuya finalidad fue caracterizar la vegetación, como también verificar o rectificar los límites de las unidades homogéneas de vegetación identificadas en gabinete. Para lo cual se estableció un muestreo dirigido abarcando todas las formaciones vegetales identificadas.

La metodología para describir la vegetación en terreno se basó en la estimación semicuantitativa de las siguientes variables para cada unidad vegetacional.

- Tipos biológicos (árboles, arbustos, herbáceas, suculentas);
- Cobertura de cada tipo biológico (muy denso, denso, poco denso, claro, muy claro, escaso y muy escaso);
- Altura de cada tipo biológico;
- Especies dominantes;

Las tres primeras variables permiten, mediante un método de simplificación, asignar a cada unidad cartográfica un nombre a la unidad vegetacional que corresponde a la formación vegetal (por ejemplo pastizal, bosque etc.). Las especies dominantes dan un contenido florístico a la descripción estructural. A continuación, se presentan las definiciones y criterios correspondientes a cada una de estos descriptores.

1.2.2.2.4 Tipos biológicos

Se definen los siguientes cuatro tipos biológicos, aun cuando en el área no se presentan la totalidad de ellos:

- Árboles
- Arbustos
- Herbáceas
- Suculentas

La distinción entre árboles y arbustos corresponde a un criterio de altura y arquitectura de desarrollo.

1.2.2.2.5 Clases de cobertura

Corresponde a la proporción de terreno que es ocupada por la proyección vertical de los tipos biológicos. Este criterio es un indicador de la abundancia de cada tipo, se expresa en porcentaje y permite caracterizar la estructura horizontal de la vegetación. Las categorías de cobertura se indican a continuación en el Cuadro 11:

Cuadro 11. Clases de cobertura de vegetación.

Clase de cobertura	Código	% de cobertura
Zona desnuda (área desprovista de vegetación)	0	<1

Clase de cobertura	Código	% de cobertura
Muy escasa	1	1-5
Escasa	2	5-10
Muy clara	3	10-25
Clara	4	25-50
Poco denso	5	50-75
Denso	6	75-90
Muy denso	7	90-100

Fuente: Etienne y Prado, 1982.

1.2.2.2.6 Clases de altura

Corresponde a una estimación de la estratificación vertical de la vegetación. Se expresa en metros y permite caracterizar la altura media de la formación vegetal. Las clases de altura, según tipo biológico, se indican a continuación:

Cuadro 12. Clases de altura para cada tipo biológico.

Árboles (m)	Arbustos (m)	Herbáceas (m)
---	<2	<2
---	2 - 4	---
4 - 8	---	---
8 - 15	---	---
>15	---	---

1.2.2.2.7 Especies dominantes

Son las especies que caracterizan los diferentes estratos de las unidades cartográficas. El número de especies dominantes por unidad cartográfica, para el caso del área de estudio varía entre una y cinco especies, según su nivel de participación en los doseles superiores.

1.2.2.2.8 Clasificación de la vegetación

Esta etapa permitió clasificar en Formaciones Vegetales la información de terreno (tipos biológicos, cobertura y altura) que caracteriza a cada Unidad Cartográfica.

1.2.2.2.8.1 Estado actual de la vegetación

Mediante imágenes de satélite de *Google Earth* se realizó la digitalización de la vegetación en la cuenca Presa El Gallinero, posteriormente se trabajó en el SIG Arc view para poligonizar y obtener finalmente la vegetación actual, adicionalmente se realizaron recorridos de campo en la cuenca para verificación de las diferentes coberturas vegetales.

Como primer paso se realiza la clasificación en tres grandes grupos: bosque, matorral y pasto combinado con zacatonal, en cada uno de los grupos se encuentra las diferentes subdivisiones como: bosque perturbado, con alguna práctica de conservación, en la Figura 21 se presenta de manera general el uso actual del uso de suelo y vegetación.

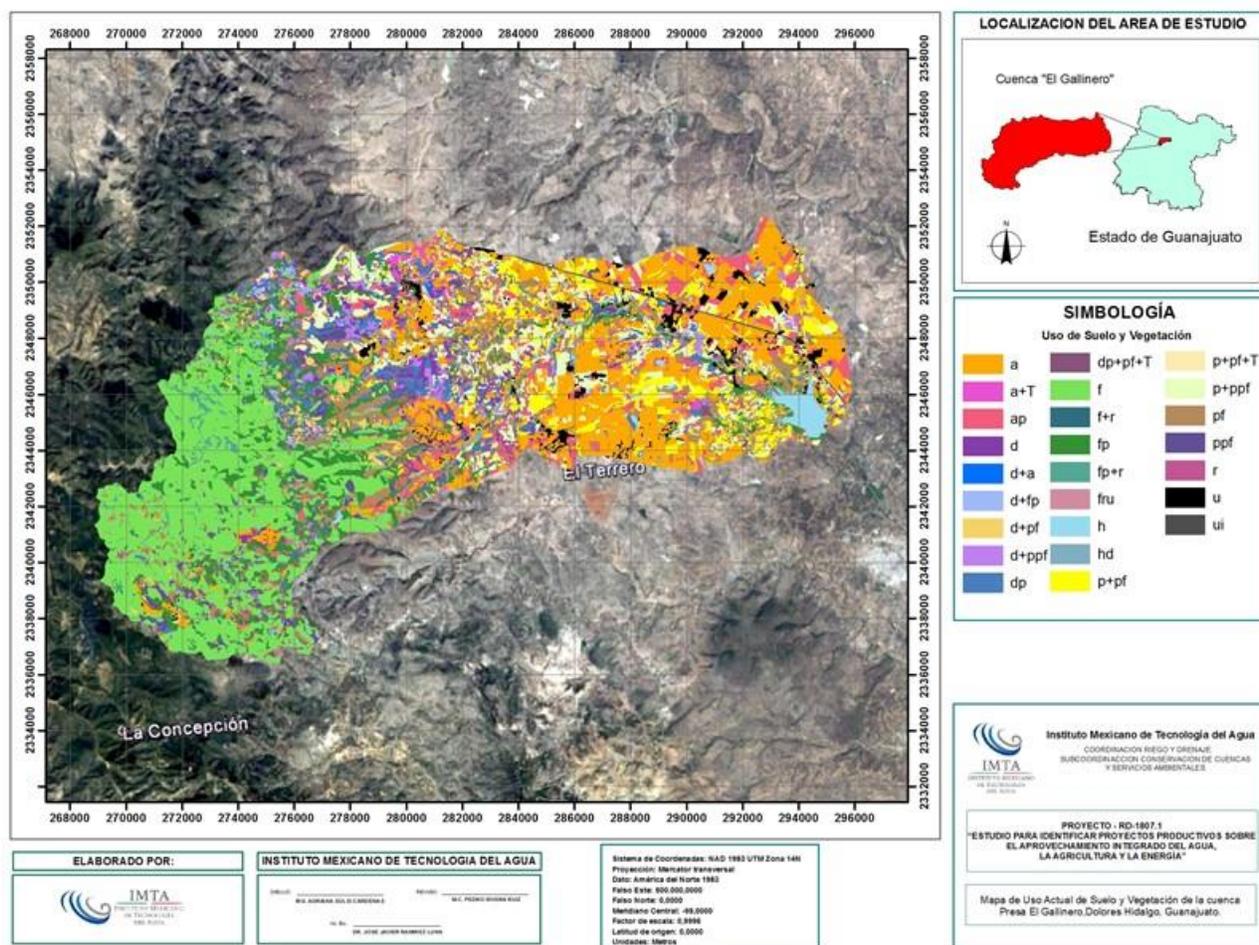


Figura 21. Uso actual del suelo y vegetación de cuenca Presa El Gallinero.

La zona con vegetación cubre una superficie de 3,379.00 ha, equivalente al 66.93% de la superficie total de la cuenca Presa El Gallinero. El principal tipo de vegetación actual en la cuenca corresponde al bosque representa el 32.13% del total del área con vegetación, le sigue en superficie pasto con matorral con el 14.10%, finalmente se encuentra vegetación con presencia de matorral: 11.71% (Cuadro 13).

Cuadro 13. Uso actual del suelo y vegetación de la cuenca Presa El Gallinero.

Clave	Uso de Suelo y Vegetación	Superficie	
		Ha	Porcentaje (%)
a	Agricultura	3,738.08	16.51
a+T	Agricultura, con terrazas o líneas a curva de nivel	81.77	0.36
ap	Agricultura en descanso, pasto o maleza	1,608.51	7.10
d	Suelo desnudo, tepetate o roca, sin vegetación	793.81	3.51
d+a	Agricultura con erosión severa	15.35	0.07
d+fp	Suelo desnudo o cárcavas con árboles	123.20	0.54
d+pf	Sin vegetación, con manchones de matorral	404.63	1.79
d+ppf	Sin vegetación, con pocos arbustos	596.13	2.63
dp	Sin vegetación, áreas con escasa vegetación herbácea	979.36	4.33
dp+pf+T	Área degradada con terrazas o líneas vegetativas	31.72	0.14
f	Forestal, bosque	5,031.19	22.22
f+r	Forestal + roca natural	9.88	0.04
fp	Forestal alterado con disturbio	2,120.16	9.36
fp+r	Forestal alterado + roca	113.84	0.50
fru	Frutal	10.95	0.05
h	Cuerpo de agua	339.62	1.50
hd	Cauce de río seco, sin vegetación	222.85	0.98
p+pf	Pasto con matorral	1,420.20	6.27
p+pf+T	Pasto + matorral + líneas a curva de nivel o terrazas	23.35	0.10
p+ppf	Pasto con matorral incipiente	1,749.70	7.73
pf	Matorral, vegetación densa, arbustos y árboles chicos	2,155.77	9.52
ppf	Matorral reciente	496.40	2.19
r	Roca natural	18.67	0.08
u	Zona urbana	462.44	2.04
ui	Infraestructura diversa	93.14	0.41
Total	Total	22,640.72	100.00

1.2.2.8.2 Subdivisión de la cuenca desde el punto de vista vegetativo

Vegetativamente se puede subdividir la cuenca en 3 áreas y éstas se presentan en la Figura 22.

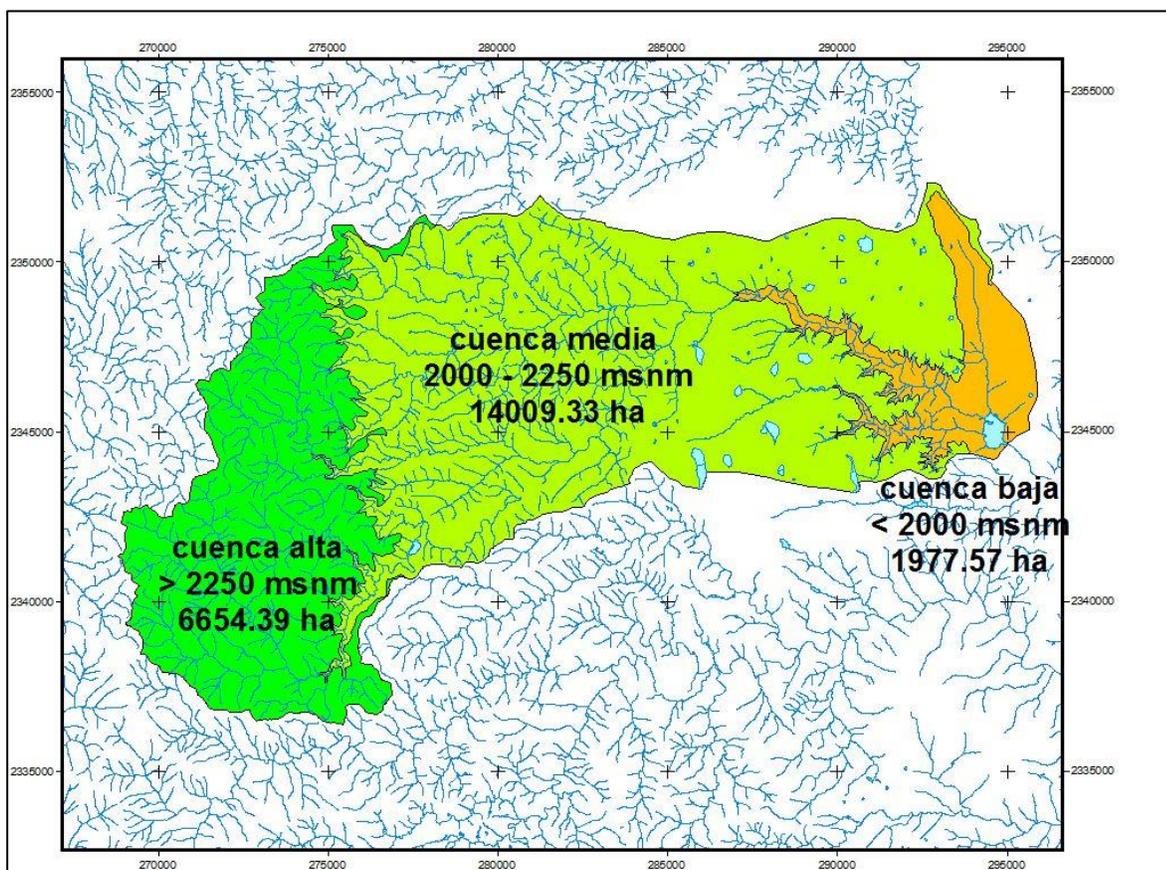


Figura 22. Subdivisión vegetativa de la cuenca Presa El Gallinero.

1.2.2.2.8.2.1 La cuenca alta

La cuenca alta abarca toda la parte que se ubica por arriba de los 2,250 msnm, y corresponde a la parte poniente de la cuenca. Comprende una franja de la ladera oriental de la sierra Santa Rosa. El punto más elevado de la cuenca se encuentra en el cerro El León con 2835 msnm en el extremo poniente de la cuenca. La característica de ésta área es la topografía escarpada, elevaciones mayores con profundas barrancas cubiertas con bosques de *Quercus sp.* (encino). Otras especies que se encuentran en la zona son *Buddleja cordata* (tepozán), el tejocote (*Crataegus mexicana*), *Garrya laurifolia*, *Arbutus gladiosa*, *Arbutus xalapensis*, *Alnus acuminata* y *Pinus cembroides* (pino piñonero). *Buddleja cordata* y *Crataegus mexicana* se encuentran en especial en la parte más baja de la cuenca alta, y en la zona de transición hacia la cuenca media, y en especial en áreas con disturbios mayores. *Alnus acuminata* se encuentra en las partes más húmedas generalmente en el fondo de las barrancas.

En la cuenca alta el clima es más húmedo que en el resto de la cuenca debido a que se presentan los niveles de precipitación más elevados. Durante el verano las masas de aire provenientes del este se elevan por la topografía induciéndose movimientos convectivos que hace que se generen precipitaciones de mayor cantidad con respecto a las demás zonas de la cuenca. Esto permite que se establezca el bosque de encino que es el ecosistema natural y hasta la fecha es la vegetación que domina en el área. Se nota que los árboles tienen mayores alturas y tienen una mayor composición florística. La precipitación en la estación Santa Rosa es de 862.2 mm/año y de 837.8 mm/año en la estación Ciénega de Negros, ambas estaciones se ubican en la parte alta de la

cuenca. Se nota la orografía escarpada con barrancas profundas cubiertas por bosques de encino (Figura 23 que al fondo se observa el cerro León).



Figura 23. Paisaje de la cuenca alta; sitio: al poniente de Piñones, vista hacia poniente; subcuenca (AA).

1.2.2.2.8.2.2 La cuenca media

La cuenca media se ubica en la franja entre la cota 2,000 msnm y 2,250 msnm. Abarca un 61.9 % de la superficie de la cuenca. El ecosistema natural que predomina está entre el matorral y selva baja caducifolia con huizaches (*Acacia sp.*), palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), y *Condalia velutina*, *Celtis pallida*, además existen una gran abundancia de xerófitas, como son *Opuntia sp.* (*O. streptocantha*, *O. quilanchi* entre otros), además especies de menor tamaño, como son *Mammillaria sp.*, *Agave sp.*, y otros. Como especie exótica y en población abundante se encuentra *Schinus molle* en toda el área. La estación climatológica de Cañada de González (No. 11008) con 608.5 mm/año es representativa para la parte media de la cuenca.

La foto de la Figura 24 muestra la parte alta de la cuenca media, fue tomada en La Puerta del Cerrote, en la parte baja de la subcuenca (BA) con vista hacia el oeste, Se ve al fondo la parte alta de la cuenca que es la sierra de Santa Rosa. Son frecuentes los bordos que se construyeron para captar el agua que es escasa en toda la cuenca media. Se ven barrancas con cubierta forestal y altiplanos con uso agrícola. También hay presencia de áreas completamente erosionadas debido al sobrepastoreo y al desarrollo de la agricultura sin prácticas de conservación. Enfrente de la fot hay algunos individuos de *Buddleja cordata* creciendo en el área degradada que rodea la represa o bordo.



Figura 24. Paisaje de la cuenca media, vista hacia poniente; sitio: La Puerta del Cerrote, subcuenca (BA)

La foto de la Figura 25 fue tomada en el mismo sitio que la anterior (en Puerta del Cerrote en la parte baja de la subcuenca (BA), pero con vista hacia el oriente y muestra la vista hacia abajo. También aquí se observan los altiplanos con uso agrícola o completamente erosionados, interrumpidos por valles más anchos con vegas de ríos que forman valles con suelos aluviales muy fértiles donde existe agricultura permanente con altos rendimientos. Entre los altiplanos y los valles existen laderas cortas pero con pendientes muy fuertes que tienen cobertura vegetal muy variada, desde matorrales naturales casi sin disturbio hasta cárcavas relativamente angostas y áreas mayores de laderas completamente erosionadas de formas ininterrumpidas.



Figura 25. Paisaje de la cuenca media, vista hacia oriente, Sitio: La Puerta del Cerrote, subcuenca (BA) con vista hacia la subcuenca (BC) al fondo

1.2.2.2.8.2.3 La cuenca baja

Comprende la parte más baja de la cuenca que está por debajo de la cota 2,000 msnm, y está cerca de la presa de El Gallinero y se ubica en el extremo oriente de la cuenca. El total de la superficie que comprende es el 8.7 % del total de la cuenca. También existen las mismas especies vegetativas que en la parte media, pero existe una mayor cantidad de especies, sumándose el *Prosopis sp.*

(*Prosopis juliflora* y *Prosopis laevigata*) y como especies xerófitas el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) y la cholla (*Cylindropuntia* sp.) (Figura 26). La característica resaltante es precisamente la presencia de estas especies enigmáticas en esta zona, los cuales en las otras partes de la cuenca están ausentes. La topografía es similar que en la parte media de la cuenca, en la parte sur los altiplanos se acortan ya que las barrancas se van uniendo hasta llegar a la presa, la cual se ubica en el extremo sureste, mientras que en la parte noreste existe una amplia superficie de altiplano con uso agrícola y pecuario intensivo. La precipitación en esta zona es más baja que en el resto de la cuenca y la lluvia oscila por los 500 mm/año (más al este en Dolores Hidalgo la estación climatológica No. 11017 reporta únicamente 455.7 mm/año).

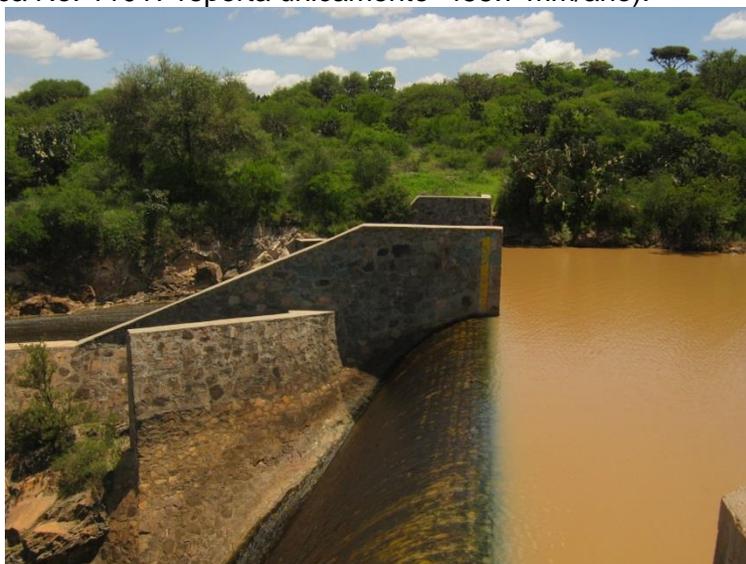


Figura 26. Salida de la presa El Gallinero y aspecto del matorral en esta zona; subcuenca (CD).

En el Cuadro 14 se presenta la distribución de superficie de las zonas vegetativas que conforman la cuenca Presa El Gallinero.

Cuadro 14. Distribución de la zonificación vegetativa de la cuenca Presa El Gallinero.

Zona	altura (msnm)	Superficie	
		Ha	%
(1) cuenca alta	2250-2835	6,654.69	29.4
(2) cuenca media	2000-2250	14,008.53	61.9
(3) cuenca baja	1950-2000	1,977.50	8.7
Total		22,640.72	100.0

En los siguientes se describen los ecosistemas actuales, y se da referencia a las diferentes especies vegetativa que conforman a la parte alta, media o baja de la cuenca.

1.2.2.2.8.2.4 Descripción detallada de los tipos de vegetación y ecosistemas

(a) - Agricultura

En la cuenca existen un total de 3,738.08 ha de agricultura, + 81.77 ha de agricultura protegida en terrazas a curva de nivel o con líneas vegetativas permanentes a curva de nivel (a+T), que son 3,819.84 ha o 16.87 % de la superficie total. Por lo general se siembra maíz, maíz con calabaza, maíz con frijol y frijol, todo de temporal, muy pocos productores cultivan chile asociado con el maíz.

La producción agrícola generalmente se destina para autoconsumo, y muy poca cosecha se llega a comercializar. Algunos usan riego en forma espontánea y obtienen el agua a través de pozos (en los valles intermontañosos de los cauces) y a través de algunas represas o bordos. La agricultura se lleva al cabo en las partes más planas en todas las áreas de la cuenca.

Se desarrolla la agricultura en la cuenca alta en áreas muy reducidas donde existen valles intermontañosos; en la cuenca media existen más valles intermontañosos donde la agricultura se desarrolla, además también existen amplias áreas de altiplanos entre las barrancas. En esas zonas la agricultura es de muy bajo rendimiento debido a que las precipitaciones son escasas e irregulares. En la parte baja existen también algunos valles intermontañosos donde se lleva al cabo agricultura, además también de una amplia zona de altiplano en el noreste de la cuenca (Figuras 27, 28 y 29).



Figura 27. Agricultura en ladera suave con surcado en favor de la pendiente. Sitio: al oeste de Puerta del Cerrote



Figura 28. Agricultura con maíz en el valle intermontañoso; Sitio: en el centro de Puerta del Cerrote



Figura 29. Agricultura en ladera con surcado a curva de nivel; Sitio: al noreste de Zamarripa

(ap)- Agricultura en descanso, pasto o maleza

Es parecida a la agricultura (a) si se observa desde el punto de vista de observación de la fotografía aérea en *google earth*. La característica es la ausencia de malezas mayores, arbustos y árboles. La diferencia con las parcelas definitivamente agrícolas es la ausencia de huellas de una labranza y de surcos. Buena parte de estas áreas es agricultura en descanso. Muchas de estas áreas son pastizales inducidos. En toda la cuenca, como pasto existen las siguientes especies: *Bouteloa gracilis*, *Muhlenbergia rigida*, *Lycurus sp.* La vegetación es herbácea con densidades muy variables, dependiendo de la intensidad del pastoreo por lo que se presentan diferentes niveles de sobrepastoreo, además hay agricultura en descanso y praderas permanentes (Figura 30). Esta unidad cuenta con 1,608.51 ha, que es el 7.10 % de la superficie total.



Figura 30. Parcela agrícola en descanso o pradera en un altiplano al norte de Refugio de Trancas

(fru) - Frutal

Muchas áreas frutícolas están dentro de las áreas urbanas, existen muy pocas áreas fuera de éstas, se contabilizaron únicamente 10.95 ha. Como cultivos arbóreos en la cuenca existe el nogal (*Juglans regia*), durazno (*Prunus persica*) y aguacate (*Persea americana*), por lo general todos con riego de auxilio. En la parte alta y media de la cuenca se cultivan también *Pinus cembroides* para aprovechamiento de la semilla del piñón. En la parte baja de la cuenca puede haber también guayaba (*Psidium guajava*) y diversos cítricos, como son limones y naranjas (*Citrus sp.*).



Figura 31. Cultivo de *Pinus cembroides* para producción de piñón. Sitio: al noroeste de Zamarripa, en la Subcuenca (BB)

(ppf) - Matorral reciente

Es un matorral reciente que se desarrolla en áreas abandonadas que crece de forma natural. Inicia el desarrollo de individuos arbustivos y de xerófitos, abundan especies pioneras, como son *Dodonaea viscosa*, además arbustos como los que se encuentran en la cuenca alta *Arctostaphylos pungens* y *Baccharis conferta*, en la parte media y baja existe *Opuntia sp.* (*Opuntia streptocantha* y *O. quilanchi*), *Agavae sp.*, *Mammillaria sp.*, *Dodonaea viscosa.*, *Arctostaphylos pungens* (cuenca alta y media alta), *Mimosa biuncífera*, *Jatropha dioica*, *Asclepiasis linaria*, *Dalea bicolor*, además de individuos menores jóvenes de *Acacia sp.* y *Eysenhardtia sp.* Dominan todavía las especies herbáceas. Pueden llegar a tener una densidad vegetativa mayor, y se estima como promedio un factor $C = 0.0110$. En forma total se consideran 496.40 ha combinada con pastizales (**p+ppf**) con un factor $C = 0.0529$ se suman otras 1,749.70 ha, lo cual en conjunto hace un total de 2,246.10 ha (9.92%). Como xerófitas están *Opuntia sp.* y *Agavae sp.*, y en la cuenca baja también se encuentra *Cylindropuntia sp.*, y *Myrtillocactus geoetizans*.

En la foto de la Figura 32, se observa en una ladera un área erosionada, sin vegetación aparente, casi sin suelo, en plena recuperación natural, donde ya se presentan algunas especies menores pioneras de *Dodonaea viscosa* de bajo crecimiento y baja densidad. Existen algunos arbustos mayores aislados de *Arctostaphylos pungens* (en la foto a la izquierda, la foto fue tomada en la parte alta de la subcuenca (BB) al poniente del poblado Zamarripa).



Figura 32. Matorral reciente en área desnuda (dp+ppf) en la cuenca alta,

En la Figura 33 se observa también la presencia de *Dodonaea viscosa*, y *Arctostaphylos pungens* como arbustos pioneros, además de *Dasyilirion sp.*, y algunos pastos. Sitio de la toma de la foto es al poniente de Zamarripa, en la parte baja de la subcuenca (BB).



Figura 33. (ppf)- matorral chaparro reciente de baja densidad; en la cuenca media

En la Figura 34 se observa alta densidad de pasto con *Opuntia streptocantha* y *Mimosa biuncifera*. Es vegetación que se ha desarrollado en forma espontánea en condición de muy baja intensidad de pastoreo. La foto fue tomada en las cercanías de Refugio de Trancas en la subcuenca (CC).



Figura 34. (ppf) matorral chaparro reciente de alta densidad sobre suelo no erosionado en la cuenca media

En la Figura 35 se observa un área que antiguamente era agrícola que ahora tiene uso pecuario intenso con vegetación espontánea de *Opuntia streptocantha* y *Acacia farnesiana* de muy baja densidad. Sitio de la toma: En el altiplano al noreste de Refugio de trancas, en la subcuenca (CC).



Figura 35. (p+ppf)- pastizal con matorral espontanea de nopales y acacias. Sitio: Refugio de Trancas, subcuenca (CC).

(pf) – Matorral, vegetación densa, arbustos y árboles chicos

Se trata del ecosistema natural dominante de la cuenca media y baja, se presenta en las partes más áridas de los altiplanos y en las laderas de las barrancas y alejado de los valles de los cauces. Dominan los árboles bajos y arbustos como son los huizaches *Acacia schaffnerii*, *Acacia farnesiana*, también *Eysenhardtia polystachya* (palo dulce), *Buddleja cordata* (tepozán), *Celtis pallida*, *Condalia vellutina*, *Schinus molle*, *Arctostaphylos pungens* (cuenca alta y media alta), y especies menores, como son *Mimosa biuncífera*, *Jatropha dioica*, *Asclepias linaria*, *Dalea bicolor*. Hay presencia de

diversos xerófitas como en toda la cuenca de *Opuntia* sp. (*Opuntia streptocantha*, *O. quilanchi*) (nopales), también *Agave* sp., y en la cuenca baja *Cylindropuntia* sp., y *Myrtillocactus geometrizans*, *Ferrocactus* sp. (biznaga), *Mammillaria* sp. (biznaga), además también éstas especies se encuentran en la parte media de la cuenca (Figuras 36 y 37).



Figura 36. (pf) matorral denso en la cuenca media: con *Acacia* sp. y *Opuntia streptocantha*, al fondo *Schinus molle*. Sitio: Puerta de Cerrote, parte baja de la subcuenca (BA).



Figura 37. (p+pf) pasto con matorral en cuenca media: con *Eysenhardtia polystachya* y *Opuntia streptocantha*. Sitio: Puerta de Cerrote, parte baja de la subcuenca (BA)

En la parte baja también se encuentran árboles de *Prosopis juliflora* y *Prosopis laevigata* (mezquite).

En los claros de la cuenca alta debido a deforestaciones, también puede desarrollarse algún matorral y dominan las especies arbustivos de: *Actostaphylos pungens*, *Baccharis conferta*, *Baccharis salicifolia*, *Baccharis heterophylla*, además árboles de tamaño menor de *Quercus* sp., *Crataegus mexicana*, *Arbutus gladulosa*, *Arbutus xalapensis* y *Buddleja cordata* (Figura 38).



Figura 38. (p+pf) Pequeño matorral en cuenca alta con pasto, rodeado por bosques de encino: Aquí el matorral se compone de *Arbutus xalapensis*.

En la Figura 38 se observan especies de *Arctostaphylos pungens*, *Buddleja cordata*, *Crataegus mexicana* y *Baccharis heterophylla* en áreas degradadas que se están recuperando para formar matorrales. Sitio de la toma: cerca de Picones, al sur de la subcuenca (AA) en la cuenca (A),

El factor C para esta unidad de vegetación es de 0.0090, y combinado con pastizales (p+pf) tiene un valor promedio de factor C = 0.0251. La superficie es de 2,155.77 ha y combinado con pastizales que son 1,443.54 ha da un total de 3,599.31 ha que corresponde a 15.79% de toda la cuenca.

En la Figura 39 se observa la presencia de *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo), además de *Eysenhardtia polystachya*, *Agave sp.* y *Opuntia streptocantha*, los cuales están presentes también en la cuenca media. Sitio de la toma en las inmediaciones a la cortina de la presa El Gallinero.



Figura 39. (pf) matorral en la parte baja de la cuenca conformado por Garambullo.

(d) – Suelo desnudo, tepetate o roca, sin vegetación

En este ecosistema vegetativo la característica más importante es la ausencia de una cubierta vegetal. Son 793.8 ha (3.51 %) del total de la cuenca. Puede existir algo de subsuelo, tepetate o roca al descubierto (Figura 40).



Figura 40. Área completamente erosionada; sitio: cuenca media, subcuenca (BB) al poniente de Zamarripa

Si existe algo de suelo en la superficie, éste está expuesto a una tasa de erosión muy elevada. Tienen un factor $C = 1.0000$ ya que no existe cobertura vegetal que puede inhibir la erosión.

Existen áreas completamente erosionadas en todas las regiones de la cuenca, pero hay más superficies en las subcuencas (BA), (BB) y (AD) que es al centro de la cuenca Presa El Gallinero (lo que es la región pie de monte).

En la Figura 41 se muestra en la cuenca media que debido a la sobreexplotación de los recursos y la falta de prácticas de conservación se ha propiciado la degradación de la vegetación y por supuesto la erosión de los suelos. Es una zona productora de sedimentos para la presa El Gallinero. Las prácticas que han degradado los recursos suelo y vegetación son principalmente la combinación del sobrepastoreo con las quemas inducidas durante la temporada seca.



Figura 41. Paisaje donde abundan las áreas sin cobertura vegetal. Sitio de la toma: subcuenca (AD) entre Laborcillo de Arriba y El Ciprés.

(dp) – Sin vegetación, áreas con escasa vegetación herbácea

Es la combinación entre (ap) = agricultura en descanso o pradera y (d)= área sin vegetación. Son áreas severamente afectadas por el sobrepastoreo lo que provoca que se presente la erosión hídrica del suelo. Tiene escasa cobertura vegetal, abundan las áreas sin vegetación en el suelo desnudo, pero también se encuentran áreas intercaladas con áreas con vegetación herbácea pero se trata de pequeñas zonas con pastos en baja densidad (Figura 42).

Puede existir también especies arbustivas pioneras que crecen en las condiciones adversas donde prácticamente no hay suelo como el caso de la especie *Dodonaea viscosa*. Es por esas condiciones que se dificulta determinar el valor de factor C, aunado a la escasez de la precipitación durante la mayor parte del año se estima un valor del factor C = 0.7450. La superficie de esta unidad es de 979.36 ha (4.33 %).



Figura 42. (dp) suelo sin cobertura intercalado con áreas de maleza o pasto. Sitio: al poniente de Puerta de Cerrote, subcuenca (BA).

(d+ppf) – Sin vegetación con pocos arbustos

Se trata de vegetación que se conforma de hierbas, xerófitas y arbustos menores pioneros que se adaptan a las condiciones de ausencia de suelo como *Dodonaea viscosa* (Figura 43), algunas *Opuntia sp.*, con diferentes variedades de nopales en toda la cuenca y también se presentan en la zona baja alrededor de la presa. También puede haber algunos individuos de *Agavae sp.* La superficie de esa unidad es de 596.13 ha, que son 2.63 % de la superficie total de la cuenca. El valor de factor C = 0.7309.



Figura 43. (d+ppf): matorral incimiente sobre suelo sin vegetación con *Dodonaea viscosa*.

La vegetación con clave **(d+pf)** son áreas sin vegetación con escasa cobertura vegetal que incluyen herbáceas y arbustos pioneros de la zona de especies mencionadas anteriormente. Muy similar que (d+ppf) pero más fácil de restaurar por la presencia de algunos áreas con vegetación herbácea y superficies sin cobertura vegetal menor, y se le asigna un valor de factor C = 0.6459, que es un valor ligeramente inferior que (d+ppf).

Tanto en la cuenca alta, como en la media y baja se observan en sitios sin vegetación el desarrollo del matorral de *Dodonaea viscosa* como en la foto de la Figura 43. También se encuentran plantas pioneras arbustivas como de *Buddleja cordata* y *Arctostaphylos pungens* (que se encuentran en toda la cuenca), *Mimosa sp.*, *Acacia sp.* y *Eysenhardtia polystachya* (que se encuentran en la cuenca media y baja) y *Baccharis heterophylla* (se encuentra en la cuenca alta), además de xerófitas de las especies de *Agave sp.*, *Dasyllirion sp.* y *Opuntia streptocantha* (cuenca media y baja). Se ha observado también en la cuenca media *Encelia farinosa* en un sitio muy degradado cerca de Puerta de Cerrote.

(d+pf) – Sin vegetación, con manchones de matorral

En estas áreas se forman islas con suelo y vegetación, y están rodeados por áreas de tepetate o se ubican entre cárcavas. Los arbustos y xerófitas retienen el suelo y favorecen el desarrollo de la vegetación, por su parte en las áreas intercaladas donde no hay vegetación se propicia que se erosione el suelo (Figura 44). En la cuenca alta y media se encuentra vegetación de *Quercus sp.*, *Crataegus sp.* y *Buddleja cordata*, además de arbustos de *Baccharis sp.*, *Arctostaphylos pungens* entre otra (Figura 45). En la parte media y baja se encuentra *Acacia schaffnerii* y *Acacia farnesiana*, *Schinus molle*, *Eysenhardtia polystachya*, *Celtis pallida* (granjena); además *Opuntia sp.*; además en la parte baja también se encuentra *Prosopis juliflora* y *Prosopis laevigata*. A este tipo de vegetación se le asigna un valor de factor C = 0.6318.



Figura 44. (d+pf)- matorral arbustivo intercalado con suelo desnudo. Sitio: Puerto de Cerrote, subcuenca (BA)



Figura 45. (d+fp)- bosque de encino con suelos desnudo. Sitio: Puerto Blanco, cerca de Picones, al sur de la subcuenca (AA).

Áreas con degradación grave

El conjunto de todas las áreas degradadas y que no cuenta con cubierta vegetal o intercalados con diversas unidades vegetativas suman un total de 2,944.21 ha que corresponde al 13.00 % de la superficie total de la cuenca, y corresponde a las vegetaciones que se clasificaron con las claves: d, d+a, d+fp, d+pf, d+ppf, dp y dp+pf+T.

En todas las variantes que considera la presencia de algo de vegetación en combinación con el suelo desnudo o degradado, es importante entender la dinámica de desarrollo del sitio, ya que se puede tratar de un sitio que estuvo degradado pero que ahora se encuentra en plena recuperación, sobre todo por el crecimiento de plantas pioneras de la región; pero también puede ser que se trate de un sitio en proceso de degradación debido al intenso sobrepastoreo combinado con incendios provocados que han afectado la cobertura vegetal.

En la Figura 46 se observa que por la combinación de factores como la fuerte pendiente, el sobrepastoreo y pisoteo de ganado, además de los incendios provocados durante la época seca y la sobreexplotación de árboles, en la ladera se está formando una cárcava. Al fondo se ve un matorral denso de *Eysenhardtia polystachya*. Sitio de la toma: En Puerto de Cerrote, subcuenca (BA).



Figura 46. (d+pf) Sitio en plena degradación.

En la Figura 47 se presenta el bordo de una represa donde se observa el crecimiento de plantas pioneras de la región de pastos y arbustos de las especies de *Eysenhardtia polystachya*, *Buddleja cordata* y poco de *Dodonaea viscosa*. Si se realiza la exclusión de ganado en la zona se propicia la protección y es probable que se llegue a cubrir por un matorral secundario denso.



Figura 47. (d+ppf) Sitio en recuperación con poca vegetación (arbustos)

(f) – Forestal, bosque

Es el ecosistema de vegetación dominante de la cuenca alta, pero también se presenta en los valles intermontañosos a lo largo de los cauces principales en la cuenca media y baja donde todavía hay algunos relictos, en especial cerca de la presa.

Bosques de la cuenca alta (arriba de la cota 2,250 msnm): Dominan los bosques de encino (*Quercus* sp.) Según un estudio específicamente hecho para la sierra Santa Rosa, la cual forma el parteagua suroeste de la cuenca, la composición florística de la masa forestal es la siguiente:

Según Martínez, Téllez e Ibarra, 2009, en la Sierra Santa Rosa se presentan las siguientes asociaciones en los bosques de encino:

a) Bosque de *Quercus coccolobifolia*

Condiciones ambientales: Altura: 2,000- 2,600 msnm, elevada exposición solar, presencia de afloración rocosa, hay pocos sitios, la distribución es restringida. Otras especies asociados son las siguientes:

Especies arbóreas: Quercus coccolobifolia (dominante), *Quercus potosino*, *Quercus eduardii* (muy poco), *Arbutus glandulosa* (abundancia relativa), *Arbutus xalapensis*, *Pinus cembroides* (abundancia relativa).

Especies arbustivas: Arcostaphylos pungens, *Ageratina glabrata*, *Comarostaphylis polifolia*, *Comarostaphylis glaucensis*, *Rhamnus microphylla*, *Stevia lucida*.

b) Bosque de *Quercos laurina- Q. rugosa*

Condiciones ambientales: altura: 2,500 – 2,750 msnm, zona más alta y más húmeda; árboles más altos, en pendientes escarpadas.

Especies asociadas arbóreas: Quercus laurina (dominante), *Q. rugosa* (dominante), *Garrya laurifolia* (cerca de cauces), *Arbutus glandulosa*, *Buddleja cordata* (muy poco),

Especies asociadas arbustivas: Ageratina sp., *Cestrum anagyris*, *Cornus excelsa*, *Ilex dugesii* (cerca de cauces), *Roldana angulifolia*, *Stevia lucida*.

c) Bosque de *Quercus potosino- Q. castanea*

Condiciones ambientales: altura 2300 – 2600 msnm, tiene mayor distribución en la Sierra de Santa Rosa, es el ecosistema con mayor diversificación en especies.

Especies asociadas arbóreas: Quercus potosino (dominante), *Q. castanea* (abundante), *Q. laurina*, *Q. rugosa*, *Q. sideroxylo*, *Q. coccolobifolia* (muy poco), *Q. laeta* (muy poco), *Arbutus glandulosa*, *Arbutus xalapensis* (muy poco), *Buddleia cordata* (muy poco), *Prunus serótina*, *Crataegus mexicana*, *Alnus acuminata*.

Especies asociadas arbustivas: Ageratina glabrata, *A. petiolaris*, *Arctostaphylos pungens*, *Baccharis heterophylla*, *Cestrum anagyris*, *Cornus excelsa*, *Ilex dugesii* (cerca de cauces), *Roldana angulifolia*, *Rhamnus microphylla*, *Stevia lucida*, *Stevia salcilifolia*, *Amelanchier denticulata*, *Cornus excelsa*, *Dodonaea viscosa*, *Harvardia elachystophylla*, *Salvia mexicana*.

d) Bosque de *Quercus potosina- Q. eduardii*

Condiciones ambientales: Altura: entre 2,400 a 2,500 msnm en franjas, sobre pendientes escarpadas.

Especies asociadas arbóreas: Quercus potosino (dominante), Q. eduardii (abundante), Q. coccolobifolia (muy poco), Q. castanea, Q. sideroxylo, Arbutus glandulosa.

Especies asociadas arbustivas: Ageratina glabrata, Arctostaphylos pungens, Baccharis heterophylla, Stevia salciliifolia.

En toda la cuenca alta también hay presencia de *Quercus magnolifolia* (Figura 48), *Quercus crassipes*, *Crataegus mexicana*, *Alnus acuminata* y *Buddleja cordata*.



Figura 48. Bosque denso de *Quercus magnolifolia* Nee; sitio: ladera al suroeste de Picones, subcuenca (AA)

Los bosques que no tienen fuertes disturbios, se cuantifican en 4,988.256 ha un 22.03 % de la superficie total de la cuenca. Se concentran en la parte alta de la cuenca y en las subcuencas (AA) y (AC) y en forma significativa también en la parte alta de la subcuenca (AB) y en una franja angosta del parteagua al poniente de las subcuencas (BA) y (BB).

Debido al ambiente húmedo algunos árboles llegan a tener más de 30 m de altura (Figura 49); además de *Quercus sp.*, también hay presencia de *Alnus acuminata*.



Figura 49. Bosque de varias especies de *Quercus sp.* sitio: fondo de barranca al oeste de Picones

(fp) - Forestal alterado con disturbio

En estas áreas se encuentran las mismas especies que se presentan en los bosques, solo que el ecosistema ya se ha alterado debido al sobrepastoreo y a las deforestaciones y aprovechamiento de los árboles para madera, leña o carbón. También se puede tratar de área que se deforestaron y que se encuentra en plena recuperación.

Está presente en la cuenca alta, en la zona de transición entre la cuenca alta y la cuenca media, en la cuenca media y baja, sobre todo en las partes más húmedas a lo largo de los cauces en los valles intermontañosos, aunque se trata de áreas muy reducidas; también se encuentran en la cercanía del vaso de la presa del Gallinero debido al contenido de humedad generada por el embalse. Los bosques alterados ocupan 2,234.00 ha que son 9.87% de la superficie total de la cuenca.

En la Figura 50 se observa que la población realizó extracción de madera en exceso, y a veces probablemente también por los incendios se inhibe el desarrollo de renuevo natural. Hay demasiados espacios abiertos y se presenta el proceso erosivo por falta de cubierta vegetal, además, de que está ausente la hojarasca en la superficie del suelo.



Figura 50. Bosque alterado en proceso de degradación.

Todos los bosques:

La suma de los bosques alterados con los bosques naturales sin disturbio representan 7,275.08 ha, que son 32.13% de la superficie total de la cuenca, lo que equivale a casi un tercio del total, y coincide en su ubicación con el tercio superior de la cuenca donde el ecosistema es el natural, además de que también se encuentra en el fondo de las barrancas y valles intermontañosos de la cuenca media y baja, donde alguna vez también fue la vegetación original, pero con la excepción de márgenes de los ríos angostos que han ido desapareciendo.

En la cuenca alta los bosques se conforman de *Quercus sp.*, con poca población de *Crataegus sp.*, *Alnus sp.*, y *Arbutus sp.* En las valles intermontañosos de la cuenca media y baja, los bosques son de *Alnus sp.*, y *Salix sp.*, con árboles de mayor altura también de *Acacia sp.*, y en la cuenca baja también se encuentra *Prosopis sp.* y *Schinus molle*.

(r) - Roca natural

Son afloraciones rocosas naturales en la cuenca alta, dentro de la zona de bosques de encino (Figura 51).



Figura 51. Formación rocosa natural, sitio: al poniente de Picones, subcuenca (AA).

(h) - cuerpo de agua

En esta unidad se consideran bordos, presas, represas y cauces (Figura 52).



Figura 52. Cuerpo de agua, sitio: bordo Tortugas en Estancia de Zamarripa.

(hd) - Cauce de río seco, sin vegetación

Son las áreas cercanas a los cauces que no tienen vegetación, lo anterior debido a que durante o después de los eventos de precipitación los cuales generan escurrimientos, éstos provocan que se inhiba el desarrollo de vegetación a las orillas ya que el suelo es arrasado por el mismo flujo de agua o incluso el depósito de azolves en las orillas provocan que no se desarrolle la vegetación, aunque muchas de las veces se trata de rocas. En esta unidad también se consideran las partes secas de los vasos de represas y presas que no tienen cobertura vegetal.

En la Figura 53 se presenta una sección de un cauce típica de la cuenca, en este caso se trata del cauce del arroyo La Tortuga en la subcuenca (BB), se observa que en el centro del cauce escurre agua a un gasto pequeño, pero en las cercanías del cauce no se desarrolla la vegetación porque cuando suceden eventos de escurrimientos mayores se arrastra la vegetación y con ello el suelo, e incluso hay afloramiento de roca donde no prolifera la vegetación. Durante la temporada de sequía el cauce está prácticamente seco, lo cual ocurre por lo general desde fines de noviembre hasta principio de mayo.



Figura 53. *(hd) - Zona de ribera de cauce sin vegetación.*

(u) – Zona urbana

En esta unidad se consideran las zonas urbanas, las casas y en general las poblaciones. También se consideran las instalaciones construidas para fines industriales o establos para la producción intensiva de animales, además también de los invernaderos (Figura 54).



Figura 54. (u) - Zona urbana en la cuenca Presa El Gallinero, sitio: comunidad El Tecolote.

(ui) – Infraestructura diversa

Dentro de esta unidad se consideran los caminos de terracería amplios y carreteras que abarcan superficies significativas (Figura 55). También se considera algunos bordos o diques en esta unidad.



Figura 55. (ui) – Camino de terracería en la comunidad Refugio de Trancas.

1.2.2.3 LINEA BASE DEL RECURSO AGUA

La Línea Base permite desarrollar un marco de referencia o punto de partida para evaluar a posteriori el impacto producido por actividades, en su mayoría antrópicas, en un recurso natural, y en el fundamento del diagnóstico ambiental de una cuenca. En el contexto del presente apartado la Línea Base se refiere a la información sobre el recurso agua ya que se identifica la necesidad de enfocar el estado actual del recurso en relación con la producción de agua y su contenido de sedimentos, así como, con lo referente a la calidad del agua que se haría mediante programas de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos.

1.2.2.3.1 Cuantificación de la producción de agua y contenido de sedimentos

En la subcuenca no existe infraestructura de medición de escurrimientos y mucho menos de sedimentos. Por lo tanto, para conocer el estado actual del recurso agua con respecto a este indicador se parte de la base de hacer una estimación con el apoyo de metodologías aprobadas y aplicadas para cuencas que no están aforadas, y que el caso sería mediante la utilización de estimar los escurrimientos con el método del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) y para la producción de sedimentos con la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelos Modificada (MUSLE).

Se da el nombre genérico de producción de sedimentos a las partículas procedentes de las rocas o suelos y que son acarreadas por las aguas que escurren. Todos estos materiales, después de cierto acarreo finalmente son depositados a lo largo de los propios cauces, en lagos, en presas de almacenamiento, en la planicie y hasta el mar.

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada (EUPSM) se describe mediante la siguiente expresión:

$$Y = 11.8(Q * qp)^{0.56} K * LS * C * P$$

Dónde:

Y = Sedimentos aportados a una sección del cauce para una tormenta determinada sobre la cuenca (t/ha)

Q = Escurrimiento medio (m³)

qp = Escurrimiento máximo (m³/sg)

K = Erosionabilidad del suelo (t ha hr/Mj mm ha)

L = Longitud de la pendiente (adimensional)

S = Grado de la pendiente (adimensional)

C = Cobertura vegetal (adimensional)

P = Prácticas mecánicas de control de la erosión adimensional)

El cálculo de los escurrimientos superficiales se considera para dos objetivos:

- 1) el escurrimiento medio, para estimar el volumen de agua por almacenar o retener, y
- 2) los escurrimientos máximos instantáneos para el diseño de obras de conservación.

1.2.2.3.1.1 Escurrimiento medio

Para calcular el escurrimiento medio en cuencas pequeñas o áreas de drenaje reducidas, es necesario conocer el valor de la precipitación media, el área de drenaje y su coeficiente de escurrimiento. La fórmula a utilizar sería la siguiente:

$$V_m = C P_m$$

Donde:

V_m = Volumen medio que puede escurrir (m^3)

A = Área de la cuenca (ha)

C = Coeficiente de escurrimiento (adimensional)

P_m = Precipitación media (mm)

Para aplicar esta fórmula, es indispensable determinar cada uno de los factores que en ella intervienen.

Primeramente se requiere determinar el coeficiente de escurrimiento que se refiere a la fracción de la precipitación que se convierte en escurrimiento en una cuenca y que depende de diversos factores como es el uso de suelo y pendiente, de la textura del suelo y del uso de suelo. En el Cuadro 15 se presentan los valores de coeficiente de escurrimiento de acuerdo a la combinación de cada uno de los factores.

Cuadro 15. Valores de Coeficiente de Escurrimiento (C).

Uso de suelo y pendiente	Textura		
	Gruesa	Media	Fina
Bosque			
Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (5-10% pendiente)	0.25	0.35	0.50
Escarpado (11-30% pendiente)	0.30	0.50	0.60
Pastizales			

Uso de suelo y pendiente	Textura		
	Gruesa	Media	Fina
Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (5-10% pendiente)	0.16	0.36	0.55
Escarpado (10-30% pendiente)	0.22	0.42	0.60
Terrenos cultivados			
Plano (0-5% pendiente)	0.30	0.50	0.60
Ondulado (5-10% pendiente)	0.40	0.60	0.70
Escarpado (10-30% pendiente)	0.52	0.72	0.82

Además se requiere de la siguiente información:

- Para obtener el área de drenaje se realiza por medio de cartas topográficas, fotografías aéreas o por un levantamiento directo en el campo, o en su caso por medio de la digitalización utilizando las curvas de nivel y delimitando la cuenca en un SIG.
- Se localiza el área en estudio en los mapas de isoyetas medias anuales de la República Mexicana y se determina la precipitación media anual o por medio de información histórica de estaciones climatológicas que estén dentro o cerca de la cuenca de nuestro interés, con esos valores se determinan los volúmenes medios anuales precipitados.
- Con esta información se procede a calcular los volúmenes medios escurridos mediante la fórmula antes mencionada.

1.2.2.3.1.2 Esgurrimiento máximo

Para estimar el esgurrimiento máximo instantáneo que sirve para el diseño de obras de excedencia se puede estimar para diferentes periodos de retorno por el método racional modificado o por el método de las curvas numéricas o del SCS (USA). En seguida se hace una breve descripción del método de curvas numéricas.

1.2.2.3.1.2.1 Método de la curva numérica o del SCS (USDA)

Para estimar el esgurrimiento medio por evento y el máximo instantáneo se utiliza el método de la curva numérica, el cual utiliza los datos de precipitación por evento o la precipitación máxima para un periodo de retorno deseado y el máximo potencial de retención del agua del suelo como se presenta

$$Q = \frac{(P - 0.2)2}{P + (0.8 S)}$$

$$0 > Q \text{ Si } P S \leq 2.0$$

si no $0 = Q$

Dónde:

Q = E scorrimiento medio (mm).

P = Precipitación por evento (mm).

S = Retención máxima potencial (mm).

Como el potencial máximo de retención de agua del suelo (S) depende de las condiciones del suelo, vegetación y manejo del cultivo, entonces es factible relacionarlo con las curvas numéricas, las cuales son función de los factores antes mencionados. El potencial máximo de retención (S) se puede obtener de acuerdo a la siguiente relación:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Dónde:

S = Potencial máximo de retención (mm).

CN = Curvas numéricas (adimensional).

Curvas numéricas (CN)

Las curvas numéricas son similares al coeficiente de escurrimiento y fueron obtenidas por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) basados en la observación de hidrógramas procedentes de varias tormentas en diferentes cuencas de los Estados Unidos. Estas curvas dependen del tipo de suelo, condición hidrológica de la cuenca, uso del suelo y manejo y la condición de humedad antecedente.

Grupos de suelos

Utilizando las características texturales de los suelos (>3000) el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) clasificó a aquellos en cuatro grupos de acuerdo con sus características hidrológicas para producir escurrimiento como se muestra

Grupos hidrológicos de suelos usados por el SCS

Descripción de las características del suelo

- A Suelo con bajo potencial de escurrimiento, incluye arenas profundas con muy poco limo y arcilla; también suelo permeable con grava en el perfil. Infiltración básica 8-12 mm/h

- B Suelos con moderadamente bajo potencial de escurrimiento. Son suelos arenosos menos profundos y más agregados que el grupo A. Este grupo tiene una infiltración mayor que el promedio cuando húmedo. Ejemplos: suelos migajones, arenosos ligeros y migajones limosos. Infiltración básica 4-8 mm/h
- C Suelos con moderadamente alto potencial de escurrimiento. Comprende suelos someros y suelos con considerable contenido de arcilla, pero menos que el grupo D. Este grupo tiene una infiltración menor que la promedio después de saturación. Ejemplo: suelos migajones arcillosos. Infiltración básica 1-4 mm/h
- D Suelos con alto potencial de escurrimiento. Por ejemplo, suelos pesados, con alto contenido de arcillas expandibles y suelos someros con materiales fuertemente cementados. Infiltración básica menor 1 mm/h.

Condiciones hidrológicas del área de drenaje

Este indicador de la cubierta vegetal y su variación depende de la densidad de la cobertura, de tal manera que se agrupan en los tres grupos indicados a continuación en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Condición hidrológica del área de drenaje.

Condición hidrológica	Cobertura
Buena	> 75 %.
Regular	50 % - 75 %.
Mala	< 50

1.2.2.3.1.3 Resultados de producción de agua y sedimentos

Considerando la metodología propuesta se presenta a continuación las variables e información de la cuenca de la Presa El Gallinero, necesaria para calcular tanto los escurrimientos (producción de agua) como los sedimentos:

Cuenca Presa El Gallinero:

Área de la cuenca: 17,729.29 ha (es el área directa de escurrimiento y no considera los escurrimientos directos que llegan a la presa de las laderas laterales de las subcuencas CB, CC y CD que en total suman 4,911.42 ha)

Factor K ponderado: 0.0273

Factor LS ponderado: 4.47

Factor C ponderado: 0.179

Factor P ponderado: 0.996

Valor de Curva Numérica (CN II) ponderado: 66.31

Longitud del cauce principal: 34,033.70 metros

Desnivel del cauce principal: 547.65 metros

Pendiente del cauce principal: 1.61 %

Pendiente media de la cuenca: 19.66%

Longitud media de la pendiente: 112 metros

Se utilizó la información de precipitación de la estación meteorológica No. 15062 y la metodología requiere de contar con los datos de lluvia diarios, y éstos se presentan en el siguiente Cuadro 17.

La información del cauce principal se obtuvo a partir del perfil de cauce que se trazó en ARC Gis, el cual se presenta en la Figura 56.

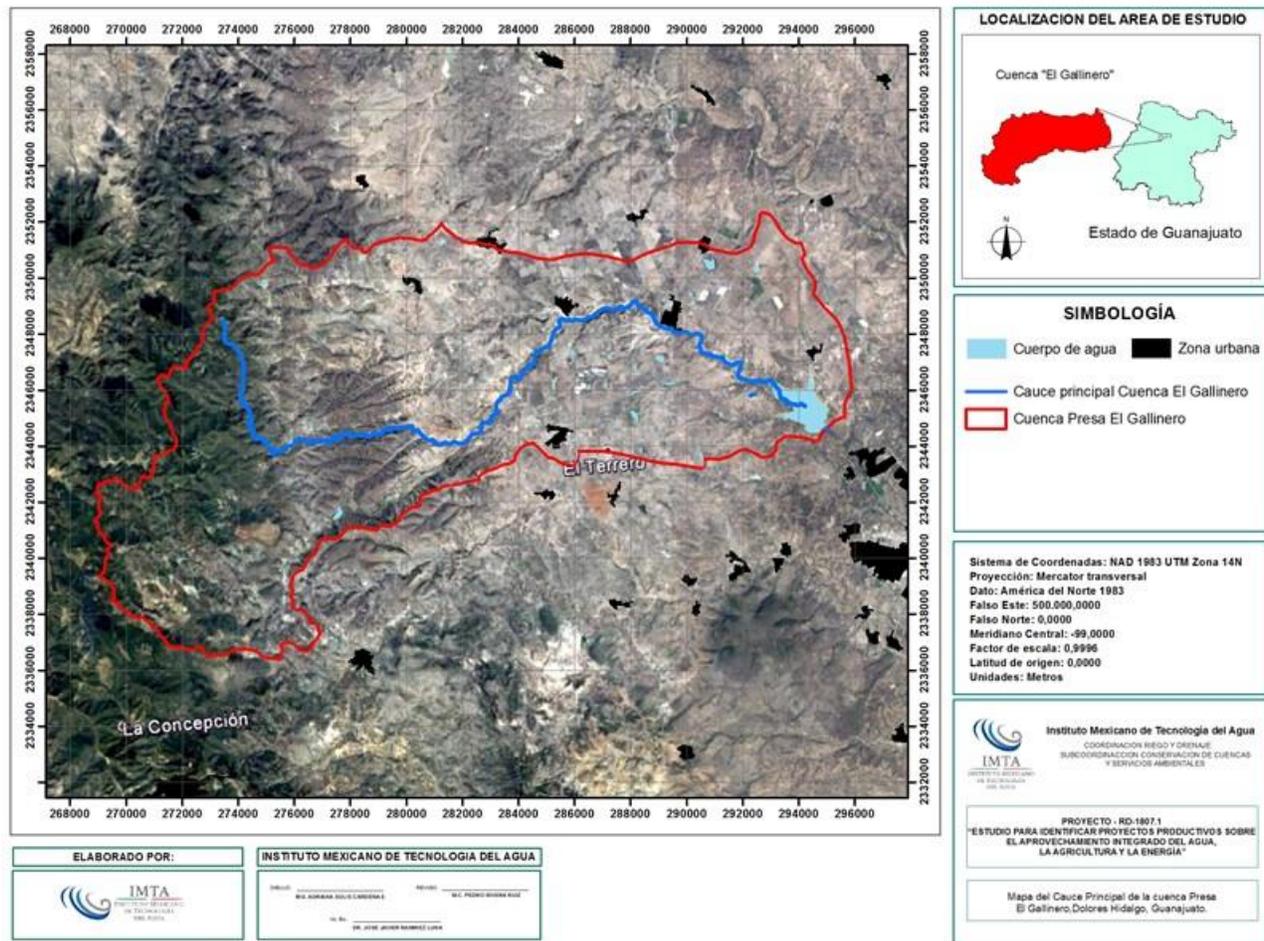


Figura 56. Cauce principal de la cuenca Presa El Gallinero.

Cuadro 17. Lluvia diaria de la estación No. 11140 que se utilizó para calcular la producción de escurrimientos y de sedimentos de la cuenca Presa El Gallinero.

Día	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.9	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	0.0	40.0	16.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	4.0	15.2	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.8	0.0	4.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	4.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	25.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	32.0	27.0	0.0	1.3	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	7.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0	27.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	16.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	11.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	2.5	61.0	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0		0.0	0.0	12.0	14.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0		0.0		6.9		0.0	0.0		0.0		0.0

Finalmente, una vez que se obtuvo el total de información requerida se obtuvieron los resultados de escurrimiento y sedimentos, los cuales se presentan en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Producción de agua y de sedimentos de la cuenca Presa El Gallinero.

Mes	Precipitación (mm)	Q (mm)	Q (miles de m ³)	qp máximo (m ³ /s)	Sedimentos		Volumen precipitado (miles de m ³)
					(t/ha)	(miles de t)	
Ene	2.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	354.59
Feb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00
Mar	1.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	177.29
Abr	11.50	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	2,038.87
May	93.10	0.11	20.13	0.57	0.075	1.328	16,505.97
Jun	144.50	4.70	833.00	40.98	5.040	89.351	25,618.82
Jul	147.10	2.93	519.32	25.21	2.963	52.538	26,079.79
Ago	94.80	0.01	1.93	0.11	0.006	0.104	16,807.37
Sep	68.40	0.40	70.79	3.98	0.333	5.898	12,126.83
Oct	52.40	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	9,290.15
Nov	8.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	1,418.34
Dic	4.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	709.17
Suma	626.8	8.2	1,445.2		8.417	149.219	111,127.19

Se observa que tanto los suelos como la vegetación de la cuenca tienen una capacidad importante de infiltrar el agua de lluvia, ya que de 626.8 mm de lluvia que precipitan en promedio anualmente, solamente 8.2 mm se transforman en escurrimiento superficial, lo que equivale a que la cuenca produce 1.445 Millones de m³ de agua.

Y en cuanto a la producción de sedimentos, se tiene que en promedio se pierden como sedimentos 8.42 t/ha, lo que significa que al año están saliendo de la subcuenca 149,219 toneladas de sedimentos que provocan sedimentación en las partes bajas y que llegan al embalse de la Presa El Gallinero donde está provocando que se disminuya la capacidad de almacenamiento de agua.

1.2.2.3.2 Calidad del agua y grado de contaminación

Teniendo como base una revisión bibliográfica que se realizó en instancias e instituciones de todos los niveles, se comprobó que en los ríos que conforman la cuenca no se han realizado estudios de calidad del agua.

En el presente trabajo se adoptan unos índices de calidad y de contaminación que agrupan los parámetros contaminantes más representativos de la situación, para representar la Línea Base ambiental de la calidad de los recursos hídricos superficiales en la cuenca Presa El Gallinero y que permiten identificar el deterioro o mejora de la calidad de éstos en el espacio y en el tiempo.

Para conocer la calidad de las aguas, independientemente del posible uso al que vayan a ser destinadas, se parte de la toma de muestras para la obtención de una serie de parámetros como pueden ser la concentración de diversos elementos, temperaturas, turbiedad, aspectos microbiológicos, etc. Estos datos, analizados y procesados posteriormente se convierten en un valor numérico, que permite obtener una serie de índices que, de forma sencilla, determinan el estado general de las aguas en función de unos rangos de calidad establecidos.

Para la representación de la Línea Base ambiental de la calidad del agua se está considerando aplicar índices de calidad de agua para analizar el grado de contaminación difusa debida a las actividades agropecuarias que se dan en la parte alta, y para ello, se definirán los mejores sitios donde se realizarían los muestreos de agua y los tiempos.

Se está considerando describir la calidad del agua para utilizarla con fines de riego, por ser el uso agrícola preponderante en la cuenca y la posibilidad de su uso en el mediano plazo para abrir pequeñas unidades de riego en zonas con potencial para ello.

1.3 DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO DE LA CUENCA PRESA EL GALLINERO

La cuenca Presa El Gallinero, se ubica en los municipios de Dolores Hidalgo, Guanajuato y San Felipe, en el estado de Guanajuato, se conforma por 40 localidades rurales, donde realizan actividades económicas variadas, en las que las actividades primarias no son ya las predominantes y, consecuentemente su economía se diversifica en otras actividades.

El agua ha sido históricamente una necesidad para impulsar la producción agropecuaria, una parte reducida de la población de la cuenca tiene acceso al riego, cuya fuente es la presa El Gallinero (también conocida como Álvaro Obregón), ubicada dentro de la cuenca pero cuyas aguas se dirigen hacia su exterior.

La cuenca vive un proceso de transición de una agricultura de subsistencia predominante a una agricultura practicada en una superficie compacta de carácter comercial, y también tiene lugar el crecimiento de actividades no vinculadas con la producción primaria, destacando el trabajo asalariado, fundamentalmente el realizado en el extranjero.

En este contexto, hay sectores sociales en las poblaciones que se mantienen en la tradición del cultivo del maíz, el frijol y la calabaza que coexisten con el envío de las remesas desde E.U. y ahí han surgido incipientemente nuevas expectativas para el trabajo de la tierra, encarnadas en productores jóvenes, provistos de recursos económicos y con la intención de cambiar el tipo de agricultura que tradicionalmente se ha practicado en la cuenca.

1.3.1 Procedimiento metodológico

La dispersión espacial de las localidades de la cuenca, particularmente de las de población más reducida y su diversidad de características generales, implicó diseñar una investigación de sus características sociales a través de la investigación de datos demográficos, vivienda, escolaridad y ocupación y marginación, así como de la información contenida en diversas publicaciones de temática diferente.

Colateralmente se realizó durante la segunda mitad de 2018 una investigación de campo en 20 de las 40 localidades de la cuenca, a través de entrevistar a pobladores de San Antonio del Gallinero, Refugio de Trancas, Ejido Ojo de Agua de Cervantes, El Ciprés, Estancia de Zamarripa, El Gallinero, Trancas, Rancho Guadalupe, Presa del Gallinero, El Tecolote, Rancho de Guadalupe, Luz de Trancas, Río Lajas, San Elías, El Mastranto, Pocitos, Terrero de Trancas, Laborcilla de Arriba y Paredones, todos del municipio de Dolores Hidalgo, además de Picones, Guanajuato.

Algunas localidades como San Elías y El Mastranto son localidades ubicadas en el parteaguas de la cuenca, además otras, como Río Lajas, tienen una parte de su tierra de labor dentro de la cuenca.

Las entrevistas fueron de carácter abierto pero siguiendo un temario y de comunicación interactuante. Así también, se entrevistaron a informantes del Ayuntamiento de Dolores Hidalgo, como el Cronista Municipal, la Asociación de Usuarios de la Presa Álvaro Obregón, el Instituto de Ecología de Guanajuato, La Procuraduría Agraria y otros informantes de organizaciones agrarias de la región.

1.3.2 Antecedentes

Las localidades de la cuenca tienen una historia diversa, algunas datan al menos del siglo XVIII, como lo testifica el templo de San Antonio El Gallinero (Figura 57), además hay estructuras de haciendas de mayor antigüedad. La población tiene ascendencia otomí sin que en la actualidad se conserven rasgos étnicos específicos que indiquen la presencia de población indígena originaria de la región.



Figura 57. Templo local del siglo XVIII de San Antonio El Gallinero.

En las inmediaciones de la Hacienda El Gallinero, en la cuenca del mismo nombre tuvo lugar una batalla en 1832 entre una fracción del ejército mexicano que se sublevó y era comandada por el Gral. José Esteban Moctezuma y las fuerzas dirigidas por el Gral. Anastasio Bustamante, entonces vicepresidente de México. Se reporta que hubo 2,800 bajas en esa batalla por parte de los sublevados, quienes fueron finalmente derrotados (Escalada, 1832).



Figura 58. Una de las otrora haciendas poderosas que se ubican en la cuenca.

Posteriormente, una parte de las actuales localidades se fundaron en el siglo XIX y XX, principalmente. Hechos como la revolución mexicana y la Guerra Cristera fueron causa para iniciar nuevos asentamientos, junto con la necesidad laboral de vivir en lugares próximos a los campos de cultivos, todo en conjunto fue lo que implicó la fundación de sinnúmero de localidades de la cuenca.

Tras la II Guerra Mundial, la emigración laboral de hombres hacia E.U. marcó una época de emigración constante, que en la cuenca se ha traducido en una emigración importante en cada una de las localidades, en ocasiones definitiva.

1.3.3 Diagnóstico socioeconómico

1.3.3.1 Población

La información demográfica de la cuenca más reciente corresponde al Censo General de Población y Vivienda de 2010, el cual es referencia para comparar los cambios con tiempos anteriores y que esbozan la tendencia de los procesos que tienen lugar hasta la actualidad en la cuenca.

En el año 2010 la población de la cuenca era de 6,074 personas, sólo Rancho de Guadalupe supera los mil habitantes, las demás tienen una población menor, inclusive hay caseríos de muy pocas viviendas (Cuadro 19).

Cuadro 19. Población en 2010 por localidad que conforma la cuenca Presa El Gallinero.

Municipio	Localidad	Población 2010
D. Hgo.	Rancho de Guadalupe	1008
D. Hgo.	Trancas	486
D. Hgo.	San Elías	468
D. Hgo.	El Refugio de Trancas	431
D. Hgo.	Estancia de Zamarripa	360
D. Hgo.	El Molino	329
D. Hgo.	El Huizachal	285
D. Hgo.	Paredones	283
D. Hgo.	La Presa del Gallinero	281
D. Hgo.	Terrero de Trancas	272
D. Hgo.	El Tecolote	227
D. Hgo.	El Mastranto --231-67	201
D. Hgo.	Puerta del Cerrote	173
Gto.	Potrero (La Ciénega del Potrero)	128
D. Hgo.	San Nicolás de la Presa	100
D. Hgo.	La Laborcilla de Arriba	99
D. Hgo.	Trancas Viejas	96
D. Hgo.	Los Juárez	95
D. Hgo.	Ejido de Trancas	93
D. Hgo.	Cañada de González	83
D. Hgo.	El Banco (San Vicente de la Providencia)	83

Municipio	Localidad	Población 2010
D. Hgo.	La Luz de Trancas	78
D. Hgo.	Rancho Nuevo del Gallinero	59
D. Hgo.	Ciprés	53
D. Hgo.	Los Pocitos	41
Gto.	Picones	37
D. Hgo.	El Carmen de Trancas (El Salto)	31
D. Hgo.	Las Aguillillas	31
Gto.	Cañada de la Virgen	27
D. Hgo.	Rancho Viejo	24
D. Hgo.	San Juan del Charco	20
D. Hgo.	El Llano del Tecolote	18
D. Hgo.	San José de la Laguna de Trancas	17
D. Hgo.	Palo Dulce	12
Gto.	Mesa de los Hernández	16
D. Hgo.	R Número 18 [Granja Avícola]	8
D. Hgo.	El Tordillo	7
D. Hgo.	Número 17 [Granja Productora]	6
D. Hgo.	R Número 24 [Granja Avícola]	4
D. Hgo.	San Elías ranchería	4
Total		6,074

Fuente de datos: INEGI, 2010.

En una muestra de 32 localidades de la cuenca, en el periodo de 1995 a 2010, se identifica que 10 localidades de las que tienen mayor población experimentaron un crecimiento demográfico muy limitado, durante esos 15 años de 2,188 habitantes ascendió a 2,776, decir, aproximadamente el 21% (Cuadro 20).

Cuadro 20. Comunidades que presentaron incremento de la población de 1995 a 2000.

Municipio	Localidad	Población	
		2010	1995
D. Hgo.	El Llano del Tecolote	18	11
D. Hgo.	Trancas	486	322
Gto.	Potrero (La Ciénega del Potrero)	128	95
D. Hgo.	Paredones	283	250
D. Hgo.	Ejido de Trancas	93	33
D. Hgo.	Rancho de Guadalupe	1008	779
D. Hgo.	Terrero de Trancas	272	263
D. Hgo.	San Nicolás de la Presa	100	71
D. Hgo.	Rancho Nuevo del Gallinero	59	41
D. Hgo.	El Molino	329	323

Municipio	Localidad	Población	
		2010	1995
Total		2776	2188

Fuente de datos: INEGI, 2010; INEGI, 1995.

Sin embargo, dos localidades mantuvieron estrictamente la misma cantidad de habitantes como se muestra en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Comunidades con igual población entre 1995 y 2000.

Municipio	Localidad	Población	
		2010	1995
D. Hgo.	Huizachal	61	61
D. Hgo.	La Presa del Gallinero	281	281
Total		342	342

Fuente de datos: INEGI, 2010; INEGI, 1995.

Veinte localidades de la cuenca, en contraparte indican una disminución de su población en ese mismo periodo, de 3,182 que tenían en el año 1995, en el año 2010 disminuyeron a 2,584, que representa aproximadamente el 19% (Cuadro 22). Se manifiesta claramente un proceso emigratorio en las localidades de la cuenca que solo mantiene una población cuantitativamente sin crecimiento y desprovista sobretudo de su población joven y masculina, aunque con una población femenina cada vez vinculada más con el trabajo remunerado.

Cuadro 22. Comunidades con disminución de la población entre 1995 y 2000.

Municipio	Localidad	Población	
		2010	1995
Gto.	Cañada de la Virgen	27	41
Gto.	Picones	37	49
D. Hgo.	El Carmen de Trancas (El Salto)	31	33
D. Hgo.	Las Aguilillas	31	47
D. Hgo.	Estancia de Zamarripa	360	384
D. Hgo.	Ciprés	53	73
D. Hgo.	La Laborcilla de Arriba	99	105
D. Hgo.	El Refugio de Trancas	431	513
D. Hgo.	Palo Dulce	12	20
D. Hgo.	El Tecolote	227	281
D. Hgo.	San Elías	468	482
D. Hgo.	Los Pocitos	41	50

Municipio	Localidad	Población	
		2010	1995
D. Hgo.	La Luz de Trancas	78	100
D. Hgo.	El Mastranto	201	281
D. Hgo.	Puerta del Cerrote	173	204
D. Hgo.	Trancas Viejas	96	240
D. Hgo.	El Banco (San Vicente de la Providencia)	83	75
D. Hgo.	San José de la Laguna de Trancas	17	18
D. Hgo.	Los Juárez	95	150
D. Hgo.	Rancho Viejo	24	36
Total		2584	3182

Fuente de datos: INEGI, 2010; INEGI, 1995.

En ese periodo de tres lustros, de 5,712 que tenía la población de 20 localidades, disminuyó a 5,702, en apariencia mantuvo casi la misma población, pero se nulificó el crecimiento natural de una población estable.

Ya hay viviendas deshabitadas en las localidades y también ya se identifican superficies en las que ha dejado de producirse, en el caso de las familias que han emigrado enteras, en los demás casos se manifiesta en la separación de las familias.

La cuenca tiene una población poco estable, una gran parte de sus habitantes han emigrado, y ese es un proceso progresivo, fundamentalmente emigra la población joven, a veces dividiéndose la familias y en otras emigrando el conjunto de las familias.

En los lugares donde la emigración es más consolidada, se dice que se están quedando los viejos, en alusión a la emigración que genera abandono de viviendas y disminución gradual de la población.

La población de 60 años y más en 2010 era de 538 personas, que representan el 8.8% de la población (Cuadro 23). La población joven que está emigrada es la expresión demográfica del aparente estancamiento de la población de 1995 respecto a la de 2010.

Cuadro 23. Comunidades con población de 60 años y más en 2010.

Municipio	Localidad	No.	%
D. Hgo.	El Huizachal	10	3.51
Guanajuato	Potrero (La Ciénega del Potrero)	6	4.69
D. Hgo.	Rancho de Guadalupe	48	4.76
D. Hgo.	San Juan del Charco	1	5.00
D. Hgo.	Rancho Nuevo del Gallinero	3	5.08
D. Hgo.	El Molino	19	5.78
D. Hgo.	San Nicolás de la Presa	6	6.00

Municipio	Localidad	No.	%
D. Hgo.	El Carmen de Trancas (El Salto)	2	6.45
D. Hgo.	Las Aguillillas	2	6.45
D. Hgo.	Los Pocitos	3	7.32
D. Hgo.	Terrero de Trancas	20	7.35
Guanajuato	Cañada de la Virgen	2	7.41
D. Hgo.	Paredones	21	7.42
D. Hgo.	Estancia de Zamarripa	27	7.50
D. Hgo.	La Presa del Gallinero	22	7.83
D. Hgo.	San Elías	39	8.33
D. Hgo.	Cañada de González	7	8.43
D. Hgo.	El Mastranto --231-67	19	9.45
D. Hgo.	El Banco (San Vicente de la Providencia)	8	9.64
D. Hgo.	La Luz de Trancas	8	10.26
D. Hgo.	Los Juárez	10	10.53
D. Hgo.	Ejido de Trancas	10	10.75
D. Hgo.	El Llano del Tecolote	2	11.11
D. Hgo.	San José de la Laguna de Trancas	2	11.76
D. Hgo.	El Refugio de Trancas	53	12.30
D. Hgo.	Trancas	69	14.20
D. Hgo.	Puerta del Cerrote	25	14.45
D. Hgo.	Ciprés	8	15.09
D. Hgo.	La Laborcilla de Arriba	15	15.15
D. Hgo.	Trancas Viejas	15	15.63
Guanajuato	Picones	6	16.22
D. Hgo.	El Tecolote	42	18.50
D. Hgo.	Rancho Viejo	5	20.83
D. Hgo.	Palo Dulce	3	25.00
Total		538	8.86

Fuente de datos: INEGI, 2010.

1.3.3.2 Instrucción escolar

La emigración laboral también se expresa en la reducción de la población infantil, como efecto de las familias que dejan las comunidades. Son abundantes las localidades donde las escuelas tienen pocos alumnos o están en riesgo de que cierren sus puertas ante la carencia de niños.

En la cuenca, salvo los asentamientos de pocas casas, hay instrucción preescolar y primaria en las localidades, las más grandes tienen secundaria y algunas cuentan con educación media superior a distancia.

Colateralmente, en 2010 se identificaron, en 36 localidades que existe una población en edad escolar que no asiste a alguna escuela. En 10 localidades son 15 niños de 6 a 11 años de edad

que no asisten a la escuela, que correspondería a la de educación primaria, y representan el 1.71% (Cuadro 24).

Cuadro 24. Comunidades con población en edad escolar sin escuela en 2010.

Municipio	Localidad	Población de 6 a 11 años que no asiste a escuela		Población de 12 a 14 años que no asiste a la escuela	
		No.	%	No.	%
D. Hgo.	El Refugio de Trancas	0	0.00	1	3.70
D. Hgo.	El Molino	0	0.00	5	20.83
D. Hgo.	Terrero de Trancas	0	0.00	2	11.76
D. Hgo.	El Tecolote	0	0.00	3	17.65
D. Hgo.	El Mastranto --231-67	0	0.00	0	0.00
D. Hgo.	Puerta del Cerrote	0	0.00	1	5.88
Gto.	Potrero (La Ciénega del Potrero)	0	0.00	1	9.09
D. Hgo.	San Nicolás de la Presa	0	0.00	5	55.56
D. Hgo.	Trancas Viejas	0	0.00	0	0.00
D. Hgo.	Ejido de Trancas	0	0.00	2	28.57
D. Hgo.	El Banco (San Vicente de la Providencia)	0	0.00	1	25.00
D. Hgo.	La Luz de Trancas	0	0.00	1	20.00
D. Hgo.	Rancho Nuevo del Gallinero	0	0.00	0	0.00
D. Hgo.	Ciprés	0	0.00	0	0.00
D. Hgo.	Los Pocitos	0	0.00	0	0.00
Gto.	Picones	0	0.00	1	25.00
D. Hgo.	El Carmen de Trancas (El Salto)	0	0.00	0	0.00
D. Hgo.	Las Aguillillas	0	0.00	0	0.00
Gto.	Cañada de la Virgen	0	0.00	0	0.00
D. Hgo.	Rancho Viejo	0	0.00	1	50.00
D. Hgo.	San Juan del Charco	0	0.00	0	0.00
D. Hgo.	El Llano del Tecolote	0	0.00	0	0.00
D. Hgo.	Palo Dulce	0	0.00	0	0.00
D. Hgo.	Rancho de Guadalupe	1	0.57	21	25.61
D. Hgo.	San Elías	1	1.39	10	23.26
D. Hgo.	La Presa del Gallinero	1	1.92	5	22.73

Municipio	Localidad	Población de 6 a 11 años que no asiste a escuela		Población de 12 a 14 años que no asiste a la escuela	
		No.	%	No.	%
D. Hgo.	Estancia de Zamarripa	1	2.08	0	0.00
D. Hgo.	Trancas	1	2.17	1	3.03
D. Hgo.	Paredones	1	2.50	0	0.00
D. Hgo.	La Laborcilla de Arriba	1	5.56	1	12.50
D. Hgo.	El Huizachal	4	8.33	1	3.70
D. Hgo.	Los Juárez	1	8.33	0	0.00
D. Hgo.	Cañada de González	3	21.43	3	50.00
Total		15	1.71	66	14.51

Fuente de datos: INEGI, 2010.

En el caso de la educación secundaria, son 19 localidades donde 19 personas de 12 a 14 años de edad los que no asisten a alguna escuela, que debería ser de educación secundaria y representan el 14.51%

Aunque el analfabetismo y la deserción escolar decrecen en lo general y aumenta el promedio de instrucción escolar, sus índices son altos en la cuenca.

En 34 localidades de la cuenca hay 653 personas mayores a los 14 años de edad que no saben leer ni escribir, son el 16.81% y representan un promedio alto (Cuadro 25).

Cuadro 25. Analfabetismo y escolaridad en 2010 por comunidad.

Municipio	Localidad	Analfabetismo		Escolaridad promedio
		No.	%	
Gto.	Cañada de la Virgen	0	0.00	5.68
Gto.	Picones	1	3.57	5.04
D. Hgo.	El Carmen de Trancas (El Salto)	1	4.55	5.23
D. Hgo.	Las Aguilillas	1	4.76	5.1
D. Hgo.	Estancia de Zamarripa	19	8.26	6.88
D. Hgo.	San Juan del Charco	1	8.33	6.67
D. Hgo.	El Llano del Tecolote	1	8.33	5.75
D. Hgo.	Trancas	38	10.58	7.1
D. Hgo.	Ciprés	4	10.81	5.35
D. Hgo.	La Laborcilla de Arriba	7	11.48	5.12
D. Hgo.	Cañada de González	6	11.54	4.94
D. Hgo.	El Refugio de Trancas	36	11.69	5.38
D. Hgo.	Palo Dulce	1	12.50	3.88

Municipio	Localidad	Analfabetismo		Escolaridad promedio
		No.	%	
Gto.	Potrero (La Ciénega del Potrero)	10	13.33	5.12
D. Hgo.	Paredones	27	13.64	5.89
D. Hgo.	Ejido de Trancas	9	14.06	5.23
D. Hgo.	El Tecolote	24	15.19	5.43
D. Hgo.	San Elías	45	16.01	5.07
D. Hgo.	Los Pocitos	5	17.24	7.04
D. Hgo.	Rancho de Guadalupe	104	17.54	5.16
D. Hgo.	La Luz de Trancas	10	17.54	4.68
D. Hgo.	Terrero de Trancas	30	18.29	4.59
D. Hgo.	San Nicolás de la Presa	10	18.52	4.22
D. Hgo.	El Mastranto --231-67	29	19.46	4.84
D. Hgo.	Rancho Nuevo del Gallinero	8	19.51	4.07
D. Hgo.	Puerta del Cerrote	26	21.14	4.69
D. Hgo.	El Molino	41	21.69	4.55
D. Hgo.	Trancas Viejas	16	22.86	4.7
D. Hgo.	El Huizachal	38	23.17	3.91
D. Hgo.	El Banco (San Vicente de la Providencia)	14	24.56	4.39
D. Hgo.	San José de la Laguna de Trancas	3	27.27	5.55
D. Hgo.	La Presa del Gallinero	52	33.55	3.91
D. Hgo.	Los Juárez	22	36.67	3.35
D. Hgo.	Rancho Viejo	14	70.00	1.8
Total		653	16.81	5.01

Fuente de datos: INEGI, 2010.

En las localidades con menor población es donde se concentran los casos más pronunciados y la escolaridad promedio de la cuenca es de 5.01 años de estudio, las localidades de Estancia de Zamarripa, San Juan del Charco, Los Pocitos y Trancas son los que tienen el mayor promedio de escolaridad.

La tendencia del analfabetismo es que progresivamente se abate, en una muestra de 19 localidades, en el año 1995 había 3,183 personas mayores de los 14 años de edad que eran analfabetas y alcanzaban el 23.92% de la población, 15 años más tarde, en 2010, sólo son 2,584, que son el 18.71% (Cuadro 26).

Aunque representan una proporción alta, la disminución de ese tipo de población disminuyó, salvo en las localidades de El Ciprés, San José de la Laguna de trancas y Los Juárez.

Cuadro 26. Comunidades con analfabetismo de 1995 a 2010.

Municipio	Localidad	Analfabetismo de mayores de 14 años	
		2010	1995
Gto.	Picones	3.57	4.17
D. Hgo.	El Carmen de Trancas (El Salto)	4.55	16.7
D. Hgo.	Las Aguilillas	4.76	26.9
D. Hgo.	Estancia de Zamarripa	8.26	17.4
D. Hgo.	Ciprés	10.81	6.12
D. Hgo.	La Laborcilla de Arriba	11.48	16.2
D. Hgo.	El Refugio de Trancas	11.69	17.6
D. Hgo.	Palo Dulce	12.5	30.8
D. Hgo.	El Tecolote	15.19	19.1
D. Hgo.	San Elías	16.01	24
D. Hgo.	Los Pocitos	17.24	23.1
D. Hgo.	La Luz de Trancas	17.54	21.1
D. Hgo.	El Mastranto	19.46	24.6
D. Hgo.	Puerta del Cerrote	21.14	21.8
D. Hgo.	Trancas Viejas	22.86	19.6
D. Hgo.	El Banco (San Vicente de la Providencia)	24.56	38.5
D. Hgo.	San José de la Laguna de Trancas	27.27	21.4
D. Hgo.	Los Juárez	36.67	31.8
D. Hgo.	Rancho Viejo	70	73.7
Total		18.71	23.92

Fuente de datos: INEGI, 2010; INEGI, 1995.

De acuerdo con el Censo General de población de 2010, hay 1,940 personas de 34 localidades que carecen de seguridad para la atención médica y representan el 31.94% de la cuenca (Cuadro 27). Es una población importante por su magnitud la que se encuentra en esta situación de inseguridad. De las 34 localidades, en 6 se manifiesta esta situación para más de la mitad de sus respectivas poblaciones.

Cuadro 27. Comunidades con población sin seguridad médica en 2010.

Municipio	Localidad	No.	%
D. Hgo.	El Llano del Tecolote	1	5.56
D. Hgo.	Estancia de Zamarripa	64	17.78
Gto.	Picones	7	18.92
D. Hgo.	San Nicolás de la Presa	20	20.00
D. Hgo.	Trancas	100	20.58
D. Hgo.	Los Juárez	21	22.11
D. Hgo.	Trancas Viejas	23	23.96
D. Hgo.	San Juan del Charco	5	25.00
D. Hgo.	Palo Dulce	3	25.00
D. Hgo.	Paredones	73	25.80
Gto.	Cañada de la Virgen	7	25.93
D. Hgo.	El Tecolote	62	27.31
D. Hgo.	Rancho de Guadalupe	280	27.78
D. Hgo.	El Huizachal	81	28.42
D. Hgo.	La Luz de Trancas	24	30.77
Gto.	Potrero (La Ciénega del Potrero)	42	32.81
D. Hgo.	El Molino	109	33.13
D. Hgo.	Rancho Viejo	8	33.33
D. Hgo.	El Mastranto --231-67	70	34.83
D. Hgo.	Terrero de Trancas	95	34.93
D. Hgo.	El Banco (San Vicente de la Providencia)	30	36.14
D. Hgo.	San Elías	171	36.54
D. Hgo.	Puerta del Cerrote	64	36.99
D. Hgo.	La Presa del Gallinero	107	38.08
D. Hgo.	El Carmen de Trancas (El Salto)	12	38.71
D. Hgo.	Los Pocitos	16	39.02
D. Hgo.	Ciprés	22	41.51
D. Hgo.	El Refugio de Trancas	199	46.17
D. Hgo.	Las Aguillillas	16	51.61
D. Hgo.	San José de la Laguna de Trancas	9	52.94
D. Hgo.	La Laborcilla de Arriba	54	54.55
D. Hgo.	Rancho Nuevo del Gallinero	36	61.02
D. Hgo.	Ejido de Trancas	57	61.29
D. Hgo.	Cañada de González	52	62.65
Total		1940	31.94

Fuente de datos: INEGI, 2010; INEGI, 1995.

1.3.3.3 Viviendas y servicios

En el año 2010 se registran 1,269 casas en 34 localidades de la cuenca y en todos los casos hay viviendas no habitadas.

El tamaño promedio de las familias de la cuenca es de 4.84 personas, aunque en localidades de todos los tamaños hay casos donde el promedio de familia es mayor al promedio (Cuadro 28).

Cuadro 28. Viviendas y familias en 2010

Municipio	Localidad	Cantidad	Tamaño promedio de familia
D. Hgo.	Rancho de Guadalupe	199	5.07
D. Hgo.	Trancas	115	4.23
D. Hgo.	San Elías	100	4.68
D. Hgo.	El Refugio de Trancas	88	4.9
D. Hgo.	Estancia de Zamarripa	80	4.5
D. Hgo.	El Molino	61	5.39
D. Hgo.	El Huizachal	55	5.18
D. Hgo.	Paredones	51	5.55
D. Hgo.	La Presa del Gallinero	60	4.68
D. Hgo.	Terrero de Trancas	46	5.91
D. Hgo.	El Tecolote	53	4.28
D. Hgo.	El Mastranto	47	4.28
D. Hgo.	Puerta del Cerrote	41	4.22
Gto.	Potrero (La Ciénega del Potrero)	23	5.57
D. Hgo.	San Nicolás de la Presa	20	5
D. Hgo.	La Laborcilla de Arriba	23	4.3
D. Hgo.	Trancas Viejas	20	4.8
D. Hgo.	Los Juárez	25	3.8
D. Hgo.	Ejido de Trancas	20	4.65
D. Hgo.	Cañada de González	18	4.61
D. Hgo.	El Banco (San Vicente de la Providencia)	20	4.15
D. Hgo.	La Luz de Trancas	20	3.9
D. Hgo.	Rancho Nuevo del Gallinero	10	5.9
D. Hgo.	Ciprés	13	4.08
D. Hgo.	Los Pocitos	8	5.13
Gto.	Picones	8	4.63
D. Hgo.	El Carmen de Trancas (El Salto)	6	5.17
D. Hgo.	Las Aguillillas	4	7.75
Gto.	Cañada de la Virgen	7	3.86

Municipio	Localidad	Cantidad	Tamaño promedio de familia
D. Hgo.	Rancho Viejo	5	4.8
D. Hgo.	San Juan del Charco	3	6.67
D. Hgo.	El Llano del Tecolote	4	4.5
D. Hgo.	San José de la Laguna de Trancas	4	4.25
D. Hgo.	Palo Dulce	3	4
Total		1269	4.84

Fuente de datos: INEGI, 2010; INEGI, 1995.

Abundan las casas remozadas, ampliadas, las casas de adobe prácticamente desaparecieron del paisaje de los poblados (Figura 59). Los templos lucen decorosos, no son ajenos las cuatrimotos como medio de transporte en las localidades. En diversos lugares hay maquinaria agrícola de grandes dimensiones, silos y bodegas grandes.



Figura 59. Los contrastes de las viviendas de la cuenca

Sin embargo, las viviendas indican un alto margen de carencias en el año 2010, en 34 localidades de la cuenca, la energía eléctrica abarca a 1,163 viviendas, que representan el 91.65% del total, y de ellas en 9 localidades todas las viviendas cuentan con energía eléctrica. Este servicio es el que mayor cobertura se tiene en las viviendas en la cuenca.



Figura 60. Viviendas en continua construcción y mejoramiento y con marcados contrastes internos

El agua disponible en la vivienda abastece a 995 viviendas, es decir, el 78.41%, el resto de la población la obtiene por medios que no están en disposición en las viviendas.

Hay 103 viviendas que tienen piso de tierra y 87 que se componen de un solo cuarto, es decir, el 8.04% y el 6.86%, respectivamente (Cuadro 29).

Cuadro 29. Características y servicios en las viviendas en 2010.

Municipio	Localidad	Viviendas									
		Con piso de tierra		De un cuarto		Con energía eléctrica		Con agua		Sin drenaje	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
D. Hgo.	Rancho Viejo	3	60.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	5	100
D. Hgo.	Palo Dulce	0	0.00	0	0.00	0	0.00	3	100	3	100
Gto.	Cañada de la Virgen	0	0.00	1	14.29	1	14.29	0	0.00	7	100
D. Hgo.	Rancho Nuevo del Gallinero	1	10.00	1	10.00	5	50.00	8	80.00	9	90.00
D. Hgo.	El Banco (San Vicente de la Providencia)	4	20.00	2	10.00	15	75.00	17	85.00	13	65.00
Gto.	Picones	0	0.00	0	0.00	6	75.00	0	0.00	1	12.50
D. Hgo.	Los Juárez	1	4.00	3	12.00	21	84.00	25	100.00	13	52.00
D. Hgo.	San Nicolás de la Presa	3	15.00	5	25.00	17	85.00	0	0.00	18	90.00
D. Hgo.	Estancia de Zamarripa	3	3.75	4	5.00	71	88.75	38	47.50	28	35.00
D. Hgo.	Cañada de González	0	0.00	1	5.56	16	88.89	7	38.89	7	38.89
D. Hgo.	Puerta del Cerrote	5	12.20	0	0.00	37	90.24	13	31.71	28	68.29
D. Hgo.	Rancho de Guadalupe	23	11.56	36	18.09	181	90.95	175	87.94	126	63.32
D. Hgo.	San Elías	3	3.00	1	1.00	93	93.00	91	91.00	33	33.00
D. Hgo.	La Presa del Gallinero	5	8.33	5	8.33	56	93.33	53	88.33	46	76.67
D. Hgo.	El Mastranto --231-67	8	17.02	2	4.26	44	93.62	40	85.11	14	29.79
D. Hgo.	Paredones	0	0.00	0	0.00	48	94.12	33	64.71	18	35.29
D. Hgo.	Trancas Viejas	2	10.00	1	5.00	19	95.00	18	90.00	8	40.00
D. Hgo.	Ejido de Trancas	3	15.00	1	5.00	19	95.00	18	90.00	13	65.00
D. Hgo.	La Luz de Trancas	0	0.00	2	10.00	19	95.00	20	100	6	30.00
D. Hgo.	El Refugio de Trancas	10	11.36	1	1.14	84	95.45	82	93.18	30	34.09
D. Hgo.	La Laborcilla de Arriba	3	13.04	2	8.70	22	95.65	14	60.87	4	17.39
D. Hgo.	Trancas	2	1.74	1	0.87	112	97.39	112	97.39	22	19.13
D. Hgo.	El Tecolote	3	5.66	0	0.00	52	98.11	51	96.23	22	41.51
D. Hgo.	El Huizachal	8	14.55	5	9.09	54	98.18	48	87.27	37	67.27

Municipio	Localidad	Viviendas									
		Con piso de tierra		De un cuarto		Con energía eléctrica		Con agua		Sin drenaje	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
D. Hgo.	El Molino	7	11.48	3	4.92	60	98.36	59	96.72	28	45.90
D. Hgo.	Terrero de Trancas	3	6.52	2	4.35	46	100	45	97.83	14	30.43
Gto.	Potrero (La Ciénega del Potrero)	0	0.00	5	21.74	23	100	0	0.00	20	86.96
D. Hgo.	Ciprés	0	0.00	1	7.69	13	100	1	7.69	3	23.08
D. Hgo.	Los Pocitos	0	0.00	0	0.00	8	100	7	87.50	0	0.00
D. Hgo.	El Carmen de Trancas (El Salto)	0	0.00	1	16.67	6	100	6	100	3	50.00
D. Hgo.	Las Aguilillas	0	0.00	0	0.00	4	100	2	50.00	3	75.00
D. Hgo.	San Juan del Charco	2	66.67	1	33.33	3	100	3	100	2	66.67
D. Hgo.	El Llano del Tecolote	0	0.00	0	0.00	4	100	3	75.00	1	25.00
D. Hgo.	San José de la Laguna de Trancas	0	0.00	0	0.00	4	100	3	75.00	1	25.00
Total		102	8.04	87	6.86	1163	91.65	995	78.41	586	46.18

Fuente de datos: INEGI, 2010.

1.3.3.4 Actividades Económicas

1.3.3.4.1 La producción agropecuaria

El maíz, el frijol y la calabaza son los cultivos predominantes en la cuenca, fundamentalmente donde se cultiva en superficies pequeñas y no se dispone de riego ni de tecnología moderna. En las localidades de la cuenca alta la agricultura es más reducida y sus rendimientos son variables, salvo en casos como en San Antonio El Gallinero, donde se dispone de riego y se tiene un rendimiento de 8 toneladas de maíz por hectárea.

En el temporal, que es la situación de casi la totalidad de la cuenca, el rendimiento oscila de 1 a 3 toneladas por hectárea.

El excedente es reducido, generalmente el maíz se destina para el alimento de animales de la propia familia. Solo ocasionalmente se hacen otros cultivos como la avena y el sorgo.

En Rancho de Guadalupe, una de las localidades más grandes de la cuenca, se cultiva nopal, además de otros lugares que lo hacen en menor cantidad, a pesar de que es un cultivo que requiere abono orgánico, cuidados y, sobretodo, agua.

Es un cultivo que tiene el atractivo que semanalmente genera producción. Se vende en paca y sin espinas y así obtienen un precio mayor. Se estima que se puede obtener aproximadamente \$3,000 mensuales si se dispone de agua del río.

En esta localidad, importante por su actividad comercial, el nopal se vende inclusive en botes y en forma ambulante en Dolores Hidalgo.

Se han generado iniciativas para hacer cambio de cultivos, como en Terrero de Trancas, donde hay proyectos frutales, pero disponen de agua de pozo. Los hacendados, actualmente pequeños propietarios, han sembrado uva y durazno en la parte baja de la cuenca sin que hayan tenido éxito.

Y es la carencia del agua lo que limita la opción para ampliar la variedad de cultivos. Por ejemplo, en San Elías han hecho represas pero ha faltado equipo para regar, y además hay desconocimiento de cómo regar.

Para una gran parte de los productores es común que produzcan los cultivos tradicionales en temporal, alquilando el uso de un tractor, disponiendo de agroquímicos caros, pero con cosechas erráticas, variables en su rendimiento y sin la certeza de una utilidad, por reducida que sea.

La producción agrícola de la cuenca fundamentalmente se compone de cultivos básicos, maíz, frijol y calabaza para una gran mayoría de los productores activos, que a la vez son minifundistas y cultivan en tierra de temporal (Figura 61).



Figura 61. El cultivo de maíz como principal actividad productiva.

Adicionalmente afrontan los problemas de disponer solo de una tecnología precaria, en la que la tracción animal casi ha desaparecido para dar paso al uso de tractores, disponibles para la mayoría a través de contratar el servicio, en tanto que una minoría es propietaria de la maquinaria. Afrontan también problemas de plagas, insuficiencia en la aplicación de agroquímicos y lo incierto del temporal.

La agricultura es una actividad sostenida por la necesidad de obtener alimento para las propias familias y para el ganado que se cría en pequeñas cantidades y también es una actividad sustentada por la tradición campesina, cuyos seguidores actualmente son hombres maduros y ancianos.

No es, por tanto, el móvil de la ganancia el sentido lógico de la agricultura y ganadería que practica la mayoría de los productores de la cuenca, sino la necesidad de las familias de producir su propio alimento y el de sus animales y la necesidad de continuar con la tradición secular vinculada del trabajo del campo y sus vicisitudes.

Sin embargo, las generaciones jóvenes, próximas herederas de la tierra, de antemano ya se han separado de la dinámica de la agricultura de subsistencia, buscan al menos un ingreso periódico y continuo y de preferencia que no los ate permanentemente a la tierra.

Otra parte, minoritaria, influenciada en determinada magnitud de la modernidad, particularmente por ser migrantes que trabajan en E.U., donde además de conocer una lógica diferente en la producción agrícola, constatan los contrastes de las economías de ambos países, que propician que los salarios

ganados en EU, aún en las actividades más sencillas, se multipliquen vertiginosamente en la economía de México, aun cuando sean los salarios más precarios en E.U.

Por tanto, una parte de los emigrados ha comprado tierras para hacerlas producir con un éxito mayor en el mercado y sin depender intrínsecamente del trabajo de la tierra.

Por otro lado, hay explotaciones de la agricultura comercial sustentada en pequeños propietarios que tienen independencia económica, cuentan con maquinaria y recursos pecuniarios y tecnológicos y producen cultivos diferentes a los básicos e inclusive disponen de riego precario.

Además, en tiempos recientes se han asentado empresas agroexportadoras que producen en superficies relativamente grandes en la cuenca y, sobretodo, fuera de ella.

Aunque la propiedad de tractores es de una minoría en cada localidad, el uso del tractor es generalizado en la cuenca, aun cuando hay lugares como Refugio de Trancas donde diez años atrás era generalizado el uso de yunta o en Estancia de Zamarripa la mayoría tiene yunta de caballos o de burros. En otros como El Ciprés tienen 40 años de haber dejado de usar la yunta o en Rancho de Guadalupe casi nadie usa la yunta sino que renta el tractor.

La disposición de riego en los lugares donde es posible no ha implicado un cambio en el patrón de cultivos sino la inclusión de algunos cultivos diferentes a los básicos, principalmente la alfalfa.

La ganadería que se practica en la cuenca es de carácter doméstico, de economía de subsistencia, lo hace la gran mayoría de la población. Es una actividad de subsistencia pero no es practicada por la generalidad de las familias, lo hacen en pequeña escala y son pocos en las comunidades los que tienen una cantidad significativa. El ganado vacuno y el caprino destacan entre las especies que se crían en la cuenca (Figura 62).



Figura 62. La ganadería de traspatio

Hay explotaciones ganaderas que no son de subsistencia y se ubican en los lugares donde hay acceso al agua para riego. En lugares como San Antonio El Gallinero el cultivo de la alfalfa favorece la producción de alimentos para ganado, como la alfalfa, por lo que hay productores viven solo de su ganado vacuno.

1.3.3.4.2 Carbón, leña y minerales

En la parte alta de la cuenca, la producción de leña y carbón es una actividad económica importante, ahí es poca la tierra para la agricultura y la extracción de recursos naturales implica un ingreso continuo (Figura 63).



Figura 63. La leña y el carbón como fuente de ingresos para la familia.

En la cuenca alta se ubica la localidad de El Ciprés, que en el año 2010 tenía 13 casas habitadas, actualmente quedan 9, además de 7 deshabitadas, que fueron de familias que ya emigraron. Otro caso es Estancia de Zamarripa, que en 2010 tenía 80 viviendas, actualmente tienen 29 que son de familias que emigraron en su totalidad.

En lugares ubicados en la sierra la agricultura tiene una importancia mínima, Picones es uno de esos pueblos, pertenece al municipio de Guanajuato, tiene 11 familias y solo 4 siembran actualmente en superficies extremadamente reducidas que no sobrepasan las 3 ha.

En esa parte de la cuenca la economía se sustenta principalmente en la extracción de carbón. Desde siempre todos se dedican al carbón y a la leña, el dueño de la sierra les permite cortar y les compra el producto y otros compradores vienen por él.

Se requiere autorización para cortar los árboles, pero pagan sobornos. Una tonelada de carbón se vende en \$3,200 y se produce al menos en 3 semanas. Entre los lugares donde la producción de carbón es importante se encuentran Rancho Viejo, Puerta del Cerrote y Estancia de Zamarripa.

En años pasados en la parte alta de la cuenca también se explotaba el estaño, era extraído del río, pero era incierta la cantidad que se recolectaba y el precio disminuyó. En Cañada de la Virgen hubo yacimientos de oro y plata. Y en el entorno de la sierra de Santa Rosa abunda el venado y hay presencia de pumas.

En Trancas mucha gente se dedica a la extracción de arena y grava, como efecto del abandono gradual de la tierra y la expectativa mayor de emigrar y los adultos como los ancianos tienen la expectativa de que la única opción para mejorar es que sus hijos emigren y progresen.

1.3.3.4.3 Ocupación de la población

La población de la cuenca ha manifestado cambios importantes que también modifican el conjunto de la vida social, una parte importante de la gente no se dedica ya o se dedica menos al trabajo de la tierra, es un cambio progresivo que se hace presente a partir de los últimos veinte años.



Figura 64. El comercio ambulante una actividad de la población.

En 1995 la población ocupada en el sector primario era predominante, en una muestra de 23 localidades el 68.3% se dedicaba a la agricultura o a alguna otra actividad primaria. Tras los cambios generados por el Tratado de Libre Comercio con América del Norte y las reformas constitucionales, en el país y, consecuentemente en la cuenca, hubo cambios importantes en la ocupación en las actividades agropecuarias.

En la cuenca es evidente la contracción de la población dedicada al trabajo de la tierra, entre los productores pequeños la agricultura dejó de ser un soporte económico único, ahora son las actividades de comercio, servicios y de transformación las que predominan a través del pago salarial.

La PEA es del 41.28% en una muestra de 34 localidades de la cuenca y la población ocupada es del 92.69%, sin embargo, el trabajo asalariado ha cobrado una creciente importancia y con carácter informal, aunque en los últimos años ha aumentado la demanda de trabajadores tanto en industrias establecidas en las ciudades como en las agroindustrias establecidas dentro de la cuenca y en municipios relativamente cercanos (Cuadro 30).

Cuadro 30. PEA y ocupación en 2010.

Municipio	Localidad	PEA		Población ocupada	
		No.	%	No.	%
D. Hgo.	Estancia de Zamarripa	73	27.76	63	86.30
D. Hgo.	San Elías	99	30.56	90	90.91
D. Hgo.	Puerta del Cerrote	43	30.71	40	93.02

Municipio	Localidad	PEA		Población ocupada	
		No.	%	No.	%
D. Hgo.	Las Aguillillas	8	30.77	7	87.50
D. Hgo.	El Llano del Tecolote	4	30.77	4	100.00
D. Hgo.	Trancas Viejas	25	33.33	20	80.00
D. Hgo.	El Tecolote	59	33.71	57	96.61
D. Hgo.	Ciprés	13	34.21	13	100.00
D. Hgo.	Paredones	78	35.78	69	88.46
D. Hgo.	Cañada de González	21	36.21	21	100.00
D. Hgo.	Ejido de Trancas	27	38.03	22	81.48
D. Hgo.	El Mastranto	62	40.00	58	93.55
D. Hgo.	El Carmen de Trancas (El Salto)	10	40.00	9	90.00
D. Hgo.	Rancho Viejo	9	40.91	8	88.89
D. Hgo.	El Molino	88	41.31	65	73.86
D. Hgo.	Trancas	163	41.58	154	94.48
D. Hgo.	El Huizachal	80	41.88	80	100.00
D. Hgo.	El Refugio de Trancas	141	42.09	126	89.36
D. Hgo.	La Laborcilla de Arriba	30	43.48	27	90.00
D. Hgo.	La Luz de Trancas	28	45.16	27	96.43
D. Hgo.	Terrero de Trancas	82	45.30	76	92.68
D. Hgo.	San José de la Laguna de Trancas	5	45.45	5	100.00
D. Hgo.	El Banco (San Vicente de la Providencia)	28	45.90	26	92.86
D. Hgo.	La Presa del Gallinero	82	46.33	81	98.78
D. Hgo.	Rancho Nuevo del Gallinero	21	46.67	20	95.24
Guanajuato	Picones	15	46.88	13	86.67
Guanajuato	Potrero (La Ciénega del Potrero)	41	47.67	41	100.00
D. Hgo.	Los Juárez	32	47.76	27	84.38
D. Hgo.	Rancho de Guadalupe	325	48.15	314	96.62
D. Hgo.	Los Pocitos	16	51.61	15	93.75
D. Hgo.	San Juan del Charco	7	53.85	6	85.71
D. Hgo.	Palo Dulce	5	55.56	5	100.00
Guanajuato	Cañada de la Virgen	13	56.52	13	100.00
D. Hgo.	San Nicolás de la Presa	58	92.06	58	100.00
Total		1791	41.28	1660	92.69

Fuente de datos: INEGI, 2010.

1.3.3.5 Tenencia de la tierra

La tenencia de la tierra es de propiedad privada y ejidos, con predominancia de la primera y constituida por propiedades pequeñas en su mayor parte, son pocas las superficies de varias decenas de hectáreas y muy reducida la cantidad de superficies mayores.

Los ejidos tienen superficies dentro de la cuenca, algunos tienen su zona urbana fuera del parteaguas o bien, al interior figuran zonas urbanas ejidales y fuera una parte de sus tierras de labor.

Lugares como San Antonio El Gallinero se compone únicamente de pequeños propietarios, en otros lugares los que detentan la tierra son tanto ejidatarios como pequeños propietarios.

En la cuenca predomina el minifundismo de hasta 3 o 4 hectáreas, es decir, la mayoría de los productores no tienen la superficie suficiente para que su economía dependa del trabajo de la tierra, tampoco disponen de recursos económicos para invertir en la agricultura o ganadería.

Aunque la vida social en la cuenca tuvo en el pasado un fuerte predominio de los hacendados, que eran los propietarios de la tierra fundamentales, también hubo movimientos agrarios que lucharon por la tierra y se concretaron en una dotación ejidal. En ese contexto surgieron repartos que no se llevaron a cabo en forma ni en términos legales, lo que ha dado lugar a conflictos por tierras que están en posesión a veces de los ejidatarios o de otros a los que no les corresponde la propiedad.

Hay algunos ejidos donde a pesar de la emigración de algunos, otros figuran como posesionarios, a veces en cantidades indeterminadas como ocurre en Ojo de Agua de Cervantes.

En diversos lugares hay superficies ociosas, y en la generalidad de la cuenca el arrendamiento es frecuente, y en menor escala la aparcería sigue practicándose.

En la parte de la cuenca más cercana a la ciudad de Dolores Hidalgo, la tierra está notablemente subdividida, una parte ha dejado de cosecharse, aun disponiendo de riego de la presa Álvaro Obregón y también es tierra muy solicitada para su compra e integración al proceso de urbanización.

El ejido Estancia de Zamarripa posiblemente es el único en la cuenca que tiene uso común, manejo forestal y bordería, se mantiene como unidad productiva de importancia. Sin embargo, los productores dan la tierra a trabajar a medias, abunda la extracción de leña y es habitual el consumo de leña como combustible en la comunidad.

En el caso del ejido Badillo se sigue produciendo, en El Gallinero se dividieron la tierra y los usuarios del agua para riego cuentan con un mayor nivel de organización.

El ejido de Dolores se ha vendido ya en su mayor parte y ya se fraccionaron los ejidos Fco. I. Madero y San Antonio del Gallinero. Luz de Trancas es un caso donde los pobladores no tienen tierra desde el origen de la localidad, fundada por los medieros, quienes compraron solares para vivir y trabajar en los chilares de la entonces hacienda de Trancas.

Una gran parte de los ejidos más antiguos tienen resoluciones no ejecutadas, hay dueños de la tierra que la vendieron antes de que se ampararan los solicitantes.

El ejido Río Laja tiene una superficie de tierra en El Mastranto, afectó 2000 ha. a la hacienda de Trancas, que abarcaba varias localidades y por la vía de la compra lograron recuperar alrededor de 270 ha., sin que aún se haga ejido y algunos ejidatarios han quedado como pequeños propietarios.

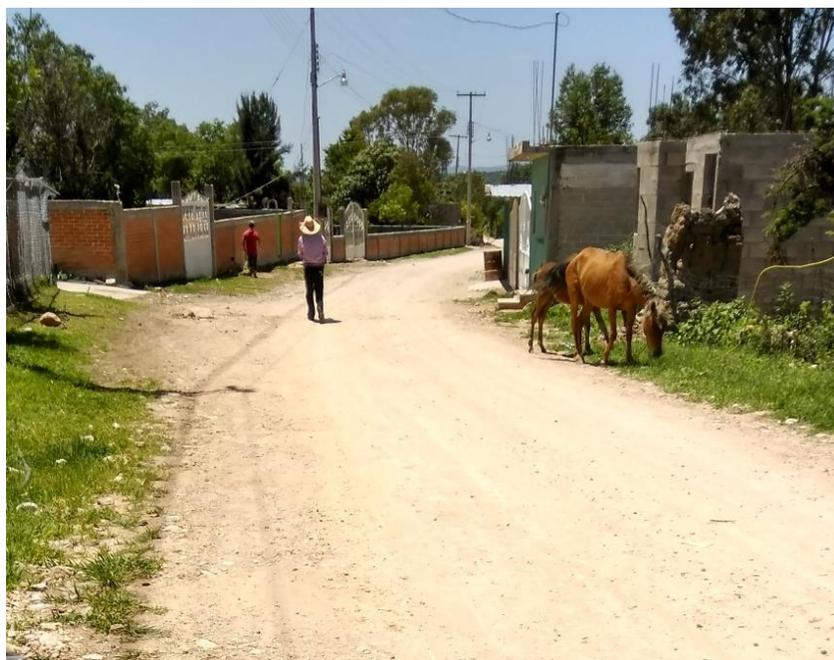


Figura 65. La propiedad de la tierra también cruza por un proceso de cambios

Era tierra de hacienda que se trabajaba con medieros, cuando la tierra es vendida por sus antiguos propietarios comienzan los problemas. La tierra está sembrada e incluye zona urbana. Es un lugar de contrastes, las parcelas ejidales son de 2, 3, 5, 9 ha, pero los pequeños propietarios concentran mucha tierra.

Otra situación ocurre en el ejido El Mastranto donde se compra alrededor de 100 ha y 36 ha se cambiaron al régimen ejidal. Ojo de Agua hizo lo mismo pero ya no quieren reclamar por los conflictos internos que se generaron.

Los Serna y La Palmilla también tienen ejido pero no fue entregado. En las proximidades de Dolores Hidalgo la mayoría de los ejidos tienen dominio pleno y venden fracciones de tierra y en el resto de la cuenca los ejidos casi se conservan sin cambios.

El régimen ejidal se debilita en estas situaciones y la mayoría de los ejidatarios son viejos, usan una tecnología limitada, disponen de poca agua y no comercializan su producción, que a su vez no es abundante.

Hay jóvenes que compran parcelas y las cultivan con otra tecnología, están aquí una temporada y siembran y luego se van a E.U.

En Estancia de Zamarripa se conserva el suelo y el agua, con bordos, pero producen maíz y frijol y un poco de hortaliza y nopal y son bastantes los que compran tierra.

La propiedad de la tierra en la cuenca la detentaron las haciendas, algunas de larga antigüedad y varias permanecieron hasta muy avanzado el siglo XX y se fueron desintegrando a través de su fragmentación y venta y por efecto de la Reforma Agraria.

La Hacienda de El Gallinero se remonta a tiempos coloniales y en la actualidad conserva el casco y cierta superficie sujeta de una disputa agraria. Trancas y El Gallinero son poblaciones más

urbanas, la tierra se renta a grandes productores de lechuga y brócoli y abunda los profesionistas entre los pobladores.

Con el reparto agrario los hacendados repartieron o vendieron la tierra entre sus medieros leales y así se originó la pequeña propiedad en la cuenca, de carácter minifundista y de dimensiones mayores justamente entre los que detentan la propiedad de las haciendas y entre nuevos agricultores que se hicieron propietarios por vía de la compra.

Dentro de la cuenca hay fracciones diversos ejidos como La Quemada, El Capetillo, La Estancia de Zamarripa, Mesa Cuata, El Laurel, Cieneguita de San Bartolo, Ojo de Agua de Cervantes, Trancas, Río Lajas, La Palmilla, Los Cernas, Conjunta de San Bartolomé, Cañada de la Virgen y El Potrero.

1.3.3.6 Arrendamiento, aparcería y venta de la tierra

En la cuenca es frecuente el arrendamiento de la tierra, las superficies ejidales tienden a rentarse más que la pequeña propiedad, inclusive hay parcelas ejidales abandonadas por quienes emigraron y en ocasiones se sigue usando la aparcería, en su modalidad de la mediería y del tercio.

La mediería fue un mecanismo extendido en las superficies privadas de las haciendas, todavía en la segunda parte del siglo XX, entre los exmedieros se recuerda el control férreo que ejercían los hacendados.

Con base en la aparcería se fundaron diversas localidades, como Luz de Trancas, fundada aproximadamente en la década de los 40 del siglo XX, se estableció en pleno monte y se construyeron casas de adobe y se recuerda una vida de miseria aunque hubiera cosechas abundantes.

La tierra generalmente no se vende en el interior de la cuenca, salvo en ciertos puntos de la cuenca y en las zonas conurbadas para extender la construcción de locales comerciales, viviendas, calles, etc.

1.3.3.7 Trabajo asalariado

Dentro de la cuenca funcionan empresas agrícolas por contrato que llevan y traen trabajadores. Una de ellas es la empresa Taylor Farms que opera desde hace 3 años y empaca brócoli y lechuga en el municipio de Dr. Mora. Contrata cantidades importantes de trabajadores de Rancho de Guadalupe, Estancia de Zamarripa y otros lugares. En Rancho Guadalupe hay una propiedad de aproximadamente 300 ha donde la empresa mencionada sembrará lechuga y brócoli.

En Presa El Gallinero Taylor van los jóvenes a cortar brócoli, coliflor, lechuga y en plantaciones que la empresa compra para cosecharlas. También las mujeres son jornaleras, desquelitan y hacen trabajo doméstico en las cabeceras municipales.

Los jornaleros son trasladados de sus comunidades a San José Iturbide y Salamanca donde están los campos agroindustriales en que se produce brócoli, lechuga y chile de exportación. El traslado se inicia desde las 3 o 4 de la madrugada y regresan en horas avanzadas de la noche.

Trasladan jornaleros a trabajar en 7 camiones a propiedades de agricultores como Javier Usabiaga. El pago es de \$1,300 a 1,400 a la semana y reciben utilidades. Ahí trabajan inclusive jóvenes, algunos desde los 14 o 15 años de edad.

Además hay empresas de cerámica como CATO, establecida en el interior de la cuenca y otros establecimientos diversos en Dolores Hidalgo.

En el interior de la cuenca hay una granja porcícola que contrata una alta cantidad de trabajadores de la parte baja de la cuenca, el trabajo es estable aunque mal remunerado. Así también la empresa Bachoco tiene múltiples plantas reproductoras distribuidas en la cuenca.

La ciudad de Dolores Hidalgo es un centro de trabajo en el comercio diverso, en servicios como la albañilería, el trabajo doméstico y otros, como el comercio ambulante de nopal, fruta y otros productos que proceden de la cuenca. La ciudad de Guanajuato también es un polo de trabajo para la parte alta de la cuenca, a través de la prestación de servicios, el comercio y el trabajo asalariado.

En la cuenca como en Dolores Hidalgo, los que trabajan en la albañilería ganan \$1,500 semanales, en tanto que en E.U. un maestro de obra gana 2,000 dólares, es decir, \$40 000 aproximadamente.

El debilitamiento de la agricultura se compensa con el trabajo asalariado en el extranjero, en varias ciudades como Guanajuato, Dolores Hidalgo y San Miguel Allende e inclusive a través de empresas privadas establecidas en la cuenca o en sus cercanías, como en pequeñas explotaciones del interior de la cuenca.

En Luz de Trancas se hacía cestería, actividad artesanal que se abandonó y ahora en su lugar hay plantíos de jitomate y chile.



Figura 66. Jornaleros y trabajadoras domésticas de la cuenca.

Hay carencia de trabajadores y paradójicamente hay desempleo. Los bajos salarios propician esta escasez. Los jornaleros piden un pago mayor al que se ofrece en la cuenca y en consecuencia se reduce la oferta de trabajo asalariado, dado que las necesidades propias no se satisfacen con los salarios de la región y porque el contraste con lo que se paga en E.U. es altísimo.

La economía depende cada vez más de la emigración a EU, de la producción y venta de la cerámica.

1.3.3.8 Emigración

Desde 1990 la expectativa generalizada de los jóvenes que terminan la instrucción secundaria es emigrar, principalmente en las localidades de la cuenca más distantes de los centros comerciales y de poblaciones grandes.

En San Elías posiblemente la mitad de las familias se sostiene de las remesas y los demás del salario mínimo si se emplea en empresas y comercios.

La emigración a E.U. es determinante en la economía local, aún con las restricciones actuales para cruzar la frontera internacional. Una parte de los emigrados disponen de visa; son los que emigraron primero y viajan a uno y otro lugar en los tiempos necesarios, sin poner en riesgo su acceso y posibilidad de trabajar allá. Los demás siguen pasando la frontera con altos costos económicos y los riesgos de la deportación.

Emigran de todas las localidades de la cuenca, más aún de aquellas que tienen menos opciones de trabajo asalariado en la región y emigra principalmente la población joven.



Figura 67. Terminal de autobuses como un punto de traslado hacia E.U y los efectos de las remesas en una comunidad.

La emigración ilegal, que es la predominante, es cara, los coyotes cobran por conducirlos \$60,000, otros pagan de 7,000 a 8,000 dólares, además de \$13,000 en la línea fronteriza como pago a las mafias que los extorsionan para pasar.

La mayoría trabaja en los ranchos norteamericanos y esa es la fuente para enviar remesas con las que amplían sus casas en la cuenca y mejoran la vida de sus familias. Otros dicen pagar 4,000

dólares y cuotas en cada reten federal para que no los bajen del vehículo en que viajan y finalmente pagan una extorsión de \$13,000 a \$10,000 a las mafias que controlan el paso de los inmigrantes.

Así, la emigración se fortalece como aportadora de divisas para la economía de la cuenca, la gente de ahí plantea que viven de exportar a sus hijos a E.U.

Los que trabajan en la región también acuden a San Felipe y proceden de El Mastranto, El Tecolote y Luz de Trancas. Los que van a Guanajuato proceden de Paredones, Terrero de Trancas y Laborcilla de Arriba.

1.1.1. Agricultura de Riego

La presa Álvaro Obregón también conocida como El Gallinero se fundó en 1934 aunque desde antes de esa fecha ya habían canales de tierra, para irrigar 1,200 ha aproximadamente (Figura 68).



Figura 68. Presa Álvaro Obregón o “El Gallinero”

La presa se ubica dentro de la cuenca pero sus aguas irrigan superficies de ejidos y pequeñas propiedades que en casi su totalidad se ubican fuera de ella.

Son actualmente 401 usuarios que pertenecen a 10 ejidos y pequeñas propiedades.

El volumen de la presa es de 12 millones de metros cúbicos y la superficie total irrigada es de 806 ha, sin embargo, se considera que la superficie es mayor porque los usuarios registran una superficies menores a la que irrigan.

El área urbana de Dolores Hidalgo dificulta seriamente el riego porque la zona de protección del canal se invade, lo obstruyen y hay tomas clandestinas. El canal capta basura, se le utiliza como descarga de agua pluvial y la Dirección Municipal de Obras Públicas no considera el mantenimiento del canal, adicionalmente las constructoras llenan sus pipas con el agua del canal.

En este contexto, el ejido Don Sebastián, que es el penúltimo, tiene 6 usuarios pero se mantienen activos 3 porque es difícil que llegue el agua.

La mayoría de los usuarios son adultos o han fallecido sin corregir su documentación, además de que sus tierras no son productivas. Los ejidos El Cerrito de San Pablo y San Antonio del Gallinero tienen acta constitutiva pero no tienen título parcelario.

En contraparte, el ejido Dolores quedan 33 usuarios cuya la mayoría trabaja aún la tierra, aunque eran 54 y disminuyeron en un plazo breve.

Los usuarios pagan \$100 por hectárea y se da un riego mensual o cada 21 días, la mayoría siembra maíz o alfalfa, además de chile, frijol, sorgo, avena y frutales.

El agua no tiene medición, sólo algunos tienen riego por aspersión, la mayoría riega por gravedad a través de acequias, canales y tubos.

Los que tienen alfalfa sacan de 60 a 100 pacas por hectárea y dura unos 5 años y al año hacen por lo menos 6 cortes. En el maíz necesitan 6 riegos, tarda 3 a 4 meses en crecer y hacen dos cosechas.

En noviembre y diciembre se cierra la presa y se limpia el canal en esa fecha y en Semana Santa.

Actualmente se ha entubado una parte del canal 1. La pequeña propiedad no ocupa la mayor parte de la superficie regable. Canal 2 se irrigan los ejidos Los Carrillo, Llanito, Jesús María, San Antonio del Gallinero y pequeños propietarios.

Los ejidatario pagan por media hectárea y hasta por 5 ha. Y la mayoría tienen parcela de 1.5 a 2.5 ha. En la pequeña propiedad la superficie mayor es de 30 ha.

San Antonio del Gallinero tiene pozos y derecho al canal. Lucio Lesser, propietario de la hacienda El Gallinero, riega por goteo 7 ha, y el promedio de superficie es de 5 a 10 ha, pero los que menos tienen son 0.5 ha.

Los usuarios que cuentan con riego también van disminuyendo, en 2001 eran 380 y en 2018 quedan 351, en otros los cambios son menos significativos y la pequeña propiedad también ha disminuido de 79 a 65 en ese periodo de 17 años (Cuadro 31).

Cuadro 31. Usuarios de riego y superficies por ejido y pequeña propiedad.

Ejidos y pequeños propietarios	Superficie	Usuarios		Superficie promedio/usuario	Rango de parcelas
		2001	2018		
Pequeña Propiedad	146	79	65	1.85	
Ejido Jesús María	110.5	53	45	2.08	1 a 6
Ejido Dolores	111	52	33	2.13	1.68 a 7.69
Ejido Gallinero	70.5	41	44	1.72	0.37 a 4.5
Ejido Llanito	106.5	38	37	2.80	0.79 a 8.9
Ejido Tajo	74.5	30	29	2.48	1.01 a 7.93
Ejido 10 de abril de Cerrito San Pablo	51	26	27	1.96	¿
Ejido Los Carrillo	31.5	19	18	1.66	0.73 a 3.94

Ejidos y pequeños propietarios	Superficie	Usuarios		Superficie promedio/usuario	Rango de parcelas
		2001	2018		
Ejido Rioyos	61.5	19	26	3.24	0.83 a 6.31
Ejido San Antonio del Gallinero	24.5	12	20	2.04	1 a 2
Ejido Don Sebastián	17.5	11	6	1.59	1.74 a 4.25
Ejido San José de Badillo	1	1	1	1.00	2
Total	806	380	351	2.12	

Fuente de datos: ASPA, Unidad de Riego de la Presa Álvaro Obregón "El Gallinero" A.C.

Cada uno de los 10 ejidos tiene 2 representantes, y son 336 ejidatarios. La pequeña propiedad, compuesta por 65 usuarios representa un voto.

En este escenario, aun disponiendo de riego, progresivamente los usuarios van disminuyendo. Hay tierras abandonadas, tierras de cultivo donde se han construido viviendas y otro tipo de instalaciones y finalmente, los usuarios han emigrado o vendido su tierra.

Son una cantidad significativa, aproximadamente 50, los que no hacen producir su tierra. Hay una alta frecuencia en el arrendamiento de la tierra y en el trabajo a medias. Son pocos los casos que tienen en producción 4 o 5 parcelas.

Una hectárea de alfalfa produce de 80 a 100 pacas en un corte de una hectárea, son \$50 000 mensuales durante 8 meses y si se cuenta con maquinaria la utilidad es mayor. Sin embargo, muchos productores, con escasos recursos, no quieren sembrar por lo alto de los costos.

El maíz da una cosecha, se vende a \$3 o \$3.5 el kg. y el gasto hecho tiene la posibilidad de recuperarse al año, por lo que fundamentalmente se destina para el ganado y muy pocos son los que lo venden. A la vez, escasean los trabajadores porque exigen un salario mayor al que se le paga en la región.

Los cultivos principales son el maíz, seguido por la alfalfa, en superficies mucho menores se siembra frijol, avena, frutales y otros (Cuadro 32).

Cuadro 32. Cultivos que se siembran con riego en los ejidos y pequeña propiedad.

Ejidos y pequeños propietarios	Superficie por cultivo						
	Maíz (ha)	Alfalfa (ha)	Frijol (ha)	Avena (ha)	Frutales (ha)	Peces (ha)	Abrevadero (ha)
Pequeña Propiedad	120	2	5	3	3.5	0.5	12
Ejido Jesús María	50	59	1				0.5
Ejido Dolores	70	35	2	3.5			0.5
Ejido Gallinero	46	23.5		1			
Ejido Llanito	29	61					16.5
Ejido Tajo	23.5	50	1				
Ejido 10 de abril de Cerrito San Pablo	25	26					
Ejido Los Carrillo	18	10.5			0.5		2.5

Ejidos y pequeños propietarios	Superficie por cultivo						
	Maíz (ha)	Alfalfa (ha)	Frijol (ha)	Avena (ha)	Frutales (ha)	Peces (ha)	Abrevadero (ha)
Ejido Rioyos	19	41	1.5				
Ejido San Antonio del Gallinero	13.5	10		1			
Ejido Don Sebastián	6.5	11					
Ejido San José de Badillo	0.5	0.5					
Total	421	329.5	10.5	8.5	4	0.5	32

Fuente de datos: ASPA, Unidad de Riego de la Presa Álvaro Obregón "El Gallinero" A.C.

1.3.3.9 Organizaciones

En la cuenca no hay presencia notoria de organizaciones de productores con fines productivos, salvo una asociación de productores rurales que se dedican a la pesca

En la parte alta de la cuenca se recuerdan los trabajos de conservación de suelo y agua promovidos por un programa de microcuencas, se manifiesta que con los trabajos realizados disminuyó su dedicación a la extracción de carbón y esa fue una experiencia organizativa en las comunidades de carácter conservacionista en un área donde la economía se sustenta en la extracción de recursos naturales.

Se recuerda también como una acción colectiva que abarcó a la mayoría de los productores de lugares como Picones, Refugio de Trancas y otros.

En otras partes de la cuenca se destaca la mayor participación de las mujeres en acciones de beneficio comunitario.

La CNC tiene presencia en la mayoría de la cuenca, también figuran organizaciones como la CCC, UGCOM, CCI y Antorcha Campesina, principalmente en Ojo de Agua. En otros lugares destaca la apatía de la población debido a su diversidad de ocupaciones y de intereses, lo que da como resultado una participación escasa.

1.3.3.10 Marginación

En las localidades de la cuenca hay presencia de una serie de programas de corte asistencial y algunos de apoyo a la producción. Son comunes el PROSPERA, Pan sin Hambre, de carácter estatal y que consiste en la entrega cada dos meses de un bulto de maíz, 10 kg. arroz, 10 kg. de frijol, 12 botellas de aceite. También se entregan recursos a través de 70 y Más, PESA, REPROCOTM y Procampo. También hay programas de empleo temporal y entrega de bienes, como calentadores solares.

La abundancia de este tipo de programas se correlaciona con un contexto de múltiples carencias socioeconómicas de la población. La cobertura y operación de los recursos ha generado desacuerdos en las localidades por la falta de imparcialidad que deja gente al margen a pesar de que reúne las condiciones para ser incluida.



Figura 69. Una vivienda típica de la cuenca.

En una muestra de 27 localidades de la cuenca en el año 2010 se manifiesta un margen de marginación alto, con un índice de marginación promedio de -0.2297 y en 1995 el grado de marginación también era alto pero su índice de marginación era mayor, de -0.0953

En un periodo de 15 años se observó un cambio ligero en la marginación de esas comunidades.

En 2010 fueron 10 localidades específicas las que disminuyeron su marginación, cambiaron su grado de marginación de muy alto a alto y el índice de marginación disminuyó, en 1995 era del 0.2645 y en 2010 fue de -0.4351 (Cuadro 33).

Cuadro 33. Disminución de la marginación en la cuenca en 1995 y 2010.

Municipio	Localidad	Población		Marginación 2010		Marginación 1995		Ocupación
		2010	1990	Índice	Grado	Índice	Grado	Sector primario 1990 (%)
D. Hgo.	San Elías*	12	13	-2.062	Muy bajo	-0.395	Alto	
D. Hgo.	Los Pocitos	41	50	-1.047	Medio	-0.407	Alto	100
D. Hgo.	La Luz de Trancas	78	100	-0.717	Alto	0.093	Muy alto	50

Municipio	Localidad	Población		Marginación 2010		Marginación 1995		Ocupación
		2010	1990	Índice	Grado	Índice	Grado	Sector primario 1990 (%)
D. Hgo.	Paredones	283	250	-0.607	Alto	0.116	Muy alto	52.38
D. Hgo.	Terrero de Trancas	272	263	-0.444	Alto	0.127	Muy alto	94.12
D. Hgo.	Huizachal	61	58	-0.371	Alto	0.709	Muy alto	68.75
D. Hgo.	Rancho de Guadalupe	1008	779	-0.007	Alto	0.25	Muy alto	57.26
D. Hgo.	Puerta del Cerrote	173	204	0.104	Alto	0.398	Muy alto	72
D. Hgo.	La Presa del Gallinero	281	281	0.19	Alto	0.897	Muy alto	67.24
D. Hgo.	Rancho Nuevo del Gallinero	59	41	0.61	Alto	0.857	Muy alto	46.67
Total		2236	1897					
Promedio				-0.4351	Alto	0.2645	Muy Alto	60.3

*El dato de 1995 corresponde al de 2000

Fuente de datos: CONAPO, 2010; CONAPO, 1995.

Particularmente mejoraron su situación el caserío de San Elías, que tuvo un grado de marginación muy bajo y Los Pocitos que avanzó de un grado alto a uno medio.

Estas localidades de la cuenca son las mejor posicionadas en cuanto a que tienen la menor marginación en la cuenca y han mejorado de manera destacada en un periodo de 1995 a 2010.

Asimismo, la mayoría de las localidades permanecieron en el mismo grado de marginación alto, fueron 13 las que se ubican en esa situación, aunque 8 de ellas tuvieron una menor marginación expresada en el índice de marginación (Cuadro 34).

Cuadro 34. Localidades con igual marginación de 1995 a 2010.

Municipio	Localidad	Población		Marginación 2010		Marginación 1995		Ocupación
		2010	1990	Índice	Grado	Índice	Grado	Sector primario 1990 %
D. Hgo.	La Laborcilla de Arriba	99	105	-0.6	Alto	-0.15	Alto	55
D. Hgo.	El Refugio de Trancas	431	537	-0.597	Alto	-0.342	Alto	54.1
D. Hgo.	San Elías	468	482	-0.52	Alto	-0.584	Alto	72.09
D. Hgo.	Las Aguilillas	31	47	-0.509	Alto	-0.466	Alto	75
D. Hgo.	Trancas Viejas	96	240	-0.426	Alto	-0.087	Alto	

Municipio	Localidad	Población		Marginación 2010		Marginación 1995		Ocupación
		2010	1990	Índice	Grado	Índice	Grado	Sector primario 1990 %
D. Hgo.	El Mastranto	201	281	-0.421	Alto	-0.116	Alto	75
D. Hgo.	Ciprés	53	73	-0.358	Alto	-0.168	Alto	100
D. Hgo.	El Molino	329	323	-0.173	Alto	-0.242	Alto	44.19
D. Hgo.	Los Juárez	95	150	0.118	Alto	-0.173	Alto	
D. Hgo.	El Banco (San Vicente de la Providencia)	83	75	0.283	Alto	-0.026	Alto	
Gto.	Potrero (La Ciénega del Potrero)	128	95	0.412	Alto	-0.16	Alto	95
D. Hgo.	Palo Dulce	12	20	1.087	Muy alto	0.203	Muy alto	50
D. Hgo.	Rancho Viejo	24	36	2.563	Muy alto	1.557	Muy alto	94.44
Total		2050	2464					
Promedio				0.0661	Alto	-0.058	Alto	54.98

Fuente de datos: CONAPO, 2010; CONAPO, 1995.

Solamente 4 localidades tuvieron un retroceso importante que implicó un grado de marginación más crítico en ese periodo de 15 años, las cuatro localidades tenían un grado de marginación bajo o medio y en 2010 fue alto o medio (Cuadro 35).

Sin embargo, en 1995 eran las comunidades que mejor posicionadas estaban, con el menor grado de marginación en la cuenca.

Cuadro 35. Localidades con incremento de la marginación de 1995 a 2010.

Municipio	Localidad	Población		Marginación 2010		Marginación 1995		Ocupación
		2010	1990	Índice	Grado	Índice	Grado	Sector primario 1990 %
D. Hgo.	Trancas	486	322	-1.002	Medio	-1.375	Bajo	23.6
D. Hgo.	El Tecolote	227	305	-0.633	Alto	-1.031	Medio	63.33
D. Hgo.	Estancia de Zamarripa	360	384	-0.615	Alto	-0.689	Medio	75.34
Gto.	Picones	37	49	-0.461	Alto	-1.1	Medio	75
Total		1142	1202					
Promedio				-0.6778	Alto	-1.0487	Medio	59.31

Fuente de datos: ; CONAPO, 2010; CONAPO, 1995.

Actualmente el grado de marginación promedio de esta muestra de localidades de la cuenca es alto pero con una tendencia ligera a mejorar su situación en lo general.

En 1995 la mayor parte de la población se ocupaba en actividades primarias, básicamente en el trabajo de la tierra, sin embargo, las 10 localidades que mejoraron al decrementar su índice de marginación eran las que tuvieron el mayor promedio de población dedicada al trabajo de la tierra con un promedio de 60.8%

Por acción de las remesas que provienen de E.U. la imagen de las localidades es a veces contradictoria en cuanto a las viviendas que las integran y por la abundancia de automóviles en las localidades. Hay carencias económicas amplias en la población pero a juicio de los propios vecinos de la cuenca, la pobreza no alcanza niveles extremos.

1.3.3.11 Conflictos Sociales

La inseguridad es un problema vigente en las localidades de la cuenca, en los últimos años han sido frecuentes los asaltos a peatones, a casas habitación, a autobuses, inclusive asesinatos a mano armada y la aparición de personas asesinadas que no son de la región.

Actualmente hay cierta inquietud por la inseguridad, las viviendas que las familias emigradas han dejado solas han sido saqueadas. Simultáneamente se ha observado un incremento notable en el consumo de alcohol y de drogas que incluye principalmente a jóvenes e inclusive a niños.

En los años recientes la integración de las mujeres en el trabajo económicamente remunerado implica una ausencia mayor de los adultos en los hogares, lo cual hace más propicio que los hijos menores se conduzcan con mayor independencia y riesgo de vincularse con prácticas delincuenciales, particularmente si se encuentran en un medio donde el alcohol y la droga se ofrecen y la incitación social está presente.

Diversos puntos de la cuenca son distribuidores de gasolina de bajo precio, extraída ilegalmente (tlachichol) fuera de la cuenca, es de conocimiento público que son bandas delincuenciales organizadas las que dominan este tráfico y se vinculan también con el de la droga.

Se sabe de familias que tienen un nivel de consumo y que no hay conocimiento de las actividades que originan su ingreso, por lo que, aunado a otras características se les identifica como integrantes de estas organizaciones que trafican con la gasolina ilegal y en segundo plano con drogas, éstas últimas aunque no representan el principal negocio de esas organizaciones tienen, sin embargo, plantaciones en el interior de la cuenca.



Figura 70. Una advertencia escrita de los vecinos a la delincuencia

Otro problema importante en la cuenca es el abigeato. Este es un problema ya viejo que se ha incrementado en los últimos años. Es realizado tanto por gente de fuera de la cuenca como de su interior. Suelen sacrificar a los animales en el agostadero para llevarse solo las partes principales de la carne. Hay brechas para llevarse el ganado y roban desde una cabeza hasta el hato completo. La gente opta por vender barato. Este problema está presente en la mayor parte de la cuenca.

Además a lo largo del tiempo se acumularon conflictos agrarios suscitados por superficies afectadas pero que no fueron ejecutadas o bien, que tardaron mucho tiempo en efectuarse y en esos lapsos, los antiguos dueños vendieron las tierras en disputa generando hasta el presente juicios que potencialmente pueden confrontar a los interesados, un caso es el de aproximadamente 1,000 ha que afecta a la hacienda El Gallinero.

1.3.4 Conclusiones

Una gran parte de los productores de la cuenca mantienen su condición de minifundistas, agricultores de temporal y sin disposición de una tecnología moderna. El producto de su trabajo de la tierra tiene como finalidad la obtención de alimento para su familia y su ganado y poco es el excedente que ocasionalmente pueden obtener.

Les falta agua para aspirar a rendimientos mayores y para cultivar otros productos. Hay opciones productivas que pueden perfilarse como cultivos más rentables y con un mercado demandante, como es el caso del nopal. Sin embargo, además de la carencia de recursos económicos para invertir, la población de productores enfrenta otros problemas para la agricultura.

Los que están próximos a los centros urbanos, Dolores Hidalgo principalmente, son avasallados por la urbanización y la tierra es demandada para el mercado inmobiliario de la construcción. Y paradójicamente es ahí donde la tierra tiene acceso al riego.

Por otro lado, es fuerte la tradición entre los adultos respecto a la agricultura de subsistencia, es un fuerte vínculo cultural en la que se le asigna a la tierra la función de producir alimento para consumo propio y tal función se complementa con el ingreso que se obtiene a través del salario que incluye a las remesas que son enviadas desde el extranjero.

Esta circunstancia sustrae parcialmente a los productores de los altibajos propios del mercado, el dinero que no pueden obtener a través de su producción lo reciben por el trabajo asalariado tasado en dólares en E. U.

Así, la necesidad de hacer más productiva la agricultura no es un imperativo determinante en la economía y en las expectativas de los productores.

La tradición implica tener directamente el control de una actividad productiva, con las limitaciones que le son propias, pero con la certeza de contar con alimento sin la intermediación del mercado, con la posibilidad de disponer además de un excedente y también con el riesgo de afrontar la sequía, las plagas y otros eventos naturales. Esa tradición genera finalmente una seguridad existencial y económica, aunque sea reducida y, a la vez una identidad compartida con su comunidad.

Sin embargo, la cuenca atraviesa por una transición hacia algunos polos de agricultura empresarial y hacia una creciente proletarización de los habitantes, que para los que trabajan en E.U. ha representado una fuente de progreso económico y también de rompimiento cultural.

Hasta el momento, la agricultura y la ganadería no son actividades económicamente atractivas, entre los grupos con mayores recursos económicos se encuentran personas cuyas fuentes de ingreso no se vinculan directamente con estas actividades.

Colateralmente hay una minoría de productores que emergen con recursos para acumular y concebir la agricultura como una fuente de ganancia económica, por lo que en consecuencia, tienen un interés y una expectativa mayores para buscar nuevas opciones de cultivos, tecnología y mercado para la agricultura.

Actualmente la cuenca mantiene una vida social marcada por conflictos como la creciente inseguridad generada por una delincuencia local relativamente incipiente y, sobre todo, por la acción del abigeato, práctica frecuente y extendida en la cuenca y por el *huachicoleo*.

En el plano agrario hay varias situaciones potencialmente delicadas que consisten en disputas de tierra generadas por resoluciones agrarias no ejecutadas que generaron acciones de compra venta de la tierra de carácter ilegal, que actualmente se ventilan en juzgados y cuyos efectos pueden llegar a trastocar la vida de las localidades.

La cuenca avanza en la característica de que su población tiene un espacio físico en su interior pero con una vida laboral y económica que se realiza fuera, principalmente en el extranjero.

1.4 PROYECTOS PRODUCTIVOS AGRÍCOLAS, FRUTÍCOLAS, PECUARIOS Y FORESTALES CON APROVECHAMIENTO DE AGUA Y ENERGÍA RENOVABLE

En general, como parte de los proyectos productivos agrícolas y frutícolas con aprovechamiento de agua y energía renovable, se realizan estudios de las características físicas de la zona de estudio que incluye reconocer la tecnificación actual del manejo y uso del uso del suelo y del agua y reconocer la potencialidad sustentable la agricultura de temporal y de riego.

La identificación del uso sustentable de los recursos naturales permite fomentar la utilización de energías renovables que contribuyan a elevar los rendimientos agrícolas, pecuarios y forestales, así como el mitigar el impacto al medio ambiente, promover la sustentabilidad e incrementar la rentabilidad productiva y de producción del agua y el suelo.

En este contexto, en la República Mexicana se tiene un gran potencial de recursos energéticos renovables cuyo desarrollo permite una mayor diversificación de fuentes de energía, ampliar la base industrial en un área que puede tener valor estratégico en el futuro, y atenuar los impactos ambientales ocasionados por la producción, distribución y uso final de las formas de energía convencionales (Semarnat, 2013).

Con base en lo mencionado, se ha desarrollado un programa especial de aprovechamiento de energías renovables teniendo como marco para su definición los programas sectoriales, que especifican los objetivos, prioridades y políticas que rigen el desempeño de las actividades del sector administrativo de que se trate y a su vez, los programas especiales construidos con base en el Plan Nacional de Desarrollo y los Programas Sectoriales, referidos en las prioridades del desarrollo integral del país y actividades relacionadas con dos o más dependencias coordinadoras de sector (DOF, 2014).

En este aspecto, entre los Estados de la República Mexicana que han considerado proyectos productivos agrícolas y frutícolas con aprovechamiento de agua y energía renovable, se encuentra el Estado de Guanajuato, que en sus sistemas de planeación municipal de desarrollo y Plan de Gobierno consideran instrumentos técnicos que fortalecen la capacidad de gestión de la administración local, de aquí la necesidad de establecer las bases para de su elaboración y aplicación.

A partir de estas premisas ha surgido la necesidad, por parte del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), de generar proyectos productivos en el área de influencia de la microcuenca de la presa "El Gallinero", en la cual se realizarán estudios del medio físico y se desarrollara una metodología dinámica en el aspecto social para enmarcar las experiencias de los productores y a partir de ello proponer proyectos productivos agrícolas y frutícolas que considere, por ejemplo, la captación de agua de lluvia para su aprovechamiento en la producción de cultivos en invernaderos, la aplicación del riego con energía solar, así como, tecnificar los sistemas de riego para eficientar el uso del agua, además de impulsar los huertos frutícolas con especies rentables como aguacate, nogal, manzana, durazno, etc., con riego tecnificado, entre otros.

1.4.1 Proyectos relacionados con planes de reconversión productiva en una cuenca hidrográfica

1.4.1.1 Conceptos generales

En el marco de este trabajo se considera una cuenca hidrológica como unidad mínima de gestión en la cual se efectúa una caracterización física para obtener un diagnóstico del manejo, conservación y uso del agua con lo cual se obtengan los conocimientos que permitan planificar un uso sustentable en proyectos productivos agrícolas y frutícolas con aprovechamiento de agua y energía renovable, así como en proyectos relacionados con planes de reconversión productiva.

Conviene mencionar que dentro de las cuencas hidrológicas y por su posición en el contexto físico, para los proyectos productivos se puede decir que se tienen proyectos en las áreas montañosas o cabeceras de cerros, limitadas en su parte superior por las líneas divisorias de agua, esto es proyectos en la cuenca alta; proyectos en la zona donde se juntan las aguas recogidas de cuenca alta y el río principal mantiene un cauce definido, esto es, proyectos en la cuenca media y; proyectos donde el río desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como estuarios y humedales, esto es proyectos en la cuenca baja.

En este contexto, con el diagnóstico de la problemática de la cuenca y las condiciones climáticas, se elabora el Plan de Reconversión Productiva de la Cuenca que contendrá el diagnóstico biofísico y socioeconómico y los proyectos productivos forestales, agrícolas y frutícolas y, pecuarios. El Plan contendrá las áreas de la cuenca donde se pueden implementar las acciones propuestas haciendo un uso eficiente del agua mediante el uso de energías renovables.

Los proyectos relacionados con planes de reconversión productiva definirán actividades agropecuarias para diseñar y establecer unidades de producción tecnificadas el manejo y uso de cultivos, rehabilitar suelos, entre otros, considerando su sustentabilidad y el impacto ambiental de estas a fin de mejorar el ingreso de los productores mediante la conversión de áreas a cultivos de mayor rentabilidad.

Estos proyectos irán dirigidos a usuarios de las cuencas que se dediquen a actividades agrícolas y cuyos predios estén ubicados en zonas de bajo potencial productivo, de alta siniestralidad y se ubiquen en zonas con potencial productivo.

1.4.1.2 Cuenca hidrográfica y planes de reconversión

Es necesario considerar que las cuencas suelen dividirse en subcuencas y a su vez estas pueden dividirse en microcuencas, que por definición esta última es un área cuyo drenaje descarga en el cauce principal de una subcuenca. Asimismo, una microcuenca presenta un área cuyo drenaje va directamente a la corriente principal de una microcuenca, llamada quebrada (Casaverde, 2011, mencionado por Ordoñez, 2011).

En este contexto, al implementar un proyecto de reconversión productiva agropecuario, este puede ser aplicado a toda la cuenca o ser aplicado en la cuenca alta, cuenca media o cuenca baja, pudiendo incluir una o diversas microcuencas o subcuencas con objetivos tan diversos como cambio de patrón de cultivos, agricultura con riego tecnificado, comercialización de productos en los mercados regionales, nacionales o internacionales, creación de complejos agroindustriales, capacitación a usuarios agropecuarios, mejoramiento ganadero, entre otros, teniendo en todos los

casos programas de asesoría, seguimiento y evaluación de los proyectos de Reconversión Productiva.

1.4.1.3 Estudios de suelos en cuencas hidrográficas

Tanto los proyectos productivos como los planes de reconversión se incluyen entre otros temas, la asistencia técnica para la conversión de cultivos en áreas con potencialidad productiva baja, así como asesorías para la aplicación de paquetes tecnológicos en áreas con potencial productivo medio y alto

En este contexto, el conocimiento de las condiciones físicas del área es imprescindible, ya que es necesario efectuar un diagnóstico real y actual de los diversos factores que influyen en la diversidad de los patrones de producción, para con ello generar alternativas fundamentadas en las condiciones de la cuenca para realizar transferencias tecnológicas a los usuarios de la cuenca.

De esta manera, una complementación al conocimiento de la cuenca son los estudios edáficos, ya que el suelo es una parte fundamental en la producción y productividad agropecuaria.

1.4.2 Estudio de caso: Cuenca Presa El Gallinero

1.4.2.1 Características generales de la cuenca

La microcuenca de la presa “El Gallinero” es parte de la Subcuenca del Arroyo de Dolores Hidalgo, donde este arroyo nace a unos 13 km. al Noreste de la ciudad de Guanajuato con el nombre de Río Trancas y escurre en 3 direcciones principales que son sucesivamente, Noreste, Este y Sureste, de manera que forma un arco convexo hacia arriba de unos 45 km. de desarrollo total desde el origen a la desembocadura, a 6 km. al Noreste de la ciudad de Dolores Hidalgo. En ese punto también se ubica la Presa Álvaro Obregón, también conocida localmente como presa “El Gallinero”, a 7 km aguas abajo de la cortina de la presa, el arroyo cruza la ciudad y después de 7 km. llega al Río Laja. Gobierno del Estado de Guanajuato, 2018.

El área de influencia de la microcuenca de la presa “El Gallinero” se ubica en los municipios de Dolores Hidalgo y Guanajuato y se ubica en la parte central del triángulo que conforman las poblaciones de Dolores Hidalgo, Cuna de la Independencia, San Felipe y la Ciudad de Guanajuato (Figura 71).

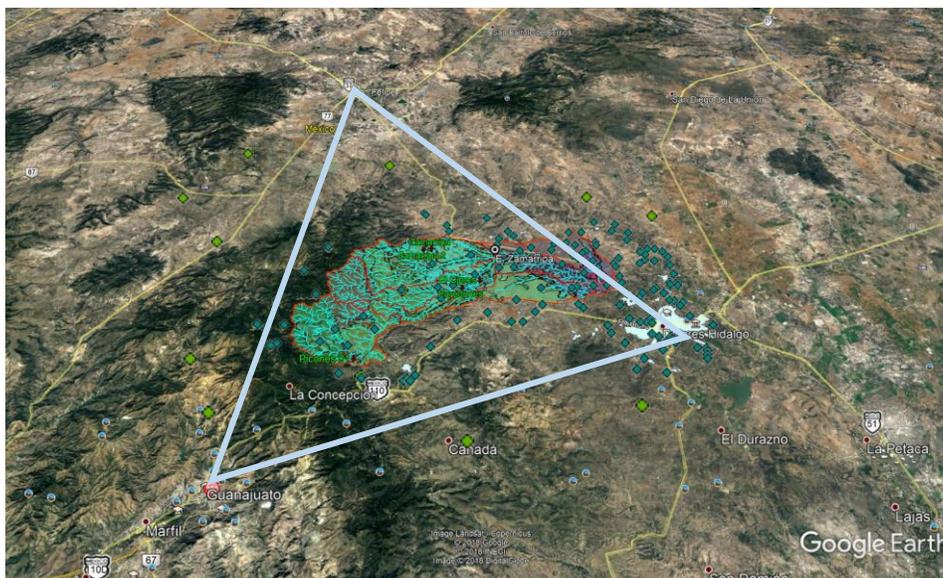


Figura 71. Localización de la Microcuenca hidrológica de la presa “EL Gallinero” en el Estado de Guanajuato (Google).

Con respecto a la parte cuenca media y cuenca alta, se presentan en la región L “Cordillera fuertemente erosionada y barrancas profundas”, subregión La5, con formas montañosas fuertemente disectadas, barrancas y cañadas; predominan en un 80% rocas ígneas del tipo basaltos, ignimbritas, riolitas, andesitas y tobas y el 20% son rocas sedimentarias del tipo materiales detríticos. La hidrología se caracteriza con patrones de drenaje paralelo y detrítico, densidad de drenaje alto. La temperatura media anual varía de 15.9 a 19.5°C, precipitaciones de 475.7 a 631.4 mm, sus suelos son de textura media, las unidades de suelo predominantes son castañozem, litosol y rendizas. Los tipos de vegetación primaria son pastizales, mezquital, bosque de encino y bosque de pino encino (Cuanalo, *et al.*, 1989).

En la zona de influencia de la microcuenca de la presa “El Gallinero” se tiene llanuras en la zona baja y mesetas de erosión en la sierra. Asimismo, se presentan sistemas montañosos junto con dos discontinuidades fisiográficas, limitan los sistemas centrales por el oeste, formando la Sierra de Guanajuato. Las pendientes predominantes son menores al 8% en la zona baja y pendientes mayores de 20% en la zona media y montañosa.

1.4.2.2 Unidades de suelos en la cuenca

Las características de los suelos se obtuvieron al analizar las cartas Edafológicas Guanajuato F14C43 y Dolores Hidalgo F14C44 escala 1:50,000 de CETENAL (SPP, 1973), que abarcan la cuenca Presa El Gallinero. Las imágenes se superpusieron sobre una imagen de Google. Posteriormente se verificó la información en campo mediante un muestreo de suelos para dar algunas recomendaciones de uso agropecuario.

En el área de influencia de la cuenca Presa El Gallinero se ubican básicamente cuatro unidades de suelos, los Feozem lúvico, Luvisol órtico, Regosol éutrico y Fluvisol éutrico. Cabe mencionar que gran parte de la microcuenca presenta topografía ligeramente ondulada a lomerío (mínima superficie, lomerío y terreno montañoso la mayoría del terreno), suelos con texturas medias a finas y fase dúrica (duripán a menos de 50 cm).

El luvisol órtico es la principal unidad de suelos en la zona de la microcuenca de la presa “El Gallinero”, presentándose ya como predominante o como suelo secundario de la unidad de suelo feozem háplico.

El luvisol órtico presente en la microcuenca se caracteriza por acumulación de arcilla en el horizonte de diagnóstico subsuperficial y son de color amarillentos o pardos, se observan en pastizales cultivados o inducidos, además son suelos con alta susceptibilidad a la erosión.

El feozem háplico (HI) es la segunda unidad de suelos en la zona de la microcuenca de la presa “El Gallinero”, pudiéndose presentar como unidad predominante.

Esta unidad de suelos se caracteriza por presentar un horizonte de diagnóstico con altos contenidos de materia orgánica y en nutrientes, siendo en la zona de la microcuenca poco profundos, situados en laderas o pendientes, su principal limitante es roca o cementación en el horizonte subsuperficial de diagnóstico conocida como duripán, se erosionan con facilidad. Su uso potencial puede ser pastoreo o la ganadería con resultados aceptables.

La tercera unidad de suelos en importancia en la microcuenca de la Presa es el Regosol éútrico, que son unidades de suelo con poco desarrollo, sin capas muy diferenciadas entre sí, de hecho, son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen.

En la microcuenca de la Presa se observa que están asociados con litosoles y con afloramientos de roca o duripán, someros, su fertilidad es variable, poca profundidad y pedregosidad de moderada a alta. Se observa que no existe horizonte de diagnóstico.

Potencialmente soportan una amplia variedad de usos, como pastos extensivos de baja carga son su principal utilización. Una recomendación es que en zonas montañosas es preferible mantenerlos bajo bosque.

La unidad de suelos Fluvisol éútrico es la de menor presencia en la microcuenca debido principalmente a que están formados de materiales acarreados por agua. Son suelos muy poco desarrollados, medianamente profundos y presentan generalmente estructura débil o suelta. Estas unidades presentan capas alternadas de arena con piedras o gravas redondeadas, como efecto de la corriente y crecidas del agua en los ríos.

1.4.2.3 Caracterización y descripción de sitios de muestreo en la cuenca Presa El Gallinero

Se seleccionaron diez sitios representativos en la microcuenca y se obtuvo una muestra compuesta que incluye el horizonte superficial de diagnóstico, esto es el Epipedón, y del horizonte de diagnóstico subsuperficial.

Cabe mencionar que en los sitios de muestreo se realizó la evaluación de la conductividad hidráulica por el método del miniinfiltrómetro y las muestras se analizaron en laboratorio para obtener el pH, CE, materia orgánica, nitrógeno inorgánico, fósforo, potasio, calcio, magnesio, textura con separación de arenas, densidad aparente, curva de retención de humedad, conductividad hidráulica y granulometría

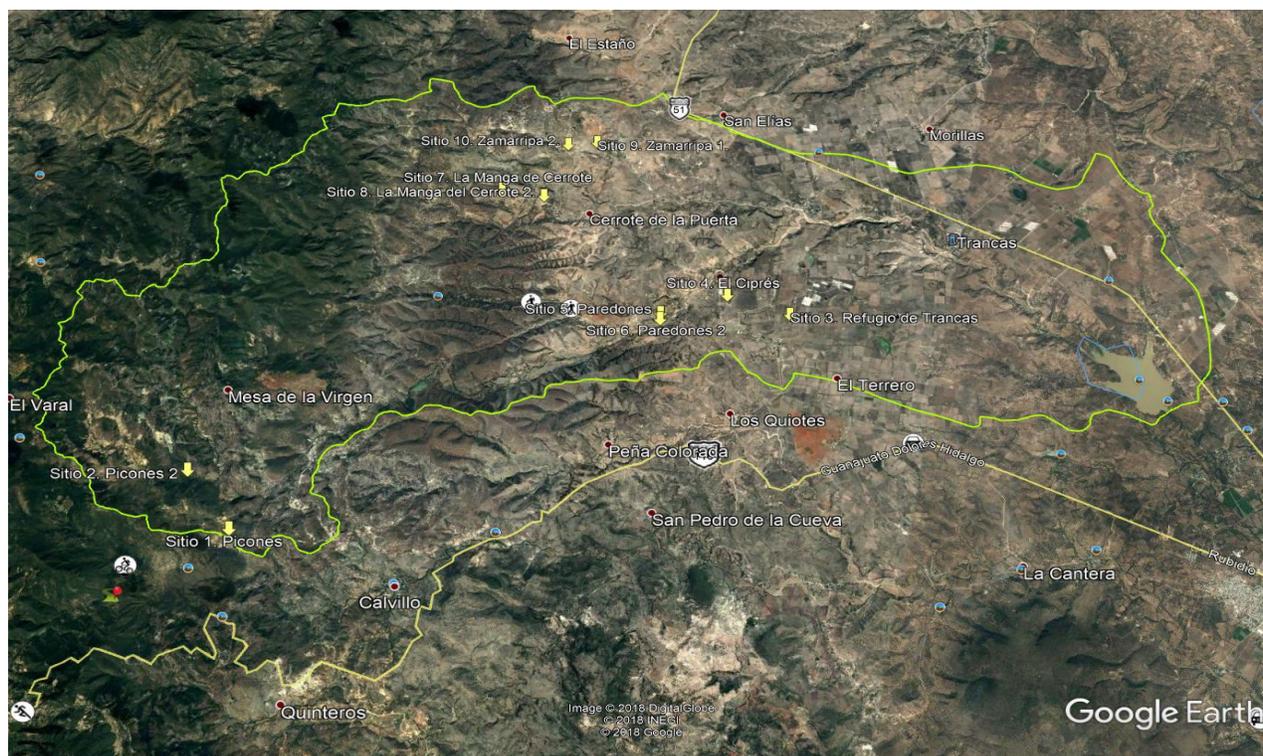


Figura 72. Ubicación de sitios de muestreo de suelos

1.4.2.3.1 Sitio 1. Picones 1.

El sitio 1. Picones 1 se ubica cerca del poblado Picones, en las coordenadas UTM 274,556.16 m E y 2,336,705.25 m N, observándose una pendiente convexa. El punto considerado de muestreo de suelos es un sitio con un drenaje superficial donador, esto es, que el escurrimiento excede a la cantidad de agua que recibe proveniente de pendientes más altas.

En este sitio se observa una alta deforestación, sin uso agropecuario y forestal aparente con ejemplares de encino aislados con vegetación secundaria arbustiva y herbácea cuya altura promedio aproximado es de 2-3 m. cabe mencionar que en colinas aledañas existen zonas boscosas sin explotar (Figura 73).

El color del suelo en seco es 10YR6/4 café amarillento ligero y el color en húmedo es 10YR6/8 café amarillento, por lo cual se puede señalar como epipedón ócrico pedregoso del 7-10% con fragmentos de piedra pequeña de 1.0 a 7.0 cm parcialmente meteorizada; unidad textural Migajón areno arcilloso, estructura en bloques angulares pequeños, permeabilidad son suelos plásticos en húmedo con estructura de bloques angulares pequeños, con porosidad vesicular.

Esta zona de muestreo se ubica en la microcuenca alta, observándose erosión moderada del suelo, lo que permite considerar que con un programa de capacitación a usuarios con proyectos de reconversión productiva que incluya el establecimiento de programas productivos como la explotación maderable y el aprovechamiento de cultivos perennes y frutícolas con acciones de captación de agua de lluvia fomentaría la utilización de energías renovables que contribuyan a mitigar el impacto ambiental observable en la foto de la Figura 73 y promovería la sustentabilidad e incrementar la rentabilidad productiva y de producción del agua y el suelo.



Figura 73. Panorámica del sitio 1. Picones 1

1.4.2.3.2 Sitio 2. Picones 2.

El sitio 2. Picones 2 se ubica cerca del poblado Picones, en las coordenadas UTM 273,106.00 m E y 2,337,976.00 m N. Se observa una pendiente convexa. El punto considerado de muestreo de suelos es un sitio con un drenaje superficial donador, esto es, que el escurrimiento excede a la cantidad de agua que recibe proveniente de pendientes más altas.

En este sitio se observa un bosque de encino abierto con árboles cuya altura promedio es de aproximado es de 3-5 m y vegetación secundaria arbustiva y herbácea. En el suelo se observa hojarasca cubriendo la superficie en un 75 % aproximado (Figura 74). Probablemente se esté iniciando una desforestación controlada, ya que existen vestigios de corte de árboles en forma aislada y musgos en zonas con luz del sol directa. Se observan terrazas en curvas a nivel.



Figura 74. Panorámica del sitio 2. Picones 2

El color del suelo en seco es 10YR5/4 café amarillento y el color en húmedo es 10YR4/6 café amarillento oscuro, por lo cual se puede señalar como epipedón ócrico y horizonte subsuperficial

pedregoso. Se observa pedregosidad en el epipedón menor del 1-3 % y fragmentos de piedra de 1.0 a 10.0 cm parcialmente meteorizada; unidad textural Migajón arenoso, estructura en bloques angulares pequeños, permeabilidad son suelos plásticos en húmedo, adherentes, porosidad media tubular y vesicular, con estructura de bloques angulares pequeños,

El área de muestreo se localiza en la cuenca alta, percibiendo una erosión ligera del suelo, en esta zona se podría contemplar programas de capacitación a usuarios con proyectos de reconversión productiva que incluya el establecimiento de programas productivos como la explotación maderable y el aprovechamiento de cultivos perennes y frutícolas con acciones de captación de agua de lluvia fomentaría la utilización de energías y promovería la sustentabilidad e incrementaría la rentabilidad productiva y de producción del agua y el suelo.

1.4.2.3.3 Sitio 3. Refugio de Trancas.

El sitio 3. Refugio de Trancas 2 se localiza cerca del poblado Refugio de Trancas, en las coordenadas UTM 285,786.00 m E y 2,345,276.00 m N. Se observa una pendiente convexa. El punto considerado de muestreo de suelos es un sitio con un drenaje superficial donador, esto es, que el escurrimiento excede a la cantidad de agua que recibe proveniente de pendientes más altas.

En este sitio se observa que el uso del suelo es agropecuario, pastizal natural e inducido con micro relieves irregulares que varían de 5 a 20 cm de altura, probablemente tienen uso pecuario, ya que se observan evidencias del paso de ganado bovino. Este sitio se ubica en la zona baja de la cuenca media (Figura 75).



Figura 75. Panorámica del sitio 3. Refugio de Trancas

El color del suelo en seco es 7.5YR6/3 ligeramente café y el color en húmedo es 7.5YR3/3 café oscuro, se observa un epipedón antrópico ligeramente pedregoso menor al 1% y horizonte subsuperficial ligeramente pedregoso del 1-3 %, parcialmente meteorizada; unidad textural Migajón arcilloso, estructura en bloques angulares pequeños, suelos plásticos y adherentes en húmedo, porosidad media reticular, con estructura de bloques angulares pequeños, pendiente del sitio menor del 2% y erosión del suelo no manifiesta.

El área de muestreo podría participar en programas de mejoras territoriales capacitando a usuarios con proyectos de reconversión productiva que incluya el establecimiento de programas productivos

como el establecimiento de pastos de alta calidad y promoción de la sustentabilidad y rentabilidad productiva y de producción del agua y el suelo.

1.4.2.3.4 Sitio 4. El Ciprés.

El sitio 4. El Ciprés se localiza cerca del poblado El Ciprés, en las coordenadas UTM 284,188.00 m E y 2,345,530.00 m N. Se observa una pendiente irregular convexa con pendiente pronunciada hacia el curso del arroyo. El punto considerado de muestreo de suelos es un sitio con un drenaje superficial donador, esto es, que el escurrimiento excede a la cantidad de agua que recibe proveniente de pendientes más altas.

En este sitio se observa suelo perturbado con matorrales, sin uso agropecuario, desforestado, con pequeñas cárcavas y micro relieves irregulares que varían de 5 a 35 cm de altura. Este sitio se ubica en un lomerío de la cuenca media (Figura 76).



Figura 76. Panorámica del sitio 4. El Ciprés

El color del suelo en seco es 7.5YR5/3 café y el color en húmedo es 7.5YR3/2 café oscuro, se observa un epipedón ócrico ligeramente pedregoso de 1-5% y horizonte subsuperficial dúrico (duripán a menos de 50cm de profundidad), ligeramente pedregoso del 1-3%, parcialmente meteorizada; unidad textural Migajón areno arcilloso, estructura en bloques angulares medianos, suelos plásticos y adherentes en húmedo, porosidad media oblicua entre los agregados de morfología vesicular, con estructura de bloques angulares pequeños, pendiente del sitio menor del 10% y erosión del suelo no manifiesta.

El área de muestreo podría participar en programas de mejoras territoriales y con capacitación a usuarios con proyectos de reconversión productiva que incluya el establecimiento de pastos de alta calidad y promoción de la sustentabilidad y rentabilidad productiva y de producción del agua y el suelo.

1.4.2.3.5 Sitio 5. Paredones.

El sitio 5. Paredones se localiza cerca del poblado Paredones, en las coordenadas UTM 282,696.22 m E y 2,344,674.13 m N. Se observa una pendiente cóncava. El punto considerado de muestreo de

suelos es un sitio con un drenaje superficial donador, esto es, que el escurrimiento excede a la cantidad de agua que recibe proveniente de pendientes más altas.

En este sitio se observa suelo con uso agrícola en descanso, pastizal natural amacollado, con micro relieves de 15-35 cm de altura, que dan la impresión de ser surcos agrícolas en zona de temporal sin uso en al menos un ciclo agrícola. Este sitio se ubica en un lomerío de la cuenca media (Figura 77).



Figura 77. Panorámica del Sitio 5. Paredones

El color del suelo en seco es 10YR5/3 café y en húmedo es 10YR4/4 café amarillento oscuro, se observa un epipedón ócrico pedregoso 5-7% y horizonte subsuperficial dúrico (duripán a menos de 50cm de profundidad), pedregoso del 3%, parcialmente meteorizada; unidad textural Migajón arenoso, estructura en bloques angulares pequeños, suelos masivo en seco y caótica entre agregados tubular, poco plásticos y poco adherentes en húmedo, porosidad media oblicua entre los agregados de morfología vesicular, pendiente del sitio menor del 10% y erosión del suelo ligera.

El área de muestreo podría participar en programas de mejoras territoriales y con capacitación a usuarios con proyectos de reconversión y de sustentabilidad y rentabilidad productiva y de producción del agua y el suelo.

1.4.2.3.6 Sitio 6. Paredones 2.

El sitio 6. Paredones 2 se localiza cerca del poblado Paredones, en las coordenadas UTM 282,725.00 m E y 2,344,490.00 m N. Se observa una pendiente convexa. El punto considerado de muestreo de suelos es un sitio con un drenaje superficial donador, esto es, que el escurrimiento excede a la cantidad de agua que recibe proveniente de pendientes más altas.

En este sitio se observa suelo bosque medio perennifolio de pino y encino, con abundancia de pastos naturales en los claros del bosque. Se observan micro relieves de 10-50 cm de altura, probablemente exista un plan de corte de árboles, ya que se observan evidencias de cortes de árboles. Este sitio se ubica en un lomerío de la cuenca media (Figura 78).



Figura 78. Panorámica del Sitio 5. Paredones

El color del suelo en seco es 10YR6/3 café amarillento pálido y en húmedo es 10YR4/3 café, se observa un epipedón ócrico pedregoso del 10% y horizonte subsuperficial dúrico (duripán a menos de 50cm de profundidad), pedregoso del 10-20 %, parcialmente meteorizada; unidad textural Migajón arenoso, estructura en bloques angulares pequeños, poco plásticos y poco adherentes en húmedo, porosidad media oblicua entre los agregados de morfología vesicular, pendiente del sitio mayor del 10% y erosión del suelo no manifiesta.

El área de muestreo podría participar en programas de mejoras territoriales y con capacitación a usuarios con proyectos de reconversión y de sustentabilidad y rentabilidad productiva y de producción del agua y el suelo.

1.4.2.3.7 Sitio 7. La Manga de Cerrote.

El sitio 7. La Manga de Cerrote se localiza cerca del poblado La Manga del Cerrote, en las coordenadas UTM 277,964.00 m E y 2,347,611.00 m N. Se observa una pendiente regular. El punto considerado de muestreo de suelos es un sitio con un drenaje superficial donador, esto es, que el escurrimiento excede a la cantidad de agua que recibe proveniente de pendientes más altas.

En este sitio se observa suelo desforestado, con pasto natural y cobertura vegetal del 60-70%. Se observan micro relieves de 10-20 cm de altura, sin uso agropecuario. Este sitio se ubica en un lomerío de la cuenca media (Figura 79).

El color del suelo en seco es 10YR5/3 café y en húmedo es 10YR3/3 café oscuro, se observa un epipedón ócrico pedregoso 10-25% y horizonte subsuperficial dúrico (duripán a menos de 50cm de profundidad), pedregoso mayor del 5%, parcialmente meteorizada; unidad textural Migajón arenoso, estructura en bloques angulares pequeños, suelos poco plásticos y poco adherentes en húmedo, porosidad media oblicua entre los agregados de morfología vesicular, pendiente del sitio menor del 15% y erosión del suelo ligera.

El área de muestreo podría participar en programas de mejoras territoriales y con capacitación a usuarios con proyectos de reconversión y de sustentabilidad y rentabilidad productiva y de producción del agua y el suelo.



Figura 79. Sitio 7. La Manga de Cerrote

1.4.2.3.8 Sitio 8. La Manga de Cerrote 2.

El sitio 7. La Manga de Cerrote 2 se localiza cerca del poblado La Manga del Cerrote, en las coordenadas UTM 279,049.00 m E y 2,347,636.00 m N Se observa una pendiente convexa. El punto considerado de muestreo de suelos es un sitio con un drenaje superficial donador, esto es, que el escurrimiento excede a la cantidad de agua que recibe proveniente de pendientes más altas.

En este sitio se observa suelo con matorrales y arbustos amacollados de pasto natural. Se observan una alta pedregosidad mayor del 60% y micro relieves de 10-25 cm de altura. Este sitio se ubica en un lomerío de la cuenca media (Figura 80).



Figura 80. Sitio 8. La Manga de Cerrote 2

El color del suelo en seco es 10YR5/4 café amarillento y en húmedo es 10YR3/4 café amarillento oscuro, se observa un epipedón ócrico pedregoso 10-25% y horizonte subsuperficial dúrico (duripán a menos de 50cm de profundidad), pedregoso mayor del 60%, parcialmente meteorizada; unidad textural Migajón areno arcilloso, estructura en bloques angulares medios, suelos poco plásticos y poco adherentes en húmedo, porosidad media oblicua entre los agregados de morfología vesicular, pendiente del sitio del 15% y erosión del suelo ligera.

El área de muestreo podría participar en programas de mejoras territoriales y con capacitación a usuarios con proyectos de reconversión y de sustentabilidad y rentabilidad productiva y de producción del agua y el suelo.

1.4.2.3.9 Sitio 9. Zamarripa 1.

El sitio 9. Zamarripa 1 se localiza dentro del poblado Estancia de Zamarripa, en las coordenadas UTM 279,970.00 m E y 2,349,668.00 m N. Se observa una pendiente regular. El punto considerado de muestreo de suelos es un sitio con un drenaje superficial donador, esto es, que el escurrimiento excede a la cantidad de agua que recibe proveniente de pendientes más altas.

En este sitio se observa suelo con uso del suelo pecuario con pasto inducido, observándose que es un potrero con pasto natural de la región con micro relieves de 15-35 cm de altura. Este sitio se ubica en un lomerío de la cuenca baja de la cuenca (Figura 81).



Figura 81. Sitio 9. Zamarripa 1.

El color del suelo en seco es 10YR6/3 café muy pálido y en húmedo es 10YR4/4 café amarillento, se observa un epipedón ócrico pedregoso 10-25% y horizonte subsuperficial dúrico (duripán a menos de 50cm de profundidad), unidad textural Migajón areno arcilloso, estructura en bloques angulares medios, suelos plásticos y adherentes en húmedo, porosidad media oblicua entre los agregados de morfología vertical y vesicular, pendiente del sitio del 15% y erosión del suelo no manifiesta.

El área de muestreo podría participar en programas de tecnificación agrícola y capacitación a usuarios con proyectos de reconversión y de sustentabilidad y rentabilidad productiva y de producción del agua y el suelo.

1.4.2.3.10 Sitio 10. Zamarripa 2.

El sitio 9. Zamarripa 1 se localiza próximo al poblado Estancia de Zamarripa, en las coordenadas UTM 279,255.00 m E y 2,349,429.00 m N. Se observa una pendiente regular. El punto considerado de muestreo de suelos es un sitio con un drenaje superficial donador, esto es, que el escurrimiento excede a la cantidad de agua que recibe proveniente de pendientes más altas.

En este sitio se observa suelo sin uso del suelo agropecuario, desnudo en un 40% con pasto natural y matorrales, con micro relieves de 15-20 cm de altura. Este sitio se ubica en un lomerío de la cuenca baja de la cuenca (Figura 82).



Figura 82. Sitio 10. Zamarripa 2.

El color del suelo en seco es 10YR6/4 café amarillento ligero y en húmedo es 10YR6/8 café amarillento, por lo cual se puede señalar como epipedón ócrico pedregoso con grava y fragmentos de piedra pequeña de 1.0 a 20 cm parcialmente meteorizada; unidad textural Migajón arenoso, estructura en bloques angulares medianos, la plasticidad de los suelos es plástico en húmedo y adherentes, porosidad media oblicua entre los agregados de morfología tubular y vesicular, pendiente del sitio mayor de 10% y erosión del suelo leve.

El área de muestreo podría participar en programas de tecnificación agrícola y capacitación a usuarios con proyectos de reconversión y de sustentabilidad y rentabilidad productiva y de producción del agua y el suelo.

1.4.2.3.11 Resultados físico-químicos del muestreo de suelos

Los resultados de laboratorio de las muestras de suelo están pendientes.

1.4.3 Zonificación agroecológica para la producción de cultivos y frutales en la cuenca Presa El Gallinero

Se define la zonificación agroecológica de una cuenca, en este caso de la cuenca Presa El Gallinero que es una cuenca tributaria, como la división del área de la cuenca tributaria en unidades más pequeñas que tienen similares características relacionadas con su aptitud y potencial de producción.

Esta zonificación está basada en combinaciones de suelo, fisiografía y características climáticas y requiere datos climáticos y edáficos de los cultivos, además de los sistemas de manejo bajo los que estos se desarrollan, para que con este proceso se identifiquen tipos de usos de la tierra que son más acordes con la capacidad productiva de los recursos naturales, procurando a la vez el equilibrio y la conservación de los agro ecosistemas (FAO, 1978).

A manera de antecedentes, se puede mencionar que en el sector agrícola de Guanajuato, la superficie sembrada equivale a 969 mil hectáreas considerando cultivos cíclicos y perennes y que a nivel nacional resalta la producción de cebada, maíz en grano, sorgo en grano, alfalfa, brócoli y trigo en grano y que el 10 por ciento de la población económicamente activa de la entidad trabaja en el campo, lo que representa alrededor de 250 mil personas, de los cuales 82.2 por ciento se dedica a la agricultura y el 16.4 por ciento a la ganadería (Sagarpa, 2018).

Considerando el área de influencia de la cuenca Presa El Gallinero, se observa que el paisaje original que predominaba se ha venido modificando radicalmente conforme ha crecido la presión de la población sobre los recursos naturales, ya que las áreas forestales se han reduciendo conforme se ha expandido las superficies dedicadas a las actividades agrícolas, pecuarias o silvícolas, provocando áreas desforestadas con riesgos altos de erosión (Figura 83), o superficies con actividad agrícola de temporal (Figura 84).



Figura 83. Efecto de la deforestación en la cuenca alta de la cuenca Presa El Gallinero, zona con problemas de erosión del suelo



Figura 84. Áreas de la cuenca media con actividad agropecuaria

Con base en lo anterior y considerando que se están proponiendo zonificaciones agroecológicas en la cuenca Presa El Gallinero para producir cultivos y frutales, se utilizaron datos obtenidos en los recorridos, se empleó la información de las cartas topográficas, edafológicas, de uso del suelo de la SPP, 1974 y el plano de erosionabilidad obtenido en este estudio.

La zonificación interpone los planos de unidades de suelo, que incluyen las claves de la unidad de los suelos $\frac{Lo+l+Hh}{2c}$, Luvisol órtico predominante con fase lítica más phaeozem háplico con clase textural media en terrenos con disección severa a terreno montañoso y pendientes mayores de 20%, que presenta acumulación de arcilla en el horizonte de diagnóstico subsuperficial con colores amarillentos o pardos, lo que representa variaciones y acumulaciones de humedad no muy prolongadas, además son suelos con alta susceptibilidad a la erosión.

Asimismo, se observan las claves $\frac{Hl}{2a}$, clave $\frac{Hl}{2b}$ y $\frac{Hl}{2c}$, que significa que es un suelo phaeozem háplico (Hl) con unidades texturales media, con tres tipos de topografía:

- (i) plana a ondulada, en la cuenca baja y media;
- (b) lomerío a terreno montuoso en la cuenca media y
- (c) terrenos con disección severa a terreno montañoso y pendientes mayores de 20%,

Son suelos pardos a amarillentos caracterizados por presentar un horizonte de diagnóstico con contenidos de materia orgánica y nutrientes, siendo en la zona de la cuenca poco profundos, situados en laderas o pendientes, su principal limitante es roca o cementación en el horizonte subsuperficial de diagnóstico conocida como duripán, se erosionan con facilidad. Su uso potencial puede ser pastoreo o la ganadería con resultados aceptables.

También se presentan las claves predominantes de $\frac{Je}{2a}$ y en menor cantidad $\frac{Je+Hl}{2a}$, siendo suelos fluvisoles étricos de unidades texturales medios en topografías de lomerío a terreno montuoso en

la cuenca media y baja, siendo suelos con poco desarrollo, sin capas muy diferenciadas entre sí, de hecho, son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que les da origen, en la microcuenca de la presa “El Gallinero” se observa que están asociados con litosoles y con afloramientos de roca o duripán, someros, su fertilidad es variable, poca profundidad y pedregosidad de moderada a alta, pudiéndose señalar que no existe horizonte de diagnóstico. Potencialmente soportan una amplia variedad de usos, como pastos extensivos de baja carga son su principal utilización. Una recomendación es que en zonas montañosas es preferible mantenerlos bajo bosque, observándose en ciertas zonas que estas unidades de suelos están muy poco desarrollados, medianamente profundos y presentan generalmente estructura débil o suelta. Estas unidades presentan capas alternadas de arena con piedras o gravas redondeadas, como efecto de la corriente y crecidas del agua en los ríos.

De otra parte, se observan áreas muy pequeñas de agricultura de riego, principalmente en la cuenca baja, la mayoría de la zona agrícola es agricultura de temporal. Su uso pecuario se compone de pastizales naturales y pastizales inducidos. Asimismo, en la cuenca alta se presentan zonas con bosques naturales de pino, encino y oyamel. En la cuenca media se tiene matorral.

De otra parte, se ha recomendado que de acuerdo a los indicadores climáticos presentados en el análisis del factor erosividad de la lluvia y de las envolventes climáticas que se extrapolaron del estudio de Granados et al., 2004, para la cuenca media y cuenca baja, que éstas son áreas potenciales para los cultivos de girasol principalmente y en menor medida sorgo forrajero, no obstante cabe mencionar que recomiendan introducirlos poco a poco y fomentar el hábito de su consumo de amaranto para balancear la dieta humana; el sorgo y el girasol para complementar la alimentación animal.

Para zonificación agroecológica de la cuenca Presa El Gallinero, se elaboró un plano que considera algunos de estos aspectos y de los que aparecen en los mapas de distribución potencial de los cultivos del estado de Guanajuato que corresponden a las zonas con características socioeconómicas homogéneas para la actividad agropecuaria, forestal, acuícola y agroindustrial bajo condiciones de riego, drenaje, de temporal y de acuicultura, definidas por la SAGARPA como Distritos de Desarrollo Rural (DDR) y en las características de cultivos recomendados en la Agenda Técnica Agrícola de Guanajuato, Inifap, 2017 (Figura 85).



Figura 85. Zonificación agroecológica de la microcuenca de la presa “El Gallinero”

Con los datos recopilados se generó la zonificación agroecológica de la cuenca Presa El Gallinero, de la Figura 85 en la cual se observan seis zonas, a continuación se presenta la propuesta de proyectos productivos para cada una de las zonas.

Zona 1: Aquí se recomienda inducir a la reforestación de la zona forestal con especies naturales de pino y encino o introducir árboles de maderas finas, como el cedro, un caso especial podría ser pinos de navidad con licencia para su corte. Los frutales de clima frío son otra opción

Zona 2: En la zona agroecológica 2 se recomienda mantener la zona boscosa y aplicar programas de servicios ambientales. Aunque también puede aplicarse programas para su uso racional y sustentable. Otra opción es sembrar árboles de madera fina, como el cedro o frutales para climas fríos

Zona 3: En la zona agroecológica 3 se puede recomendar la avena de temporal, muy utilizada en la región agroecológica El Bajío, principalmente la variedad Avemex (Cevamex), Karma, Obsidiana, Menonita y Turquesa. Otro cultivo es el cártamo de temporal o riego, recomendándose las variedades Ciano Ol, Ciano Lin; RC-1002-L, RC-1005-L, R-1033-L y Bacum 92. Introducir pasto buffel de temporal, pasto Klein, También puede considerarse el cacahuete y la canola

Zona 4: En la zona agroecológica 4 se podría recomendar el cacahuete de temporal de las variedades Criollo S.L.P., Criollo Jalpa y Guanajuato 1 (también se les conoce como de árbol o mata y Virginia bunch) y Bachimba 74. El sorgo forrajero de temporal de las variedades Apache, Argos-0763, San Jerónimo, BRS-70, Águila Real, Syngenta 5265A, GSTAR-7205, DKS-48, Majest-550, Pino, SG-673, GW-9320, GSTAR-7208, Mezquite, Ícaro, SAP-618, NUS-480N, KS-989, Comanche, MBR-595, AVX-1601, NUS-500, Croplan-8240, Litio, Bida-920, Bida-930, MBR-590, WE1031, GW-9417, QL-50. El girasol es una buena opción. También puede considerarse el cacahuete y la canola

Zona 5: En la zona agroecológica 5 donde se observe agua para usarla en el riego, una opción es la alfalfa en sus variedades "dormancia" en el invierno, o sea aquellas variedades que durante esta época de frío no son muy afectadas en su desarrollo, tales como las criollas o las que han sido formadas mediante selección a partir de éstas, también podría serlas variedades son: Puebla 76, INIA-76, Bajío-76, San Miguelito, NK-819, Sundor, CUF 101, Superior y Diamond. Otra especie que podría sembrarse es la Canola de temporal o riego, un producto altamente demandado por la industria, principalmente los híbridos tardíos: Hyola 308 y Hyola 401; así como variedades intermedias: Canomex, Centenario y Scoop; o bien variedades precoces: Aztecan, Canomex, Centenario, Monty y Karoo, con ciclos de 140, 135 y 130 días a madurez de cosecha respectivamente.

Zona 6: En la zona agroecológica 6 se puede considerar la introducción de ajo que en la Región Agroecológica el Bajío y el norte de Guanajuato han dado buenos resultados en suelos con unidades texturales media, con topografía plana, sin problemas de salinidad, pedregosidad y drenaje. Las variedades chileno vikingo y Napuri se han adaptado muy bien en el área agrícola del Norte del Estado de Guanajuato, También puede considerarse el cacahuete y la canola

2 Curso-Taller de Proyectos Productivos para el Aprovechamiento Integrado del Agua, la Agricultura y la Energía.

Como parte del proyecto “Estudio para identificar proyectos productivos sobre el aprovechamiento integrado del agua, la agricultura y la energía”, desarrollado en la cuenca de la Presa El Gallinero, en los municipios de Dolores Hidalgo y San Felipe, Guanajuato; se consideró la impartición de un curso-taller de capacitación sobre temas relacionados a la operación de zonas de riego, así como para la difusión de los proyectos productivos identificados y diseñados para diversos puntos de la cuenca con la finalidad de optimizar el uso del agua.

Con el objetivo de brindar capacitación a los usuarios de riego de la Presa Álvaro Obregón y productores de la cuenca Presa El Gallinero, en el aprovechamiento y uso eficiente del agua, así como el uso de energías renovables y su aprovechamiento para la producción agropecuaria se llevó a cabo la organización de dicho curso-taller a cargo de la Subcoordinación de Conservación de Cuencas y Servicios Ambientales del IMTA en coordinación con las autoridades del H. Ayuntamiento de Dolores Hidalgo y la participación activa de la Asociación de Usuarios de Riego de la Presa Álvaro Obregón, haciendo uso de las instalaciones de dicha Asociación para la impartición del curso-taller, localizadas en Avenida Norte #17, Colonia Centro, Dolores Hidalgo C.I.N., Guanajuato. CP: 37800, llevándose a cabo el día 23 de agosto de 2018.

El evento fue dirigido a técnicos y productores interesados en los temas, presentándose a continuación los detalles de su desarrollo.

PROGRAMA		
HORARIO	TEMA	RESPONSABLE
09:30 – 10:00	Registro de participantes	<i>Personal del IMTA</i>
10:00 – 10:10	Palabras de bienvenida e inauguración del Curso-Taller	<i>Lic. Luciano Armas Morales Director de Protección al Ambiente Dr. J. Javier Ramírez Luna M.C. Pedro Rivera Ruiz IMTA</i>
10:10 – 12:45	Operación de zonas de riego	<i>Dr. J. Javier Ramírez Luna IMTA</i>
12:45 – 13:00	Receso	<i>Personal del IMTA</i>
13:00 – 14:00	Carpeta de Proyectos Ejecutivos	<i>Dr. J. Javier Ramírez Luna IMTA</i>
14:00 – 15:00	Avance de Proyectos Ejecutivos	<i>Dr. J. Javier Ramírez Luna IMTA</i>
15:00 – 16:00	Proyectos pecuarios	<i>M. Sc. Marcia Yáñez Kernke IMTA</i>
16:00 – 16:15	Clausura y convivencia	<i>Lic. Luciano Armas Morales Director de Protección al Ambiente Dr. J. Javier Ramírez Luna M.C. Pedro Rivera Ruiz IMTA</i>

2.1 Desarrollo del curso – taller.

Se registraron un total de 61 participantes en el curso – taller, provenientes de las comunidades de El Llanito, Rancho Cerrito de San Pablo, Ejido Jesús María, Col. Mariano Balleza, Rancho El Gallinero, Ejido Los Carrillo, Ejido 10 de Abril, Ejido Dolores, Lindavista, El Tajo y la comunidad Cojonotito. Así mismo, estuvieron presentes autoridades y técnicos de Ecología y Protección al Ambiente del H. Ayuntamiento Municipal de Dolores Hidalgo y autoridades de la Asociación de Usuarios de la Presa Álvaro Obregón (El Gallinero).

SEMARNAT		Curso-Taller		IMTA	
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES		Proyectos Productivos para el Aprovechamiento Integrado del Agua, la Agricultura y la Energía		INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA	
Lista de asistencia					
Fecha: Jueves 23 de agosto de 2018					
Lugar: Asociación de Usuarios de Riego de la Presa Álvaro Obregón, Avenida Norte #17, Colonia Centro, Dolores Hidalgo C.I.N., Guanajuato. CP 37800.					
No.	Nombre	Procedencia (ejido, comunidad, dependencia)	Correo electrónico	Teléfono	Firma
1	J. German Martínez	Ejido Jesús María		18 160 1571	J. German Martínez
2	Ma. Susana Galván Jaramillo	Col. Mariano Balleza	novedadessusy@outlook.com	418 109 7615	Susana Galván
3	NICOLA SANCHEZ MARIA DE LOS ANGELES	Ejido Jesús María			Nicola Sanchez MARIA DE LOS ANGELES
4	ROSA LÓPEZ GARY	COL. MARIANO BALLEZA D. DOLORS H.G.-E.T.D.		18 223 366 418 303 436	Rosa López Gary
5	ABEL MARES LARGO	EL GALLINERO			abel mares Martina
6	Martina Alamiella	Ejidos Los carrillo		418-11-45-615	Alamiella

Ilustración 1 Ejemplo de listas de asistencia del curso

Durante el registro de los participantes al curso, se llevó a cabo la entrega de papelería



Ilustración 2 Entrega de material para curso-taller

Se expusieron los motivos del curso taller por parte del Dr. J. Javier Ramírez Luna, Subcoordinador de Conservación de Cuencas y Servicios Ambientales del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y por el M.C. Pedro Rivera Ruiz, Jefe de Proyecto, y dieron la bienvenida a los participantes. Posteriormente, el Lic. Luciano Armas Morales, Director de Protección al Ambiente del H. Ayuntamiento de Dolores Hidalgo, agradeció la participación de los presentes e inauguró las actividades del curso.



Ilustración 3 Bienvenida al curso de capacitación

Se dio inicio a las exposiciones programadas con la participación del Dr. Ramírez Luna, con el tema de *Captación de agua de lluvia y su uso agrícola para el riego presurizado mediante el uso de energías renovables*, presentando algunas experiencias del IMTA en este tema, comentando con los participantes los beneficios del uso de ambos tipos de tecnologías para el cultivo de hortalizas en invernaderos.

A continuación, el Dr. Ramírez Luna presentó los Proyectos Ejecutivos diseñados en otros sitios, como experiencias previas a la desarrollada para la cuenca de la Presa “El Gallinero”. Posteriormente, presentó los diseños realizados para dicha cuenca, comenzando con los “Proyectos agrícolas”, dando énfasis al uso adecuado del agua y la aplicación de riego en huertos de traspatio. Expuso los avances de los proyectos *Red de conducción y distribución de la presa “El Gallinero”* y *Tecnificación de riego del bordo “Las Tortugas” para producir hortalizas y frutales en la comunidad Estancia de Zamarripa de la cuenca Presa El Gallinero, Dolores Hidalgo, Guanajuato*.



Ilustración 4 Exposición de temas durante curso de capacitación

Continuando con el programa, se presentó el tema “*Proyectos pecuarios*” por la M. Sc. Marcia Yáñez que expuso un panorama general de la ganadería encontrada en la región y su importancia económica, destacando las aportaciones realizadas por la producción pecuaria en la economía regional, así como el uso de las superficies ocupadas en el municipio para el pastoreo y su condición y problemática actual.

En este último sentido, se menciona la baja disponibilidad de agua en épocas de estiaje para el consumo animal, enfocando la presentación a las prácticas pecuarias recomendadas para solventar este problema, mencionando los *Proyectos de captación de agua de lluvia para abrevadero* diseñados para los predios San Miguel de los Dos Ríos y El Salitrillo, de las comunidades El Tecolote y El Ciprés, respectivamente. Así también se menciona un tercer proyecto que se encuentra en proceso de definir en beneficio de alguna otra comunidad del municipio de Dolores Hidalgo.

Una vez expuestos los temas considerados en el programa del curso – taller y responder las preguntas formuladas por los participantes en cada tema, se procede a dar el cierre formal del evento por parte del Dr. Ramírez Luna, quien los invita a considerar las experiencias aquí expuestas y formulen ideas innovadoras para sus unidades de producción, recordando que el IMTA presta los servicios tecnológicos necesarios para la formulación de proyectos en apoyo de la producción agropecuaria y el uso eficiente del agua. Así mismo, agradece a las autoridades presentes en el curso, así como a la Asociación de Usuarios de la Presa Álvaro Obregón, que han facilitado las instalaciones para llevar a cabo este curso – taller.

La memoria fotográfica del curso, así como las presentaciones de los temas expuestos se encontrarán anexos en el presente informe.

Finalmente, invita a los participantes a convivir un momento a las afueras del local utilizado para la capacitación, donde se dispuso un refrigerio para todos los asistentes.



Ilustración 5 Convivencia del curso

3 Estudio, desarrollo y mejoramiento de tecnologías aplicadas en la reconversión productiva.

3.1 Estudio paramétrico de una cámara destinada para el germinado de maíz forrajero con iluminación LED (CONACyT)

En el presente trabajo se reporta la construcción de una pequeña unidad área experimental para la producción de germinado de maíz como alternativa de forraje hidropónico basados en agua proveniente de un sistema de desalinización alimentado con energía solar.

3.1.1 El agua de riego

La conductividad eléctrica (CE) y el Na^+ son dos parámetros fundamentales que definen la calidad del agua para riego. El alto contenido de sales en el agua de irrigación genera un aumento de la presión osmótica en la solución del suelo, disminuyendo la adsorción de agua por parte de las plantas. Las sales, además de afectar directamente el crecimiento de las plantas, afecta la estructura del suelo, su permeabilidad y estructura, afectando indirectamente el crecimiento de la planta (Douchafour, 1984). Por lo tanto, existen diversas formas de clasificar el agua para riego agrícola con base a estos dos parámetros. Sin embargo, la más utilizada en diversos países es la propuesta por Richards en 1954 para el Laboratorio de Salinidad de los Estado Unidos (Riverside, California). La clasificación del agua para riego de Richards (1954), se basa en criterios establecidos para zonas áridas y semiáridas de Estado Unidos y considera la peligrosidad sódica y salina a partir del índice de la RAS y el valor de la CE. En las Tablas 1 y 2 se muestra la clasificación de las aguas de riego con base al valor de CE (salinidad) y su índice de RAS (sodicidad) propuesta por Richards (1954); mientras que en la Figura 1 se muestra un diagrama conceptual de clasificación del agua de riego propuesto por el mismo autor.

Tabla 1. Clasificaciones del agua de riego por su valor de CE (salinidad) utilizado por el Laboratorio de Salinidad de Riverside (Richards, 1954)

Gru po	CE		Clasificación
	dS/m ^(a)	µS/cm ^(b)	
C1	0.10- 0.25	100-250	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.
C2	0.25- 0.75	250-750	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C3	0.75- 2.25	750-2 250	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.

C4	2.25-4.0	2 250-4 000	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C5	4.00-6.0	4 000-6 000	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
C6	6.00-10.0	6 000- 10 000	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.

(a), (b) Anteriormente denominadas mmho/m y μ mho/cm, respectivamente.

Tabla 2. Clasificaciones del agua de riego por el índice de RAS (sodicidad) utilizado por el Laboratorio de Salinidad de Riverside (Richards, 1954)

Grupo	RAS	Clasificación
S1	0-10	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S2	11-18	Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario.
S3	19-26	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S4	>26	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

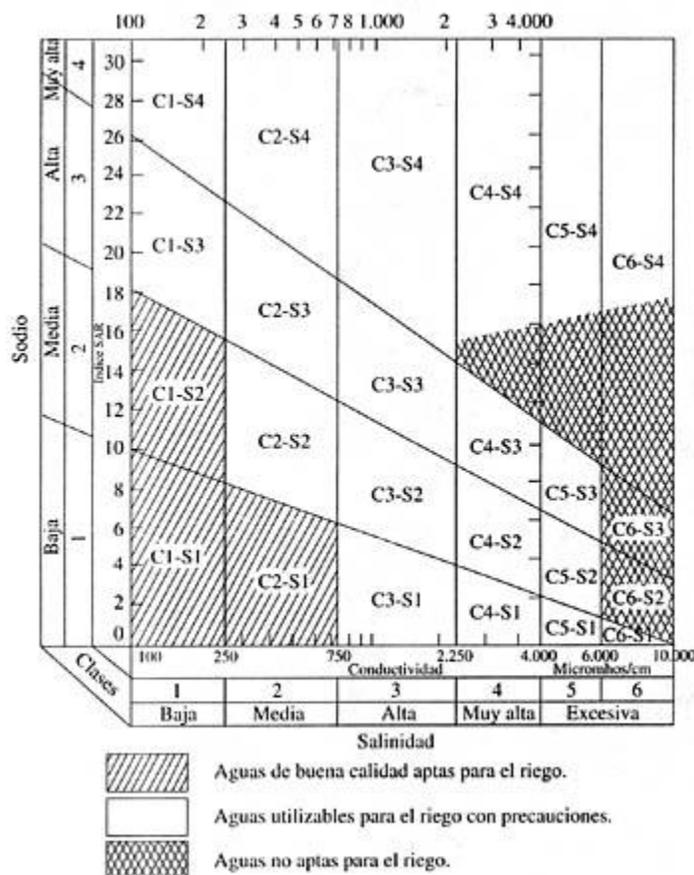


Figura 1. Diagrama conceptual para evaluar la calidad del agua de riego **con base en el valor de la CE y el índice de RAS propuesta por Richards (1954) y utilizado por el** Laboratorio de Salinidad de Riverside (U.S. Salinity Laboratory).

Además de la clasificación de **Richards (1954)**, existe otro método desarrollado por Ayers y Westcot (1985) para la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Este método también se basa en los valores del índice de RAS y el valor de la CE aunque con intervalos y categorías de clasificación diferentes, permitiendo valores de RAS superiores en relación a la clasificación de **Richards (1954)**. Asimismo, contempla los elementos tóxicos esenciales como lo es el sodio, el cloro y el boro, así como los elementos traza como nitratos (NO_3^-) y bicarbonatos. Por último, propone un rango de pH en unidades logarítmicas de 6.5 a 8.4. En la Tabla 3 se muestra la clasificación del agua de riego con base en el valor de la CE y el índice de RAS propuesta por Ayers y Westcot (1985).

Tabla 3. Clasificación del agua de riego con base en el valor de la CE y el índice de RAS propuesta por Ayers y Westcot (1985), siendo utilizado por la FAO a partir de 1987.

Problema potencial	Unidades	Grado de restricción de uso		
		Ninguno	Ligero o moderado	Severo
Salinidad				
CE	dS/m ^(c)	< 0.7	0.7-3.0	< 3.0
SDT	mg/L	< 450	450-2000	> 2000
Infiltración				
RAS entre 0 y 3 y CE=		> 0.7	0.7-0.2	< 0.2
RAS entre 3 y 6 y CE=		> 1.2	1.2-0.3	< 0.3
RAS entre 6 y 12 y CE=		> 1.9	1.9-0.5	< 0.5
RAS entre 12 y 20 y CE=		> 2.9	2.9-1.3	< 1.3
RAS entre 20 y 20 y CE=		> 5.0	5.0-2.9	< 2.9
Toxicidad de iones específicos				
Sodio (Na ⁺)	meq/L ^(d)	< 3	3-9	> 9
Cloro (Cl ⁻)	meq/L ^(e)	< 4	4-10	> 10
Boro (B)	mg/L	< 0.7	0.7-3.0	> 3
Elementos traza				
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	< 5	5.0-3.0	> 30
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	mg/L	< 1.5	1.5-8.5	> 8.5
Ph	Unidades logarítmicas	Rango normal 6.5-8.4		

^(c) Para cambiar de dS/m a μ S/cm solo multiplicar por 1000

^(d) Para cambiar de meq/L de Na⁺ a mg/L o ppm solo multiplicar por 23

^(e) Para cambiar de meq/L de Cl⁻ a mg/L o ppm solo multiplicar por 35.5

El riego con agua salobre de acuíferos de calidad marginal es una práctica común en países del Oriente Medio, India y en algunas regiones del norte de México (Shaffer et al.; Zarzo et al.). Sin embargo, el potencial de la técnica está limitado por una variedad de inconvenientes. Estas limitaciones van desde la elección de cultivos de acuerdo con la tolerancia específica a la salinidad,

los impactos negativos en la superficie del suelo por la deposición de sal y el alto volumen de agua requerido para lixiviar el exceso de sales. Tales requerimientos pueden hacer que el riego con agua salobre no sea sostenible.

La desalinización es una alternativa que se ha utilizado para aumentar la disponibilidad de agua dulce y brindar oportunidades para el manejo de cultivos de alto valor.

3.1.2 Metodología

3.1.2.1 CULTIVO DE FORRAJE BAJO INVERNADERO

El invernadero deberá construirse de acuerdo con la cantidad de forraje que se quiera producir diariamente, dejando siempre un margen de seguridad.

Se sabe que en 1 metro cuadrado es suficiente para producir 352 kilogramos aproximadamente peso húmedo por día de forraje. (Este valor corresponde a la producción en condiciones de humedad y temperatura estables), para maximizar la producción y espacio se pueden utilizar anaqueles de 5 niveles.

La germinación se inicia desde el momento en que se somete a la semilla a imbibición o hidratación a través del riego por micro aspersion. Una vez que han aparecido las raicillas y las primeras hojas, la planta está capacitada para obtener los nutrientes del medio externo y demás elementos para fabricar su propio alimento (fotosíntesis), motivo por el cual se debe exponer a condiciones óptimas de luminosidad (Invernadero), oxigenación y nutrición. En la figura 2 se pueden ver las charolas de germinación.



Figura 2. Germinación de los granos.

El forraje verde hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, cebada, trigo, alfalfa etc.) sobre charolas. Se realiza durante un periodo de 7 a 14 días, captando la energía del sol y asimilando los minerales de la solución nutritiva.

Para la producción de Forraje Verde Hidropónico no se utiliza ningún sustrato, solamente semilla forrajera, charola forrajera, una solución nutritiva adecuada para la producción del forraje y agua.

El grano germinado alcanza una altura promedio de 25 centímetros; el animal consume desde la parte aérea formada por el tallo y las hojas verdes hasta los restos de semilla y la raíz.



Figura 3. Forraje verde hidropónico.

Este procedimiento permite la producción intensiva de forraje fresco para animales de trabajo o engorda (ya sean vacas, caballos, cerdos, borregos, conejos, cuyos, gallinas, etc.), que maximiza el aprovechamiento de espacio y de recursos, con muy buenos resultados.

Las ventajas del forraje verde hidropónico, se pueden resumir a continuación:

- Suministro constante durante todos los días del año
- Se evitan alteraciones digestivas
- Menor incidencia de enfermedades
- Aumento de fertilidad
- Aumento de la producción de leche etc.

En la siguiente figura se puede ver ganado ovino alimentándose con forraje hidropónico.



Figura 4. Ganado ovino alimentándose con forraje hidropónico.

3.1.2.2 SISTEMA HIDROPONICO

El sistema hidropónico para germinación de maíz está compuesto por dos partes: Racks o anaqueles, sistema de riego por micro aspersion y suministro de agua.

El Rack o Anaquel para Forraje Verde Hidropónico sirve para colocar las charolas forrajeras en las cuales la semilla trabajada crecerá de manera adecuada según las condiciones del lugar y así lograr un mayor aprovechamiento del espacio en un cultivo de FVH (Forraje Verde Hidropónico), como se puede ver en la figura 5.



Figura 5. Anaquel para forraje hidropónico.

Las características de los anaqueles son:

- 115.5 cm ancho x 223 cm alto x 135 cm largo.
- Diseñado para sostener 50 charolas forrajeras de 25 centímetros de ancho y 53 centímetros de largo.
- Las charolas tienen 5 grados inclinación y 10 % de pendiente a la distancia donde se soporta las charolas.
- La separación entre niveles de charolas en la parte más angosta es de 36 cm y en la parte más abierta de 47 cm

Sistema de riego por Micro Aspersion. El área que cubre cada micro aspersor a las charolas es reducida pero uniforme, esto es parte del sistema de riego por micro aspersion. Este sistema de riego es ideal para: Forraje Verde Hidropónico, Riego en invernaderos, Riego en viveros, Riego en cultivos hortícolas y riego en jardinería. Están diseñados para brindar una amplia gama de caudales y diámetros de mojados, brindando un riego eficiente en todas las fases de crecimiento de las plantas y para ahorrar agua y fertilizantes.



Figura 6. Sistema de riego por microaspersión.

El **suministro de agua** es conformado por una bomba sumergible, dispositivo el cual se sitúa al interior de un contenedor de agua. Recurso hídrico que se obtiene de aguas salobres tratada en un sistema de desalinización por osmosis inversa a baja presión (NF).

7



Suministro de agua para cultivo hidropónico.



Figura

3.1.2.3 Sistema NF-PV de cuatro membranas

El sistema NF-PV está compuesto por un filtro, módulos de nanofiltración (NF) y sistema de bombeo fotovoltaico (PV-B). La unidad NF está compuesta por cuatro membranas de poliamida NF con una superficie total equivalente de 30.6m². Cuenta con una capacidad nominal de permeado 12 L/ min con una alimentación de 60 L/min, manteniendo una relación 1:5 de permeado respecto a la alimentación. El sistema de bombeo consiste en una planta fotovoltaica con una potencia nominal de 1.92 kW compuesta por ocho módulos de silicio policristalino con una potencia nominal de 240 W cada módulo, que suministra energía a una bomba centrífuga sumergible de corriente directa.

De acuerdo a la ficha técnica, la bomba puede operar de manera continua en un intervalo de 30 a 300 V-DC con una potencia entre 0.40 a 1.42 kW. Sin embargo, por encima de 100 V-DC se pueden obtener rendimientos mayores siendo óptima cuando se acerca 300 V-DC. El acoplamiento de los

paneles fotovoltaicos se realiza en una configuración en serie de modo que es posible obtener un voltaje nominal a la salida de 240 V-DC. El sistema de bombeo fotovoltaico no cuenta con un respaldo de baterías con el fin de reducir los costos de inversión. El sistema NF_PV se controla mediante un interruptor de encendido y apagado simple. La Figura 3 muestra un diagrama conceptual de un sistema de desalinización de agua salobre NF-PV.

Con respecto a la hidráulica, se mantiene un suministro continuo mediante la recirculación del rechazo, permeado y el depósito que contiene el influente, esto permitió que el cambio en el contenido de sólidos disueltos en el agua de alimentación fuera la mínima, garantizando a lo largo del experimentos condiciones cuasi estables.

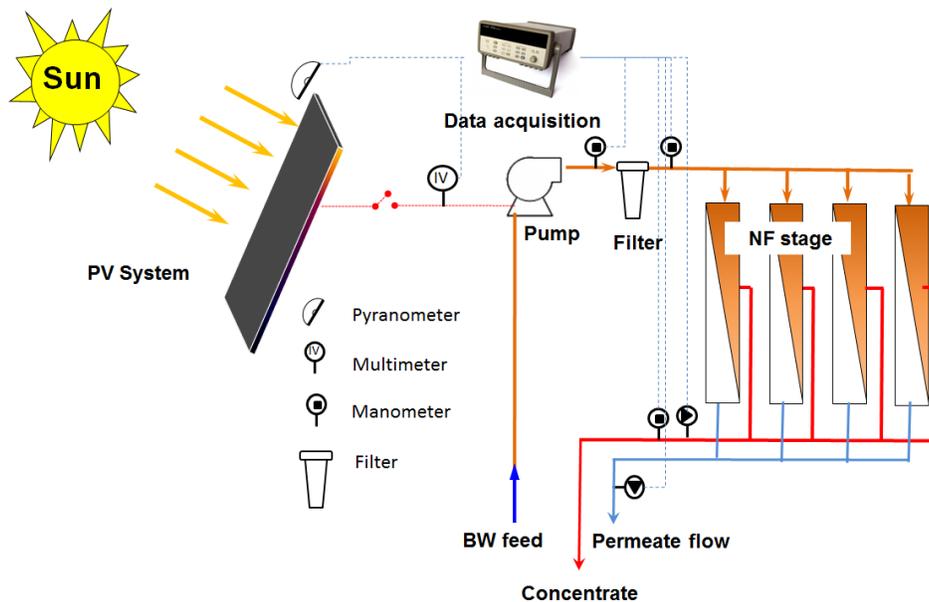


Figura 8. Diagrama conceptual del sistema NF-PV.

En la Figura 9 se muestra el sistema NF-FV construido para regar con agua dulce los huertos de fresas y arándanos.



Figura 9. Unidad de Nanofiltración.

3.1.3 Resultados de la evaluación del sistema de desalinización

En la evaluación del desempeño de un sistema de desalinización de nanofiltración fotovoltaica se toma en cuenta la producción de permeado en función de la potencia generada por el sistema fotovoltaico, la cual depende de la irradiancia solar. En la figura 10 se puede observar el comportamiento de la irradiancia solar durante el tiempo que duró la prueba. Adicionalmente se midió el flujo del rechazo, el cual puede verse también en la figura 5.1.

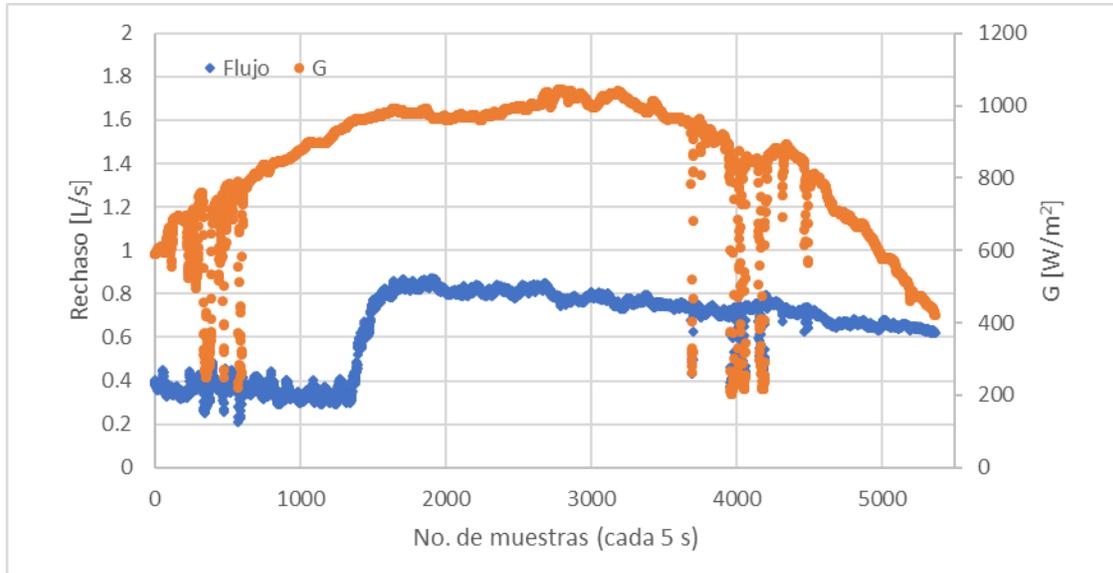
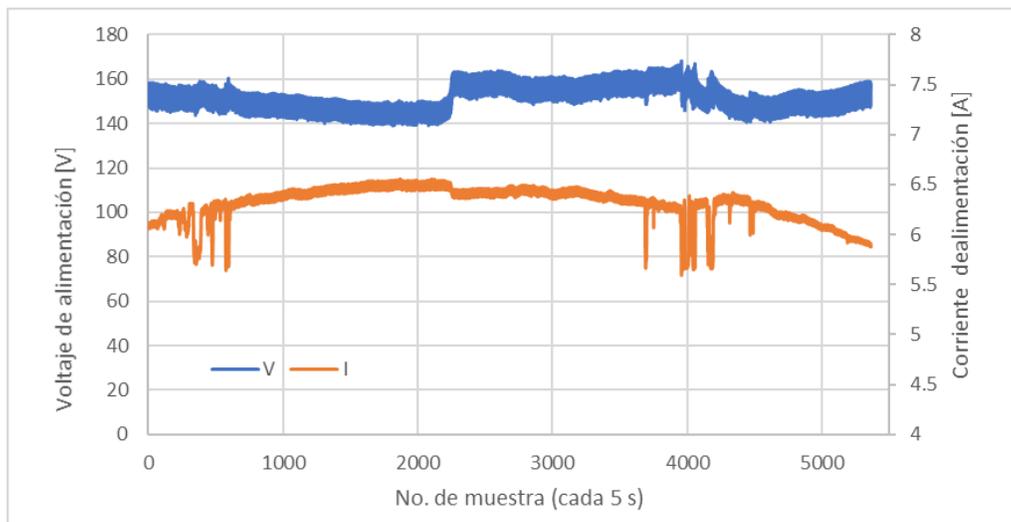


Figura 10. Irradiancia solar y flujo del rechazo durante el experimento.

En la figura 5.2 se puede ver el comportamiento del voltaje y la corriente entregados a la bomba por el sistema fotovoltaico, las variaciones abruptas se deben al paso de nubes como se puede corroborar en la figura 11.



11. Voltaje y corriente suministrados a la bomba por el sistema fotovoltaico.

En la figura 12 se puede ver la potencia entregada a la bomba por el sistema fotovoltaico en función de la irradiancia solar, donde se puede observar un comportamiento cuasi lineal.

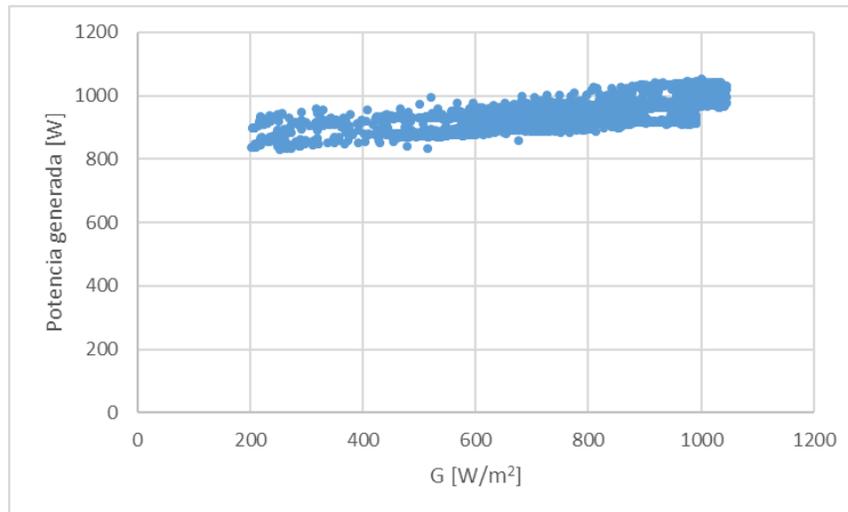
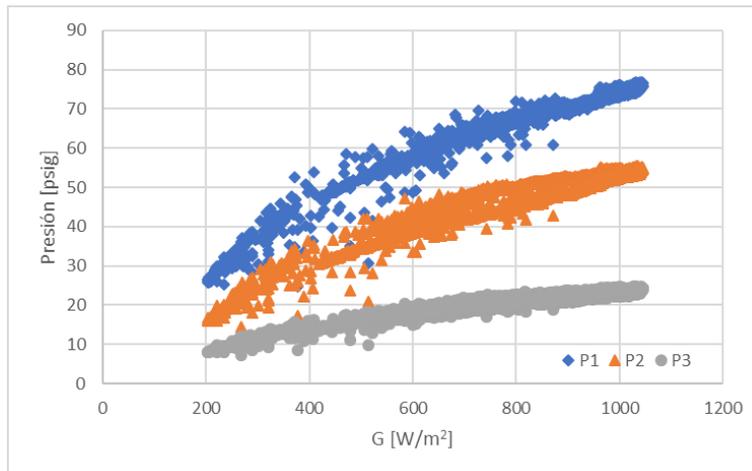


Figura 12. Potencia suministrada a la bomba en función de la irradiancia solar.

En la figura 12 se pueden ver las presiones del sistema en función de irradiancia solar; P1 corresponde a la presión suministrada por la bomba o de entrada del sistema, P2 corresponde a la presión después del filtro de pretratamiento o a la entrada del sistema de NF y P3 es la presión en el rechazo de agua. Se observó que las diferentes presiones se fueron incrementando conforme aumento la irradiancia solar. Se observó una caída de presión importante después del filtro de pretratamiento, que fue desde 10 a 20 psig que puede deberse al ensuciamiento del filtro. Así también se identificó una caída de presión importante en el flujo de rechazo.



13. Presiones del sistema en función de la irradiancia solar.

En la figura 5.5 se puede ver la producción de permeado en función de la irradiancia solar, donde se puede observar un comportamiento cuasi lineal con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.8773$. La producción de permeado va desde 2 hasta 6 L/min cuando la radiación va de 400 a 1,050 W/m^2 .

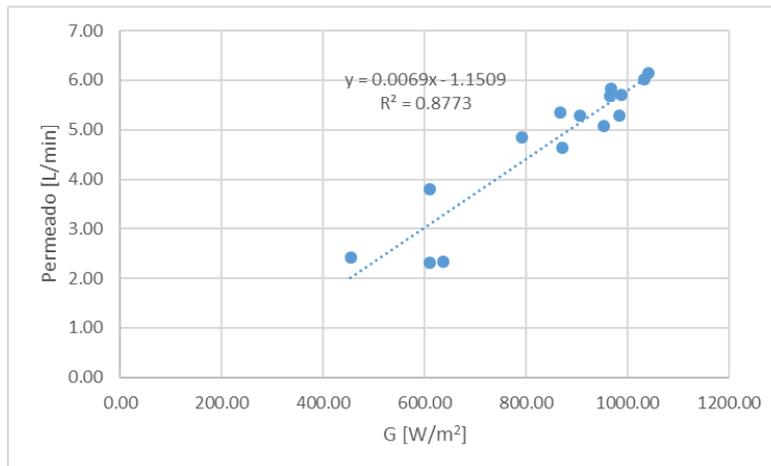
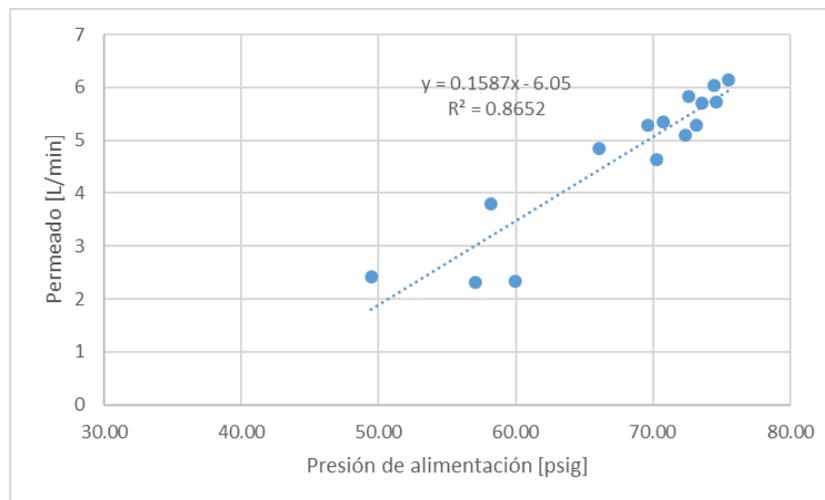


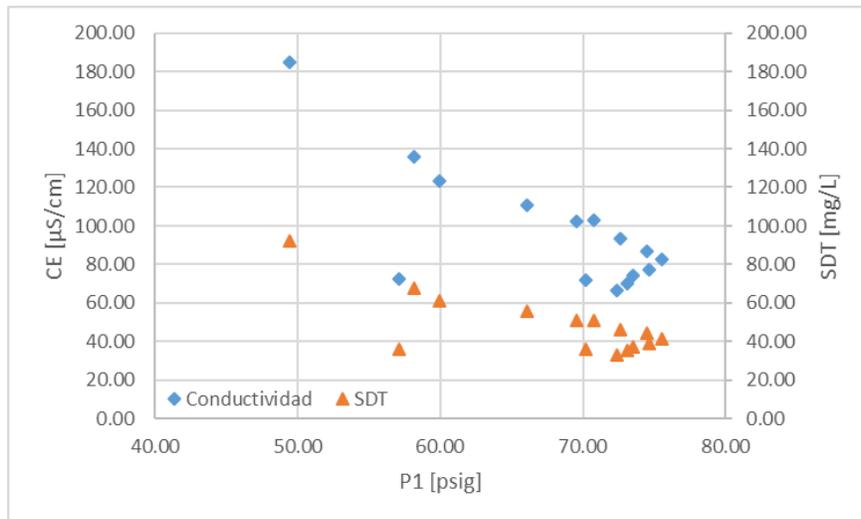
Figura 14. Producción de permeado en función de la irradiancia solar.

En la figura 15 se puede ver la producción de permeado en función de la presión de entrada del sistema P1, la cual a su vez está en función de la irradiancia solar, por lo que también se puede observar un comportamiento cuasi lineal, con un coeficiente de correlación $R^2 = 0.8652$.



15. Producción de permeado en función de la irradiancia solar.

En la figura 5.7 se puede ver el comportamiento de la conductividad eléctrica CE y los sólidos disueltos totales SDT en función de la presión de entrada del sistema, donde se puede observar un decremento de dichas variables conforme se incrementa la presión de entrada. El valor máximo de CE estuvo levemente por encima de $180 \mu\text{S}$, el cual se encuentra por debajo del límite permisible de 2000 de acuerdo a la NOM 127. El comportamiento de los SDT fue similar, el valor máximo estuvo por debajo de 100 mg/L por debajo del límite máximo de 1000 mg/L.



16. CE y SDT en el permeado en función de la presión de entrada P1.

Durante el tiempo que duró la prueba se produjeron 2,122.76 L de permeado con un consumo de energía de 7.174 kWh, por lo que se obtuvo una razón de consumo energético de 3.38 kWh/m³.

Para el forraje se usaron granos de maíz, los cuales se dispusieron en 6 charolas y se regaron con el agua proveniente del sistema de desalinización. A partir del segundo día de riego los granos de maíz comenzaron a germinar (comenzaron a crecer las raíces). En la figura 5.8 se pueden ver los granos de maíz en su primera etapa de germinación.



Figura 17. Maíz en su primera etapa de germinación.

En una segunda etapa de germinación comenzaron a crecer las hojas, en la Figura 19 se puede ver en detalle la germinación de los granos de maíz.



Figura 18. Segunda etapa de germinación.

Finalmente creció el germinado hasta 10 cm aproximadamente, en la figura 19 se puede ver el germinado listo para usarse como forraje.



Figura 19. Germinado de maíz listo para ser usado como forraje.

Se llevó a cabo el diseño, construcción y evaluación experimental de un sistema de desalinización por nanofiltración alimentado con energía fotovoltaica. Se utilizó el programa CSMPRO para la selección de las membranas para un sistema de dos membranas y dos contenedores cilíndricos en la producción de 0.37 m³/h de permeado, lo que representa una producción aproximada de 2.0 m³/día de agua dulce. Las membranas seleccionadas fueron RE4040-BLN, con un 15% de eficiencia de conversión.

Una vez construido el sistema con las membranas especificadas, se llevó a cabo la construcción del sistema experimental y se llevó a cabo la evaluación del sistema NF-FV. La evaluación experimental se realizó para una CE de 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y para SDT de 2,000 mg/L.

En los resultados se pudo observar una relación cuasi lineal entre la producción de permeado y la intensidad de la irradiación solar, lo cual también se refleja de esta manera para la producción de permeado y la presión de entrada del sistema. Se pudo observar que la CE y los SDT disminuyeron conforme se incrementó la presión de entrada del sistema.

Se pudo observar que la cantidad y calidad del permeado varió conforme cambió la presión de entrada, la cual a su vez depende de la irradiación solar, por lo que se puede concluir que los sistemas NF-FV no producen agua con parámetros de calidad fijos, sin embargo, si pueden producir agua en un rango que queda por debajo de 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que lo coloca en la clasificación C1 de agua de baja salinidad.

Finalmente se pudo verificar que el forraje de maíz creció de manera normal con el agua desalinizada proveniente del sistema NF-FV.

3.2 Unidad experimental de malla sombra con riego hidropónico para cultivo de fresa y arándano

En el presente trabajo se reporta la construcción de una pequeña huerta de fresa y arándano usando malla sombra y riego de agua proveniente de un sistema de desalinización por nanofiltración alimentado con energía fotovoltaica (NF-PV). Se emplearon dos pequeños invernaderos equipados con sistemas de riego por microaspersión.

3.2.1 Características de los cultivos

La fresa y el arándano son cultivos de gran valor agregado, ya que se pueden transformar en diferentes productos finales como jugos, como fruta seca, té y como ingrediente de otros productos, por ejemplo, yogurt. Este tipo de cultivos se pueden aplicar en zonas templadas y altitudes medias, como es el caso de muchas zonas como la meseta central. Este tipo de cultivos pueden llegar a ser muy rentables a través de la tecnificación; como es el riego por microaspersión y el uso de invernaderos y/o malla-sombra. De acuerdo a lo anterior se identifica un gran potencial para la producción de este tipo de cultivos.

En esta sección se describen las características de los cultivos de la fresa y el arándano.

3.2.1.1 Fresa

Se trata de una planta herbácea, perenne y de porte rastrero [1]. Presentan un sistema radicular fasciculado, compuesto por raíces y raicillas. Las primeras presentan un cambium vascular y suberoso, mientras que las segundas carecen de éste, son de color más claro y tienen un periodo de vida corto (de algunos días o semanas). Estas raicillas sufren un proceso de renovación fisiológico, aunque influenciado por factores ambientales, patógenos de suelo, etc. La profundidad del sistema radicular es variable, dependiendo entre otros factores, del tipo de suelo y la presencia de patógenos en el mismo. En condiciones óptimas pueden alcanzar los 2-3 m, aunque lo normal es que no sobrepasen los 40 cm, encontrándose la mayor parte (90%) en los primeros 25 cm. Los

frutos son pequeños aquenios de color oscuro dispuestos sobre el engrosamiento del receptáculo (ver Figura 1).



Figura 1. Planta de fresa.

La fresa tiene los siguientes Requerimientos edafoclimáticos:

- Temperatura: El rango óptimo de temperatura durante la fructificación debe oscilar en torno a los 15-20 °C de media anual. Temperaturas por debajo de 12 °C durante el cuajado dan lugar a frutos deformados por el frío. Un periodo prolongado de tiempo muy caluroso (>25 °C), puede originar una maduración y coloración del fruto demasiado rápida, lo cual le impide adquirir un tamaño adecuado para su comercialización. No obstante, el fresón necesita acumular una serie de horas-frío, con temperaturas por debajo de 7 °C, para que su vegetación y fructificación sea abundante.

- Humedad: El rango óptimo de humedad relativa oscila entre el 65 y 70%. Si la presencia de humedad es excesiva, favorece la presencia de enfermedades, mientras que, si es deficiente provoca daños en la producción.

- Luz: En cuanto a la luz, necesitan 12h de luz diarias para tener buena productividad.

- Sustrato: Requiere suelos, preferiblemente arenosos o franco-arenosos, con buena capacidad de aireación y drenaje y alto contenido en materia orgánica. El pH debe oscilar en torno a 6-7.

La granulometría óptima de un suelo para el cultivo del fresón aproximadamente es de: 50% de arena silíceo, 20% de arcilla, 15% de calizas Y 5% de materia orgánica. Para una buena evolución de la materia orgánica, se debe considerar un valor de C/N de 10.

En cuanto a la salinidad, la fresa no tolera altos niveles. La CEes no debe superar 1mmhos/cm. También es muy sensible a la caliza activa, especialmente a valores superiores al 5%, pues provoca el bloqueo del hierro con la consecuente clorosis.

- Riego: En el cultivo de fresa se fertirriega. La frecuencia y duración del riego depende de las condiciones climáticas, textura del suelo y necesidades de la planta.

Durante el periodo estival, la frecuencia de riego debe ser mayor, realizando 2-3 riegos por semana. Sin embargo, en invierno es conveniente reducir dicha frecuencia.

3.2.1.2 Arándano

El arándano es un arbusto caduco, que puede ser de porte erecto o rastrero y de altura variable según la especie que se trate [2]. La raíz presenta un sistema radicular compuesto por numerosas raíces, en su mayoría superficiales. Dichas raíces son, generalmente fibrosas, finas y carentes de pelos absorbentes. En condiciones naturales, las raíces están asociadas con micorrizas formando simbiosis. El tallo presenta un pequeño tallo subterráneo (corona), recto, cuadrangular y muy ramificado. Generalmente son de color marrón-anaranjado, según la especie. Cuenta con hojas simples, alternas, con forma elíptico-lanceoladas, márgenes dentados y peciolo corto. Son de color verde cuya intensidad varía dependiendo de la especie. En otoño, adquieren un tono rojizo típico

en la especie. Presentan inflorescencias en racimos de 6-10 flores por yema. Las flores individuales son pequeñas, axilares, con el cáliz compuesto de 4-5 sépalos obtusos y la corola blanca formada por 4-5 pétalos fusionados dando lugar a una forma acampanada. El pistilo es simple, de ovario ínfero y estambres en grupos de 8-10. El fruto se trata de una falsa baya de forma esférica, color azul, rojo o negro en su madurez según la especie. La epidermis del fruto está cubierta de secreciones cerosas. El tamaño de éste está relacionado con el grosor de la rama y la posición en la misma, siendo de menor diámetro aquellos que se encuentran más distales de ésta. En la figura 2 se puede ver una planta de arándano rojo.



Figura 2. Planta de arándano.

El arándano tiene los siguientes Requerimientos edafoclimáticos:

- Temperatura: El arándano es un cultivo que requiere un determinado número de horas-frío (temperatura inferior a 7°C) para salir de la latencia, que depende de la especie.

Para el desarrollo del cultivo del arándano, el rango óptimo de temperatura oscila entre 16-25°C. No obstante, puede llegar a tolerar temperaturas de hasta -30°C, aunque temperaturas de 28-30°C acompañadas de vientos secos, pueden provocar daños en el fruto como arrugamientos y quemaduras.

Durante la floración, temperaturas inferiores a -5°C pueden provocar daños en los frutos. Por esta razón, la ocurrencia de heladas durante la floración resulta muy perjudicial.

- Humedad: El cultivo del arándano requiere de humedad relativa alta.

- Suelo: Requiere de suelos ligeros, con buena capacidad de drenaje y alto contenido en materia orgánica. Además, se debe mantener la humedad alta pero sin llegar al encharcamiento, ya que es sensible tanto a asfixia radicular como a sequía.

En cuanto al pH, éste debe ser ácido, siendo el rango óptimo el comprendido entre 4,3-4,8. Un pH superior a 5 puede provocar un desarrollo deficiente en plantaciones jóvenes junto con una brotación clorótica. Sin embargo, un pH bajo (pH<4) puede dar lugar a toxicidades por manganeso. El pH se debe mantener acidificando el agua de riego. Los suelos calizos no son aconsejables para este cultivo.

- Riego: Se emplea un sistema de riego localizado. Es importante mantener el terreno húmedo, evitando en todo momento el encharcamiento. El agua de riego debe ser de buena calidad sin presentar salinidad ni exceso de calcio, boro o cloro.

Por lo general, se recomienda regar aumentando la frecuencia de riego y disminuyendo la dotación. La demanda de agua es mayor en los meses de primavera, que se corresponden con el

engrosamiento y maduración del fruto y en la época de mayor evapotranspiración (meses de verano). Además, durante esta época tiene lugar la iniciación floral, por lo que un déficit de agua durante la formación de las yemas florales resultaría muy perjudicial.

3.2.2 Sistema NF-PV de cuatro membranas

El sistema NF-PV está compuesto por un filtro, módulos de nanofiltración (NF) y sistema de bombeo fotovoltaico (PV-B). La unidad NF está compuesta por cuatro membranas de poliamida NF con una superficie total equivalente de 30.6m². Cuenta con una capacidad nominal de permeado 12 L/ min con una alimentación de 60 L/min, manteniendo una relación 1:5 de permeado respecto a la alimentación. El sistema de bombeo consiste en una planta fotovoltaica con una potencia nominal de 1.92 kW compuesta por ocho módulos de silicio policristalino con una potencia nominal de 240 W cada módulo, que suministra energía a una bomba centrífuga sumergible de corriente directa.

De acuerdo a la ficha técnica, la bomba puede operar de manera continua en un intervalo de 30 a 300 V-DC con una potencia entre 0.40 a 1.42 kW. Sin embargo, por encima de 100 V-DC se pueden obtener rendimientos mayores siendo óptima cuando se acerca 300 V-DC. El acoplamiento de los paneles fotovoltaicos se realiza en una configuración en serie de modo que es posible obtener un voltaje nominal a la salida de 240 V-DC. El sistema de bombeo fotovoltaico no cuenta con un respaldo de baterías con el fin de reducir los costos de inversión. El sistema NF_PV se controla mediante un interruptor de encendido y apagado simple. La Figura 3 muestra un diagrama conceptual de un sistema de desalinización de agua salobre NF-PV.

Con respecto a la hidráulica, se mantiene un suministro continuo mediante la recirculación del rechazo, permeado y el depósito que contiene el influente, esto permitió que el cambio en el contenido de sólidos disueltos en el agua de alimentación fuera la mínima, garantizando a la largo del experimentos condiciones cuasi estables.

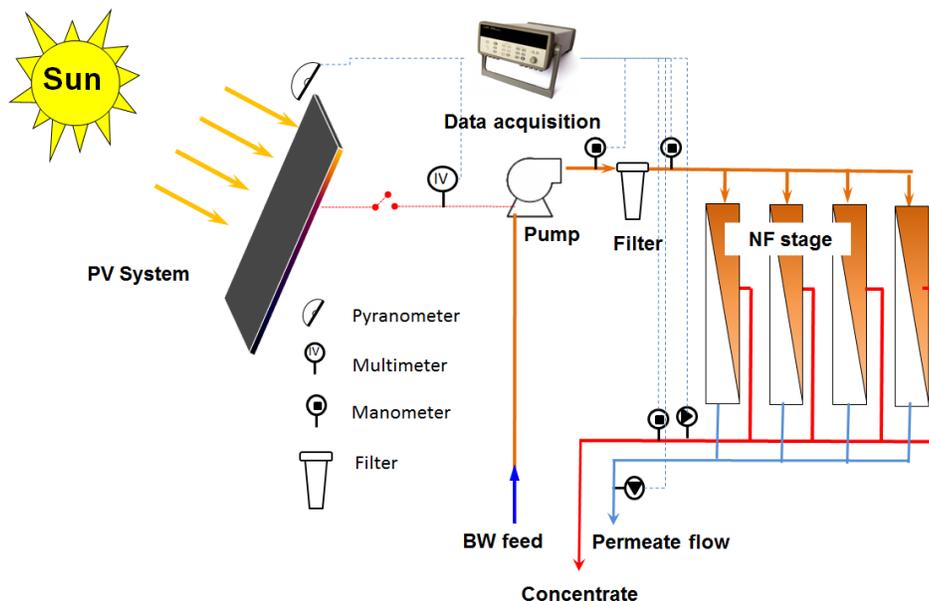


Figura 3. Diagrama conceptual del sistema NF-PV.

En la Figura 4 se muestra el sistema NF-FV construido para regar con agua dulce los huertos de fresas y arándanos.



Figura 4. Unidad de Nanofiltración.

3.2.3 Metodología

Se adquirieron 40 plántulas de fresa y 30 plantas de arándano, una vez que llegaron al sitio se procedió a desempacarlas. Las plántulas de fresas llegaron en un empaque plástico sin ningún sustrato, por lo que se transplantaron en un sustrato y bolsas para vivero, sin embargo, las plantas murieron uno día después de ser transplantadas. En la figura 5 se pueden ver las plántulas de fresa transplantadas.



Figura 5. Plántulas de fresa.

Por otro lado, los arándanos se encontraban en mejores condiciones, ya que venían en una caja de cartón y en un sustrato contenido por bolsas. En la figura 6 se puede ver la maniobra de riego de las plantas que llegaron.



Figura 6. Acondicionamiento de las plántulas de fresa y arándano.

Se armaron dos estructuras para los invernaderos, a una de ellas se le puso malla-sombra y a la otra una cubierta plástica. Se ordenaron en fila los arándanos y se implementó el sistema de riego por micro-aspersión. En la Figura 7 se pueden ver los dos invernaderos.



Figura 7. Invernadero con malla-sombra.

En la figura 8 se puede ver el sistema de riego implementado por microaspersión en las plantas de arándano.



Figura 8. Sistema de riego por micro-aspersión.

En la Figura 9 se puede ver con mayor detalle una sección del sistema de riego por micro-aspersión.



Figura 9. Detalle de sistema de riego por microaspersión.

3.2.4 Resultados

Si bien las plántulas de fresa no lograron sobrevivir, las plantas de arándano si resistieron al ser transplantadas y se adaptaron al clima de Jiutepec. Se construyó el sistema de desalinización por nanofiltración alimentado por energía fotovoltaica y se logró implementar el sistema de riego por micro-aspersión.

3.3 Diseño de una turbina de tipo tornillo de Arquímedes mediante técnicas de CFD (Computational Fluid Dynamics)

El aprovechamiento hidroeléctrico es convertir la energía potencial de una masa de agua en energía eléctrica, y en los canales de riego es factible una instalación de este tipo, ya que se puede utilizar el flujo de agua que por ellos circula o las pequeñas caídas que existen (entre 2 o 3 metros), ya sea haciendo adecuaciones a lo ya existente o planeándose o una toma lateral para no interferir la operación del mismo.

En la transformación de energía de un fluido en energía mecánica se emplean diferentes tipos de máquinas, las hidrostáticas, las rotodinámicas y las gravimétricas en las que el agua trabaja por su propio peso, para nuestro caso nos centraremos en las gravimétricas, que es donde se clasifica el tornillo de Arquímedes.

En la Figura 1 se muestra la turbina de Arquímedes, la cual se define como un dispositivo que en su superficie cuenta con hélices helicoidales dentro de un cilindro cuyo eje está inclinado, de tal manera que la parte media inferior quede en contacto con el agua. Entre el cilindro y la hélice se forman una serie de cavidades por donde el agua desciende y por el peso de esa masa de agua el tornillo o turbina gira.

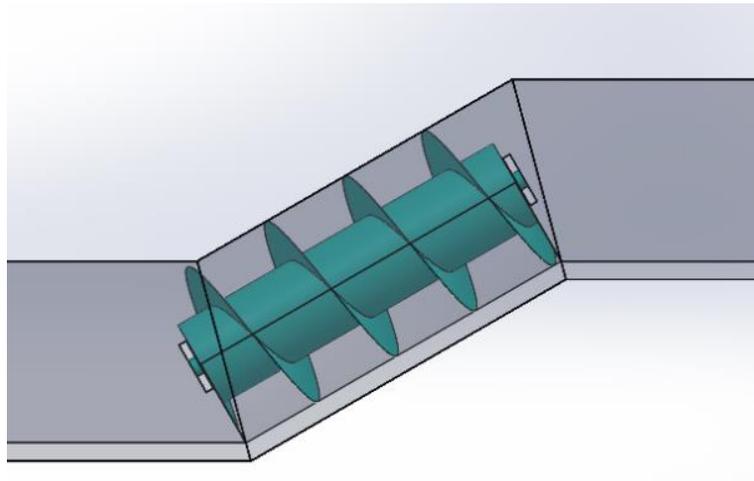


Figura 1 Turbina de Arquímedes

3.3.1 ANÁLISIS INICIAL

En la Figura 2 se esquematiza el tornillo de Arquímedes para la construcción y el diseño y se definen siete parámetros externos: caudal disponible, diámetro interno del tornillo, altura del salto, ángulo de inclinación del tornillo, eficiencia y el número de hilos. Con estos

parámetros se deduce la geometría del tornillo la cual es: longitud, ángulo de inclinación de la hélice, diámetro externo, paso diametral y potencia generada.

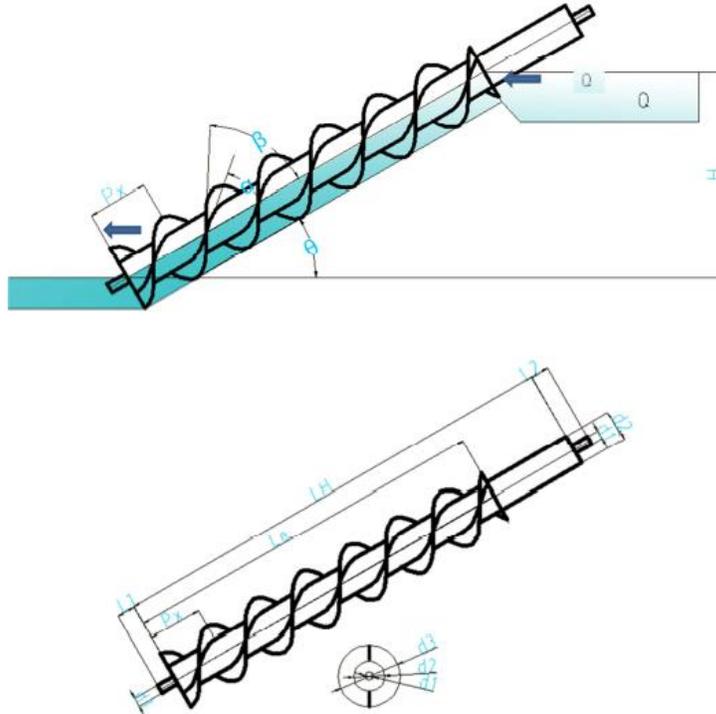


Figura 2 Esquema Tornillo de Arquímedes

En la Figura 2 se observa esquemáticamente un tornillo de dos hilos. Sea L_e la parte del eje donde es colocado el espiral del tornillo, d_3 es el diámetro exterior del tornillo, d_2 es el diámetro interior del tornillo, θ es el ángulo de inclinación del tornillo, H es la caída total desde la superficie del agua en el canal de llegada hasta la superficie libre del agua en el canal de desfogue.

Definición de la Simbología de la Imagen 2:

α = Ángulo de inclinación exterior de la hélice

B = Ángulo de inclinación interior de la hélice.

θ = Angulo de inclinación del tornillo

Q = Caudal

d_1 = Diámetro del eje sólido

L_H = Longitud del eje hueco

d_2 = Diámetro del eje hueco

d_3 = Diámetro del exterior del tornillo

H = Altura del salto

R = Radio exterior del tornillo

L_1 = Longitud del eje sólido inferior

P_x = Paso del tornillo

L_e = Longitud de la hélice

r = Radio del eje hueco

N = Numero de hilos

En la modelación realizada mediante CFD se tiene que el modelo está a superficie libre, considerando como condiciones de frontera un gasto de 400 lps y descarga presión atmosférica, los fluidos de trabajos son agua y aire.

A continuación, en la tabla 1 se muestran los datos iniciales para la construcción del modelo CFD:

Tabla 1 Datos Iniciales para Construcción de Modelo

α = Ángulo de inclinación exterior de la hélice	52°
θ = Angulo de inclinación del tornillo	30°
d_1 = Diámetro del eje sólido	0.1 m
L_1 = Longitud del eje sólido inferior	0.05 m
L_2 = Longitud del eje sólido superior	0.05 m
L_e = Longitud de la hélice	2.0 m
L_H = Longitud del eje hueco	2.10 m
d_2 = Diámetro del eje hueco	0.40 m
H = Altura del salto	1.0 m
N = Numero de hilos	1 hilos
e = Espesor de la hélice	0.03 m

3.3.2 ANÁLISIS TEÓRICO

El análisis teórico se determinó de la siguiente manera:

Longitud del eje hueco

$$L_H = 2.1m$$

Altura total del tornillo es de 1.05 m

$$H_1 = L_H * \sin \theta$$

Diámetro exterior de la hélice es de 1.0m

$$d_3 = 2d_2$$

Radio exterior de la hélice es de 0.50m

$$R = d_3/2$$

El avance es de 0.982m

$$P = \pi d_2 / \tan \alpha$$

El área de contacto del Agua es 0.188m²

$$A = \frac{3}{8} \pi R^2$$

El centroide es 0.198m

$$y_c = 0.4951R$$

El Torque = 468.24 Nm

$$T = \rho * g * L_e * A * \sin \theta * \tan \alpha * y_c$$

Caudal Teórico es 0.32 m³

$$Q = 1.8(d_3 - 0.22 * R) * R^{1.5}$$

Velocidad angular es 6.78 ras/s ≈ 65 rpm

$$\omega = \frac{Q}{A * y_c * \tan \alpha}$$

Potencia Mecánica Real es 5,205.33 watts = 6.8hp

$$Pot = (\rho * g * Q * H * (\tan \alpha)^2)$$

Potencia Mecánica Teórica es 3,180.61 watts = 4.2 hp

$$Pot_{teorica} = \rho * g * Q * H$$

3.3.3 ANÁLISIS ESTÁTICO SOBRE EL TORNILLO DE ARQUÍMEDES

Para el análisis estático, solo se considera el peso de la turbina, esto es el eje y la hélice bajo el efecto solo de la gravedad, en la figura 3 se muestra la definición del mallado para generar el cálculo.

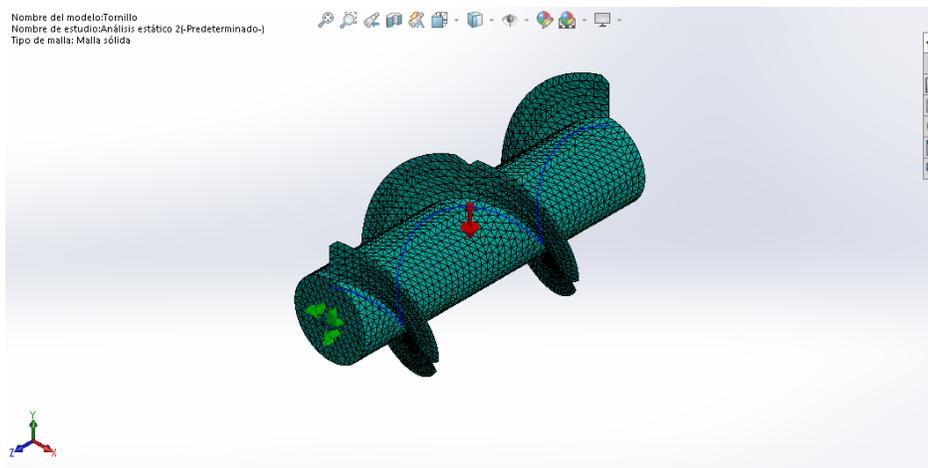


Figura 3 Definición del Mallado para para generar el cálculo

En la figura 4, se muestra que la turbina se encuentra sujeta del eje solido inferior y superior, que es donde estará anclada a los cojinetes.

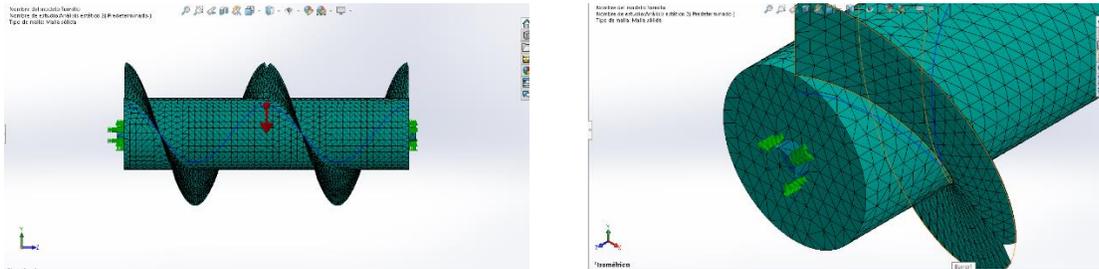


Figura 4 Sujetador de Turbina

3.3.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTÁTICO

Las deformaciones o desplazamientos que sufre la turbina por acción de su propio peso y efectos de la gravedad es prácticamente nula, como lo podemos comprobar en el análisis de elemento finito. En la Figura 5 se observa el desplazamiento sobre el eje Y el cual va de los 0.0 mm a los 0.007mm.

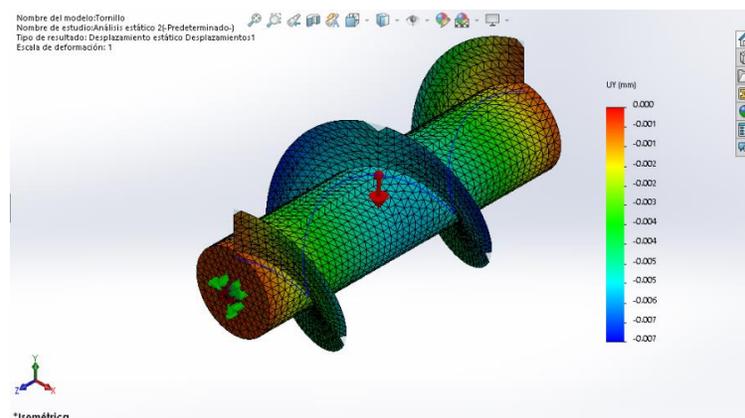
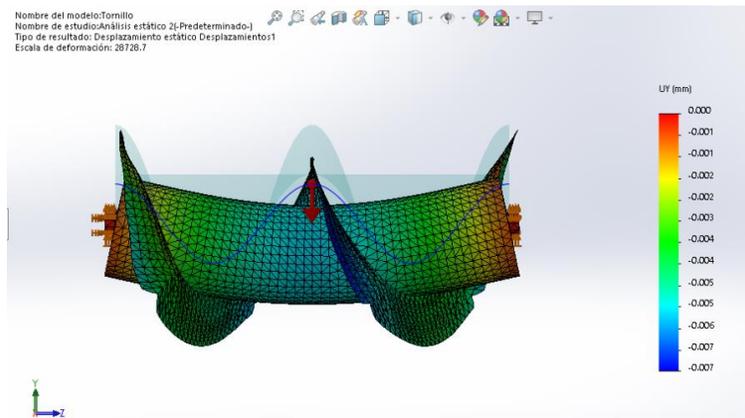


Figura 5 Resultados de Análisis de elemento finito

En la Figura 5, se valida el diseño del eje, y del alabe, por efectos de su propio peso y fabricados en acero al carbón el cual tiene las siguientes propiedades mecánicas, como se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 2 Propiedades Mecánicas

Propiedades	
Nombre:	Acero al carbono no aleado
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Tensión de von Mises máx.
Límite elástico:	2.20594e+08 N/m ²
Límite de tracción:	3.99826e+08 N/ m ²
Módulo elástico:	2.1e+11 N/ m ²
Coefficiente de Poisson:	0.28
Densidad:	7800 kg/ m ³
Módulo cortante:	7.9e+10 N/ m ²
Coefficiente de dilatación térmica:	1.3e-05 /Kelvin

3.3.5 INFORMACIÓN DE LA MALLA

El proceso de mallado es importante ya que en este punto es donde podremos configurar y definir qué tan fino va a ser nuestro calculo, la malla es el grado de aproximación de nuestro modelo con la realidad, entre más densa la malla el error será menor, se debe tener en cuenta las características de hardware del equipo con el que se va a realizar el estudio ya que entre más densa sea esta se necesitara un equipo con hardware más potente.

Tabla 3 Información de Mallas

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	43.1397 mm
Tolerancia	2.15698 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Para el Diseño de la malla, se utilizó un mallador estándar, el cual corresponde a una figura geométrica de tipo triángulo, el cual es más adaptable a superficies curvas a diferencia de un cuadrado que se recomienda para superficies planas.

El trazado se configuro en elementos cuadráticos, ya que uno de tipo lineal hará la malla demasiado rígida, en cambio el cuadrático se adapta muy bien a posibles movimientos de flexión.

Tabla 4 Información de Nodos

Número total de nodos	53290
Número total de elementos	34675
Cociente máximo de aspecto	1084.8
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	83.7
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	15.7

3.3.6 FUERZAS RESULTANTES

A continuación, en la Tabla 5 y 6, se presenta el conjunto de fuerzas que actúan sobre la turbina de tipo Arquímedes en los distintos ejes (X, Y, Z) y la fuerza Resultante en dirección del eje Y, para la cual no hay momento de reacción, los datos están expresados en Newton.

3.3.6.1 Fuerzas de Reacción

Tabla 5 Fuerzas de Reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.192965	30276.4	-0.481293	30276.4

3.3.6.2 Momentos de reacción

Tabla 6 Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

3.3.7 ANÁLISIS ESTÁTICO AL ALABE

En la Figura 6 se muestra como llevó a cabo una simulación dinámica para obtener la fuerza con la que impacta el agua al alabe, esto con un gasto de 200 lps, obteniendo una fuerza de impacto de 303.5 N y una operativa de 70.6N, con estos datos se realiza el estudio al alabe.

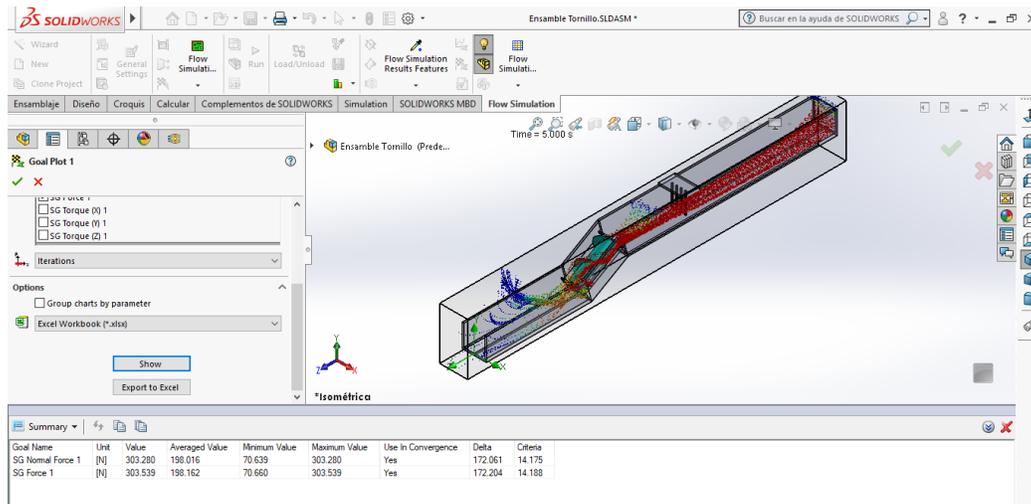


Figura 6 Simulación Dinámica con la que impacta el agua al alabe

En la Figura 7 se observa una gráfica en la cual se puede ver el nivel máximo de la fuerza normal a la superficie del alabe.

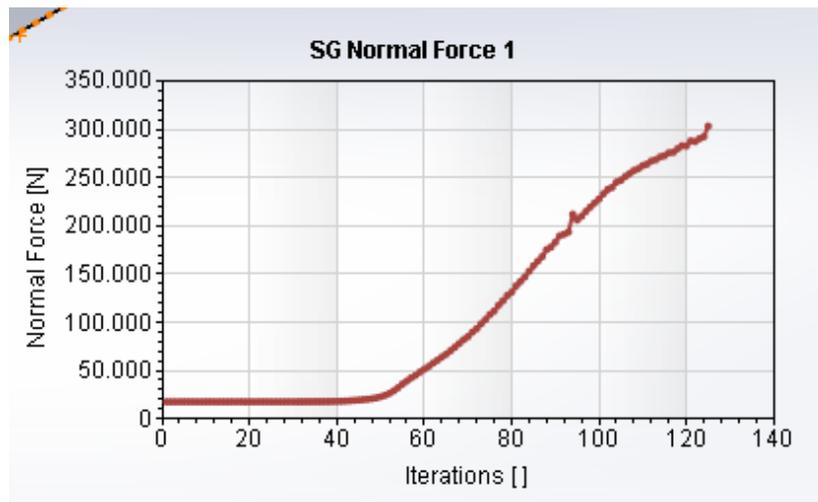


Figura 7 Gráfica con nivel de fuerza a la superficie del alabe

Como se pudo constatar en el análisis de la turbina, en la Figura 8 se exponen las deformaciones que sufriría el alabe por el impacto del agua a 300.5 N, estas deformaciones van en un rango de 0.0 mm hasta los 0.23 mm en la parte más lejana respecto al eje de giro.

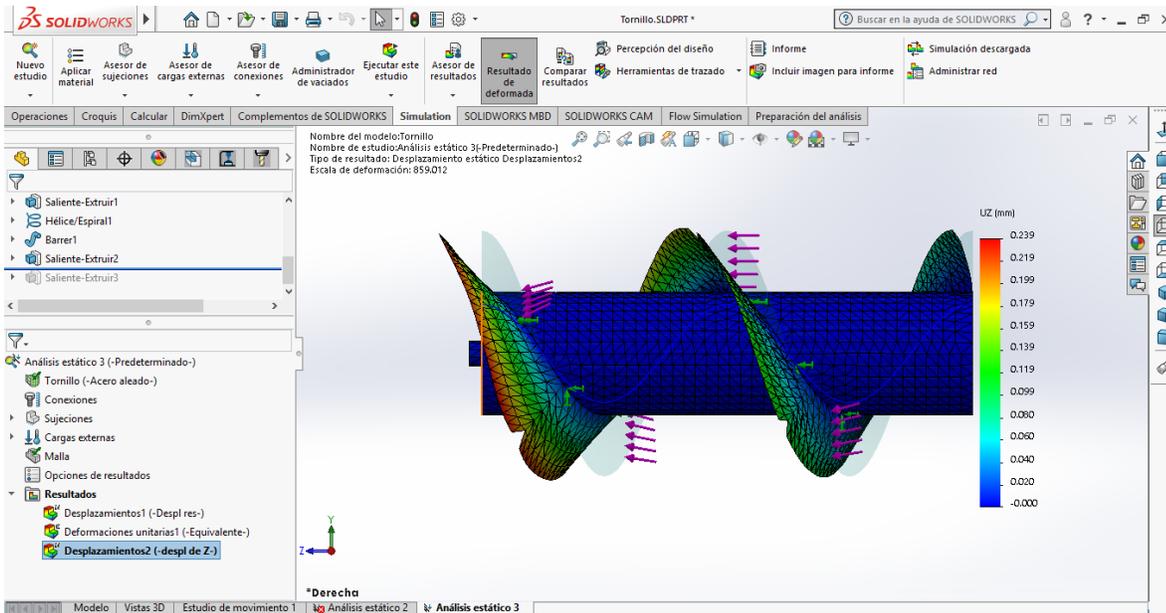


Figura 8 Deformación del Alabe

En la Figura 8, se valida el diseño del alabe, por efectos de la presión o fuerza ejercida por el agua contra este, y suponiendo que se fabrica en acero al carbón el cual tiene las siguientes propiedades mecánicas, como se puede observar en la Tabla 7.

Tabla 7 Propiedades Mecánicas

Propiedades	
Nombre:	Acero al carbono no aleado
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Tensión de von Mises máx.
Límite elástico:	2.20594e+08 N/m²
Límite de tracción:	3.99826e+08 N/m²
Módulo elástico:	2.1e+11 N/
Coefficiente de Poisson:	0.28
Densidad:	7800 kg/m³
Módulo cortante:	7.9e+10 N/m²
Coefficiente de dilatación térmica:	1.3e-05 /Kelvin

3.3.8 FUERZAS RESULTANTES

A continuación, en la Tabla 5 y 6, se presenta el conjunto de fuerzas que actúan sobre la turbina de tipo Arquímedes en los distintos ejes (X, Y, Z) y la fuerza Resultante en dirección del eje Y, para la cual no hay momento de reacción, los datos están expresados en Newton.

3.3.8.1 Fuerzas de reacción

Tabla 8 Fuerzas de Reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	- 0.00448608	0.213737	- 278.42	278.42

3.3.8.2 Momentos de reacción

Tabla 9 Momentos de Reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

3.3.9 INFORMACIÓN DE LA MALLA

Tabla 10 Información de la Malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	47.7132 mm
Tolerancia	2.38566 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Como se presentó en el análisis para el conjunto de la turbina, se establecieron los mismos criterios de mallado para el alabe, malla estándar, trazado con elementos cuadráticos, como parámetros más importantes.

Tabla 11 Información de Nodos

Número total de nodos	40372
Número total de elementos	26023

Cociente máximo de aspecto	2799.3
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	85.6
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	13.4

3.3.10 ANÁLISIS DINÁMICO

En la Figura 9, se muestran las configuraciones iniciales y se establece que es un flujo externo, a superficie libre y que va a ser afectado por la gravedad.

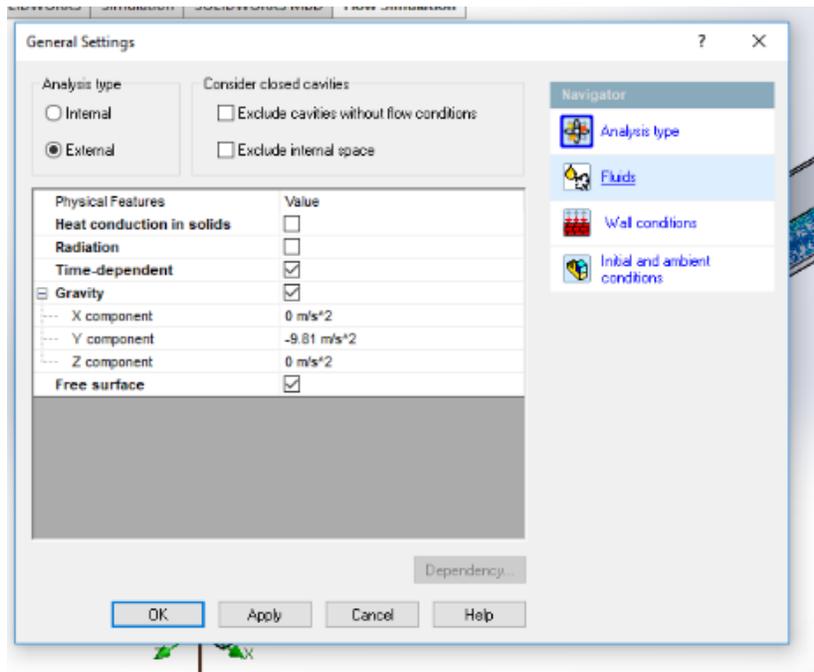


Figura 9 Configuraciones Iniciales

En la Figura 10, se observa el establecimiento de los fluidos de trabajo, los cuales son aire y agua, con un flujo laminar y turbulento.

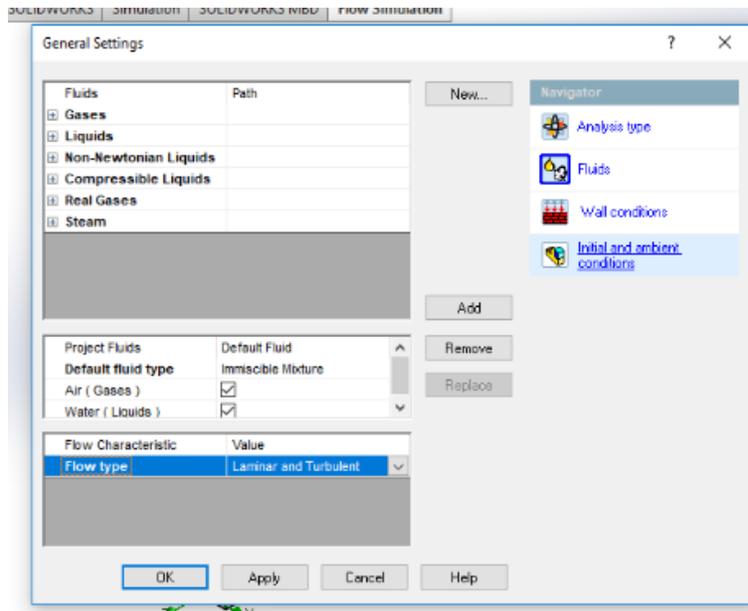


Figura 10 Fluidos de Trabajo

En la Figura 11, se muestra la determinación de las condiciones iniciales, donde se establece que el aire es el fluido de inicio, la simulación estará bajo presión atmosférica y a temperatura ambiente, aproximadamente 20°C

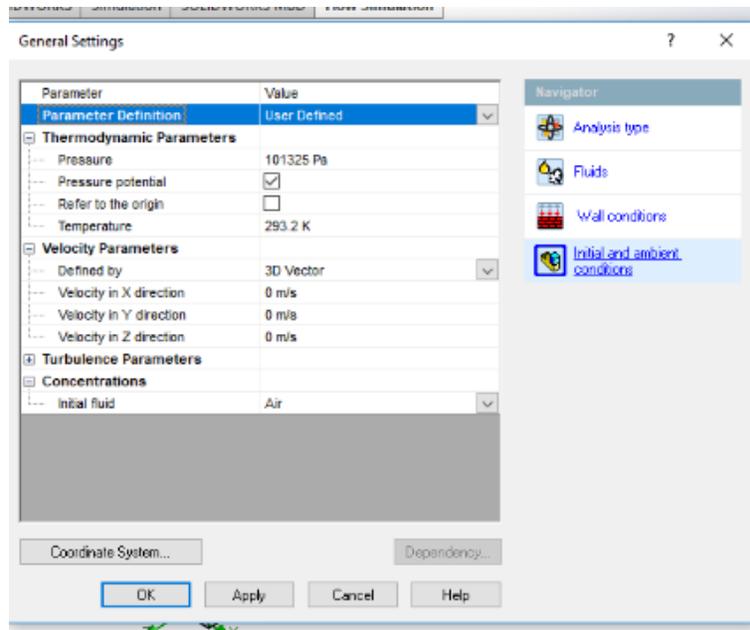


Figura 11 Condiciones Iniciales

En la Figura 12, se muestra el análisis dinámico en el que se consideró flujo a superficie libre, paredes adiabáticas, los efectos de la gravedad, los fluidos de trabajos son aire y agua, las condiciones de fronteras son un flujo de entrada y descarga a presión atmosférica

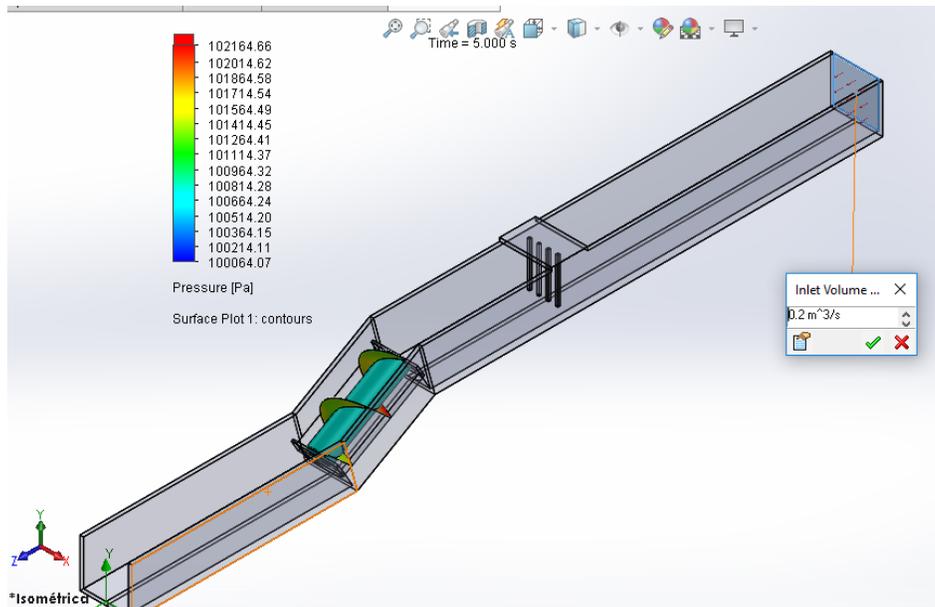


Figura 12 Análisis Dinámico

En la Figura 13, se observa una vista posterior en la cual se puede ver que el primer alabe es el que está sometido a presiones más altas.

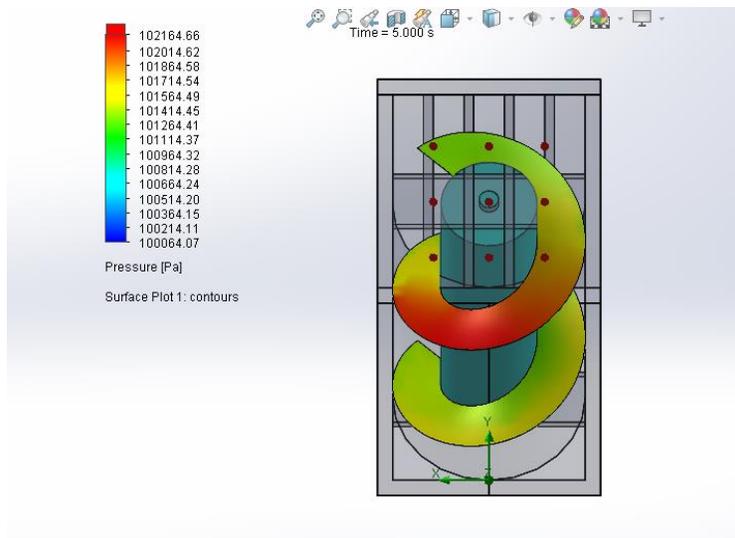


Figura 13 Alabe sometido a presiones altas

En la Figura 14, se muestra un perfil de la distribución de presiones a lo largo del canal, donde igual que en la Figura 13, se aprecia que al contacto con el alabe es donde se presenta la mayor presión.

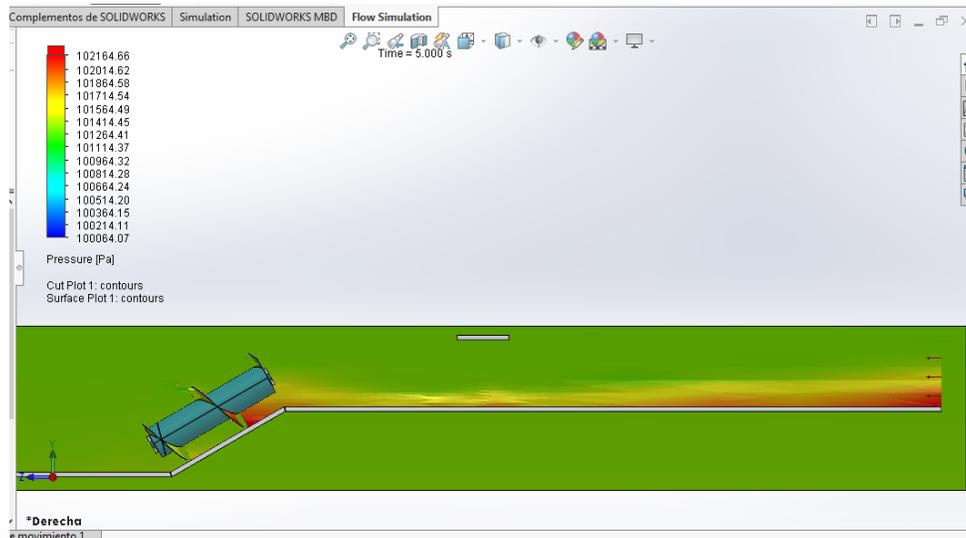


Figura 14 Perfil de distribución de presiones

En la Figura 15, se muestra la gráfica del desarrollo del comportamiento del torque en dirección del eje X, el cual es el que le da la inercia para que la turbina gire.

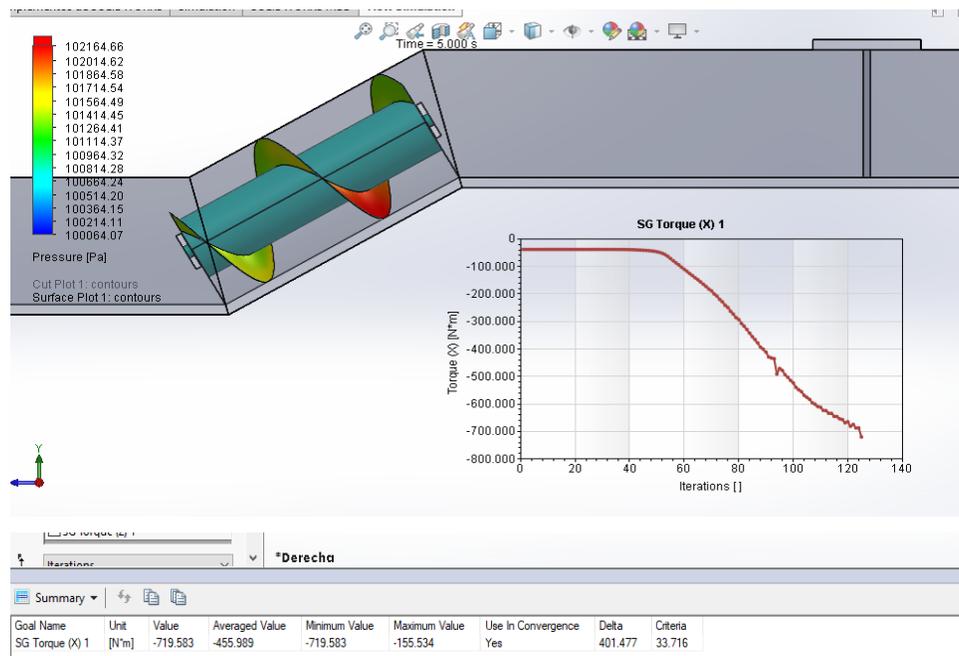


Figura 15 Comportamiento del Torque del Eje X

En la Figura 16, se muestran capturas de pantalla de la simulación en proceso

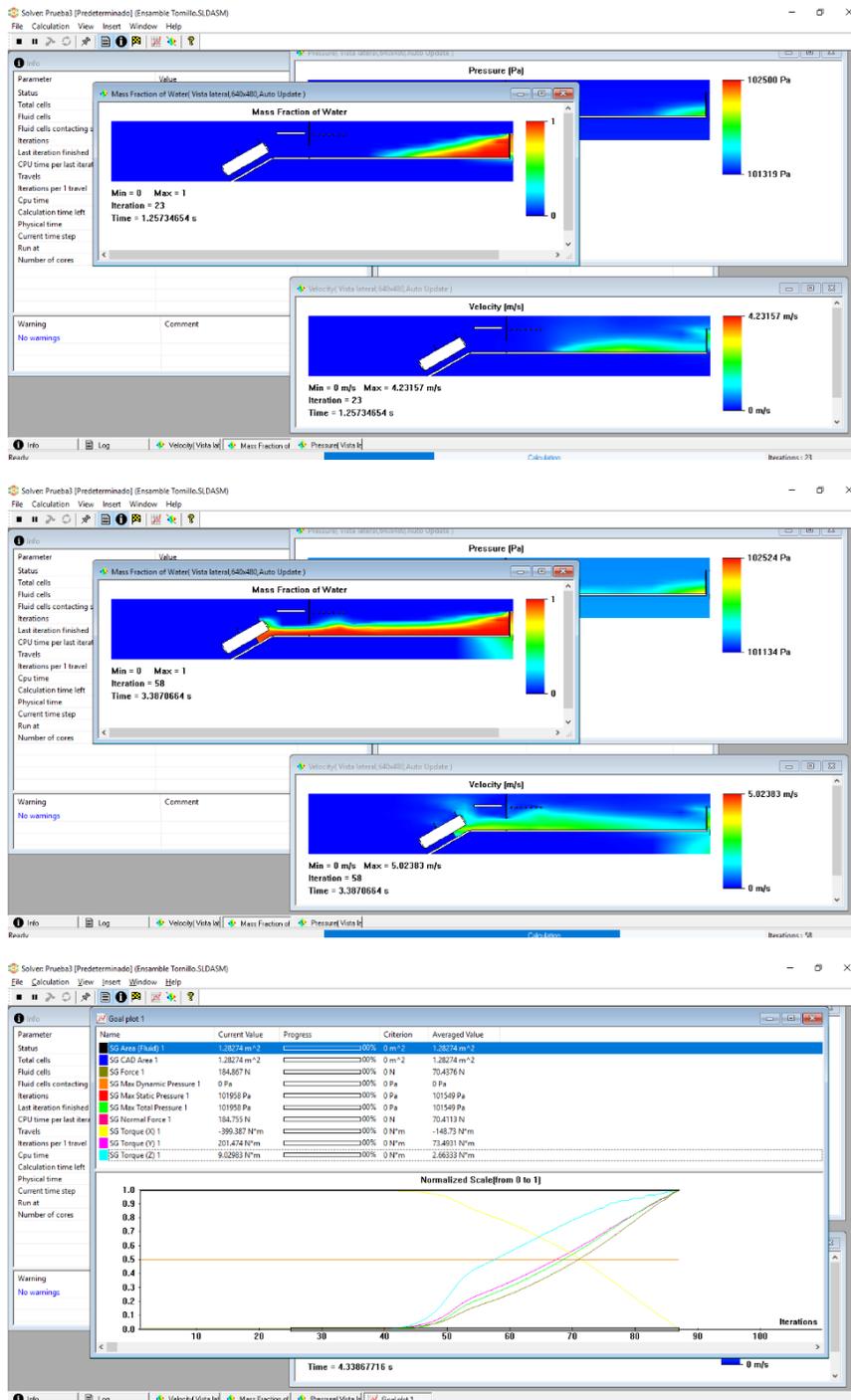


Figura 16 Capturas de Pantalla de Simulación

3.3.11 CAJA MULTIPLICADORA Y GENERADOR ELÉCTRICO

Para gastos cercanos a los 200 lps y caídas de 1 m es posible obtener velocidades entre 65 y 70 rpm, las cuales son bajas, pero es posible incrementarlas con una caja

multiplicadora de velocidad, con la relación adecuada para el generador eléctrico con el que se cuenta.

Para modelos de alternadores o generadores eléctricos comerciales a bajas rpm, se encuentran los que son utilizados para aerogeneradores los cuales pueden tener las siguientes características: 12VAC @ 160 rpm con una potencia de 3,200W

Descripción

Voltaje: 3 fases 12 VAC

Magnetos permanentes: Neodimio

Resistencia a humedad y corrosión: Si, exterior sellado, baleros esféricos, rotor cubierto

Diámetro de eje: 17mm

RPM a 12V: 160RPM

Material de cubierta: Aluminio & Acero

Diámetro de rotor: 12cm (4.75 pulgadas)

Longitud: 10cm (4.0 pulgadas)

Peso: 4.50kg (9.15 libras)

Longitud de cable: aprox. 18cm (7 pulgadas)

Rotación: Bi-direccional, se recomienda en sentido de manecillas de reloj.



Figura 17 Caja Multiplicadora

Para este caso necesitaríamos una caja multiplicadora con una relación de 1:3, es decir por cada rpm que suministre el tornillo de Arquímedes, la caja multiplicadora estará entregando 3 al generador de imanes permanentes.

4 Conclusiones

Como parte de los proyectos productivos agrícolas y frutícolas con aprovechamiento de agua y energía renovable, se muestrearon los suelos para identificar las características de sitio, las características físicas de los suelos, erosión actual aparente de la zona donde se muestreo y puntos para la zonificación agroecológica probable, observándose que la mayoría de los sitios en estudio tienen drenaje superficial donador, esto es, que el escurrimiento excede a la cantidad de agua que recibe proveniente de pendientes más altas, suelos café y café amarillento, lo que indica un grado de permeabilidad del suelo media, unidades texturales medias, que van de migajón arcillo arenoso a migajón arcilloso, estructuras de bloques angulares con porosidad vesicular predominante entre los agregados del suelo

La cuenca alta presenta riesgos de erosión leve a moderada del suelo, lo que permite considerar la aplicación de programa de capacitación a usuarios con proyectos de reconversión productiva que incluya el establecimiento de programas productivos como la explotación maderable y el aprovechamiento de cultivos perennes y frutícolas con acciones de captación de agua de lluvia fomentaría la utilización de energías renovables que contribuyan a mitigar el impacto ambiental observable y tener sustentabilidad en la rentabilidad productiva y de producción del agua y el suelo.

En zonas con uso del suelo es agropecuario se podría implementar la inducción pastizal y de cultivos rentables apoyando programas de mejoras territoriales capacitando a usuarios con proyectos de reconversión productiva que incluya el establecimiento de programas productivos como el establecimiento de pastos de alta calidad, apoyo con guías cultivos rentables y promoción de la sustentabilidad y rentabilidad productiva y de producción del agua y el suelo.

De acuerdo con las características observadas en el área de influencia de la cuenca Presa El Gallinero, los rangos del factor K que representa la erosionabilidad del suelo, es decir, su vulnerabilidad a la acción del agua y que es función las propiedades y características físicas y químicas del suelo, se presentan de 0.025 a 0.036 t ha h/Mj mm ha)

Con respecto a la zonificación agroecológica para la producción de cultivos y frutales, se utilizaron datos de recorridos de campo, información de cartas topográficas, edafológicas, de uso del suelo de SPP, 1974, erosionabilidad del suelo obtenido en este estudio, así como resultados de Granados et al., 2004 y mapas de distribución potencial de los cultivos del estado de Guanajuato correspondientes a zonas con características socioeconómicas homogéneas para la actividad agropecuaria, forestal, acuícola y agroindustrial bajo condiciones de riego, drenaje, de temporal, definidas por la SAGARPA como Distritos de Desarrollo Rural (DDR) y en las características de cultivos recomendados en la Agenda Técnica Agrícola de Guanajuato, se generó la zonificación agroecológica del área de influencia de la cuenca Presa El Gallinero dividiéndose el área seis zonas agroecológicas.

Con respecto al curso-taller se logró brindar capacitación a los usuarios de riego de la Presa Álvaro Obregón y productores de la cuenca Presa El Gallinero, en el aprovechamiento y uso eficiente del agua, así como el uso de energías renovables y su aprovechamiento para la producción agropecuaria a un total de 61 participantes en el curso – taller, provenientes de las comunidades de El Llanito, Rancho Cerrito de San Pablo, Ejido Jesús María, Col. Mariano Balleza, Rancho El Gallinero, Ejido Los Carrillo, Ejido 10 de Abril, Ejido Dolores, Lindavista, El Tajo y la comunidad Cojonotito. Así mismo, estuvieron presentes autoridades y técnicos de Ecología y Protección al Ambiente del H. Ayuntamiento Municipal de Dolores Hidalgo y autoridades de la Asociación de Usuarios de la Presa Álvaro Obregón (El Gallinero).

Captación de agua de lluvia y su uso agrícola para el riego presurizado mediante el uso de energías renovables

Se llevó a cabo la construcción de una pequeña unidad como área experimental para la producción de germinado de maíz como alternativa de forraje hidropónico basados en agua proveniente de un sistema de desalinización alimentado con energía solar.

Además de la construcción de una pequeña huerta de fresa y arándano usando malla sombra y riego de agua proveniente de un sistema de desalinización por nanofiltración alimentado con energía fotovoltaica (NF-PV). Se emplearon dos pequeños invernaderos equipados con sistemas de riego por microaspersión. En donde las plántulas de fresa no lograron sobrevivir, mientras que las plantas de arándano si resistieron al ser transplantadas y se adaptaron al clima de Jiutepec. Se construyó el sistema de desalinización por nanofiltración alimentado por energía fotovoltaica y se logró implementar el sistema de riego por micro-aspersión.

5 ANEXOS

Anexo 1. PROYECTOS PRODUCTIVOS AGRÍCOLAS

Anexo 1a. Proyecto ejecutivo para entubar la red de distribución principal de la zona de riego de la Presa El Gallinero, Dolores Hidalgo, Guanajuato.

Anexo 1b. Diseño ejecutivo para la tecnificación de riego del bordo Tortugas para producir hortalizas y frutales en la comunidad Estancia de Zamarripa de la cuenca de la Presa El Gallinero, Dolores Hidalgo, Guanajuato.

Anexo 1c. Proyecto ejecutivo para la tecnificación mediante sistema de riego por goteo subsuperficial (RGS) para producir alfalfa en la comunidad Terrero de Trancas, Dolores Hidalgo, Guanajuato.

Anexo 1d. Proyecto productivo para captación de agua de lluvia para aprovechamiento como abrevadero en la comunidad ganadera El Tecolote, Dolores Hidalgo, Guanajuato.

Anexo 1e. Proyecto productivo para captación de agua de lluvia para aprovechamiento como abrevadero en la comunidad ganadera El Ciprés, Dolores Hidalgo, Guanajuato.

Anexo 1f. Proyecto productivo para la cosecha y almacenamiento de agua de lluvia en traspatio para abrevar ganado ovino en comunidades ganaderas de Dolores Hidalgo, Guanajuato.

Anexo 1g. Proyecto productivo para el manejo y conservación forestal del bosque del Megaparque Bicentenario de Dolores Hidalgo, Guanajuato.

Anexo 1h. Proyecto productivo para el establecimiento de un vivero para producción de nopal en San Elías, municipio de Dolores Hidalgo, Guanajuato.

Anexo 2. DESCRIPCIÓN Y MEMORIA FOTOGRÁFICA DEL CURSO-TALLER

Anexo 3. PLAN DE RECONVERSIÓN PRODUCTIVA

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASP A Ingeniería y Desarrollo, Proyecto ejecutivo de la Unidad de Riego Álvaro Obregón en el municipio de Dolores Hidalgo, Gto.
- Ayuntamiento de Dolores Hidalgo, Programa de Gobierno Municipal 2015-2018.
- CONAGUA. 2015. Actualización de la disponibilidad media anual del agua en el acuífero Cuenca Alta del Río Laja (1108), Estado de Guanajuato, CONAGUA, México, 2015.
- CONAPO. 1995. Índice de Marginación 1995, CONAPO, 1995
- CONAPO. 2010. Índice de Marginación 2010, CONAPO, 2010
- Cuanalo de la C., H., Ojeda T., E., Santos O., A., Ortiz, S. C. A. 1989. Provincias, regiones y subregiones terrestres de México. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. XXX Aniversario. 1959-1989. Chapingo, México.
- Desmet, P. J. J. y Govers, G. 1996. Comparison of Routing Algorithms for Digital Elevation Models and Their Applications for Predicting Ephemeral Gullies. International Journal of GIS 10:311-331
- CONAGUA. 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero cuenca alta del Río Laja, Estado de Guanajuato, México.
- DOF: 2014. Programa especial para el aprovechamiento de energías renovables. Diario Oficial de la Federación. 28/04/2014.
- Escalada, Ignacio, Noticias Interesantes sobre el acontecimiento de El Gallinero, UANL, Puebla, 1852.
- Etienne, M. y Prado, C. 1982. Descripción de la vegetación mediante la cartografía de ocupación de tierras. Ciencias Agrícolas No. 10. Universidad de Chile. 120 p.
- FAO. 1978. Report on the Agroecological zones project. World Soil Resources Report. Methodology and results for Africa. Vol. 1, No. 48, FAO, Roma, Italia.
- FAO-ISRIC-IUSS. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación personal.
- Figuroa, S. B., Amante O. A., Cortés T. H. G., Pimentel L. J., Osuna C. E. S., Rodríguez O. J. M. y Morales F. F. J. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Colegio de Postgraduados CREZAS y Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. 150 p.
- Gobierno del Estado de Guanajuato, 2018. Fenómeno Hidrometeorológico, Dolores Hidalgo C.I.N. Afluentes del Río Laja. Secretaria de Seguridad Pública-Gobierno del Estado. https://servicios-ssp.guanajuato.gob.mx/atlas/hm/hm_dolores_hidalgo.pdf.

- INEGI. 2011. Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI, Aguascalientes 2011.
- INEGI. 1996. Censo de Población 1995, INEGI, 1996.
- INIFAP, 2017. Agenda Técnica Agrícola de Guanajuato. COFUPRD-INIFAP-SAGARPA. México, D.F.
- Kirkby, M.J., Morgan, R.P., 1980. Soil erosion. John Wiley & Sons, New York. USA. 312 p.
- Martínez, C. J., Téllez, V. O. e Ibarra, M. G. 2009. Estructura de los encinares de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. Rev. Mex. Biodiversidad. Vo. 80. No. 1. 145-156. México
- Mitasova H., Brown W. M. y Johnston D.M. 2001. Terrain Modelling and Soil Erosion Simulation-Final Report. US Army Engineering Research and development Center (ERCD)
- Mitasova, H., Brown, W.M., Johnston, D., Mitas, L. 1996. GIS Tools for Erosion/Deposition Modeling and Multidimensional Visualization. PART II: Unit Stream Power-Based Erosion/Deposition Modeling and Enhanced Dynamic Visualization. Report for USA CERL. University of Illinois, Urbana-Champaign, IL, pp. 38.
- Ordoñez, Gálvez, J. C. 2011. ¿Qué es una cuenca hidrológica?. Cartilla Técnica. "Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral del Recurso Hídrico". Sociedad Geográfica de Lima-Global Water Partnership South America. Foro Peruano para el Agua. SENAMHI. Lima Perú.
https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf.
- Rebeca Granados, Ramírez, R., T. Reyna Trujillo, J. Soria Ruíz y Y. Fernández Ordóñez, 2014. Agroclimatic aptitude in the Mesa Central of Guanajuato, México. Invest. Geog no.54 agosto. México. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112004000200003.
- Sagarpa, 2018. <http://www.milenio.com/estados/guanajuato-en-el-top-10-de-produccion-agropecuaria>.
- SEMARNAT. 2012. Informe de la situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores clave y de desempeño Ambiental, http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/00_intros/pdf.html
- SEMARNAT. 2013. Guía de programas de Fomento de Energías Renovable. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/100491/GuiaProgramasFomentoEnergiasRenovablesMunicipiosRepublicaMexicana.pdf>
- SPP, 1973. Carta Edafológica Guanajuato F-14-C-43 y Carta Edafológica Dolores Hidalgo F-14-C-44. Secretaria de Programación y Presupuesto-Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática-Presidencia de la República-CETENAL. México, D.F.
- Tarboton D. G. 1997. A New Method for the Determination of Flow Directions and Upslope Areas in Grid Digital Elevation Models. Utah Water Research Laboratory, Utah State University,

Logan, U.S.A. Water Resources Research, 33(2): 309-319. American Geophysical Union. USA.

Wischmeier, W. H. and D. D. Smith, 1965. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains – Guide for selection of practices for soil and water conservation. U. S. Department of agriculture. Agricultural Handbook No. 282. 47 pp

Zevenbergen, L. W. y C. R. Thorne. 1987. Quantitative Analysis of Land Surface Topography. Earth Surface Processes and Landforms. Vol. 12. Pp. 12-56