

# SEMARNAT

SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



## AL PÚBLICO EN GENERAL

EL CONTENIDO DE ESTE ARCHIVO NO PODRÁ SER ALTERADO O MODIFICADO TOTAL O PARCIALMENTE, TODA VEZ QUE PUEDE CONSTITUIR EL DELITO DE FALSIFICACIÓN DE DOCUMENTOS DE CONFORMIDAD CON EL ARTÍCULO 244, FRACCIÓN III DEL CÓDIGO PENAL FEDERAL, QUE PUEDE DAR LUGAR A UNA SANCIÓN DE **PENA PRIVATIVA DE LA LIBERTAD** DE SEIS MESES A CINCO AÑOS Y DE CIENTO OCHENTA A TRESCIENTOS SESENTA DÍAS MULTA.

DIRECCIÓN GENERAL DE  
IMPACTO Y RIESGO  
AMBIENTAL

***CAPÍTULO I DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE  
Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL***

## **I DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **I.1. Datos Generales del Proyecto**

#### **I.1.1. Nombre del proyecto**

Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1 (Presa Zoquiapa).

#### **I.1.2. Ubicación del proyecto**

El proyecto se ubicará en el municipio de Tlapacoya entre las localidades de Zoquiapa y Xochicugtla en la parte Noreste del Estado de Puebla, tal como se muestra en la siguiente figura.

# MIA REGIONAL PARA EL "PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)"

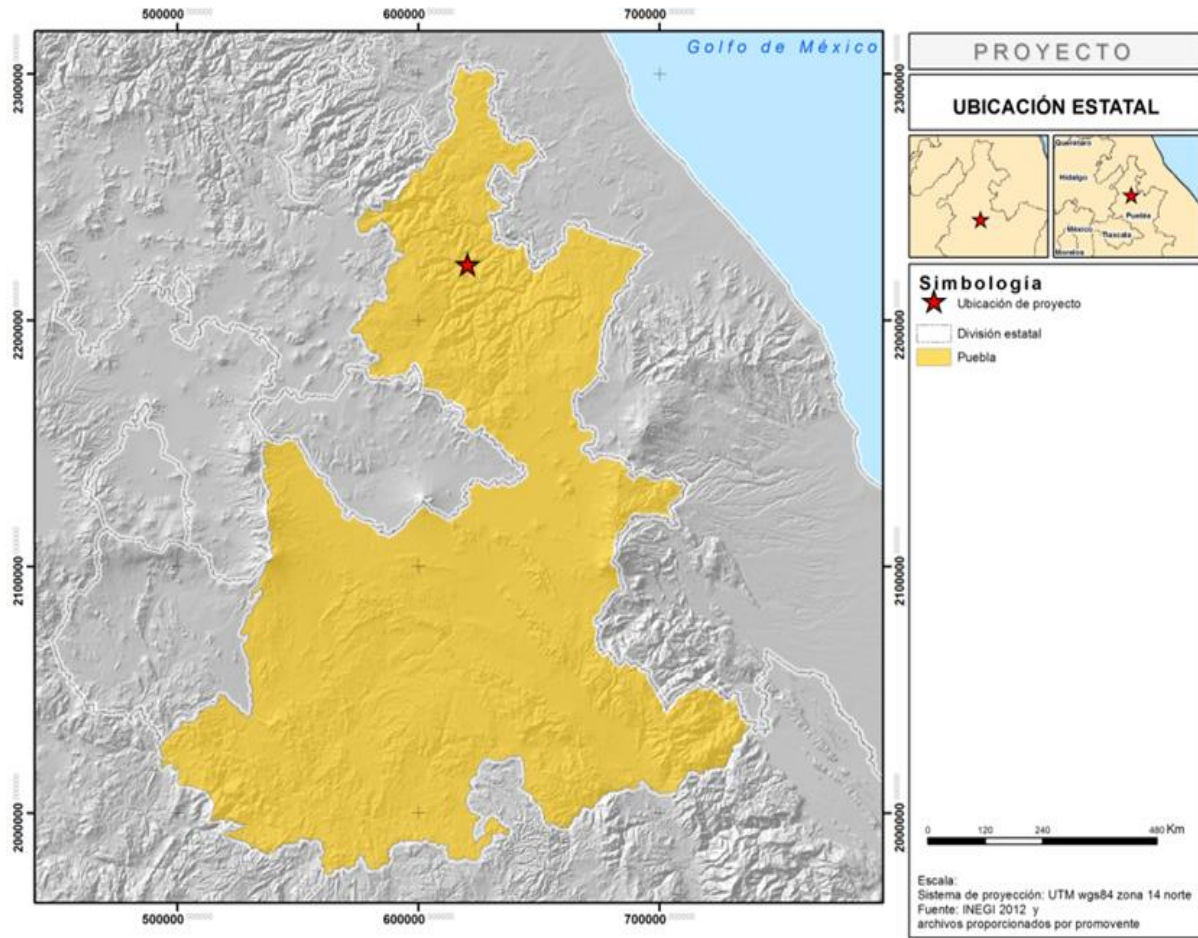


Figura I.1 Ubicación del proyecto dentro del Estado de Puebla.

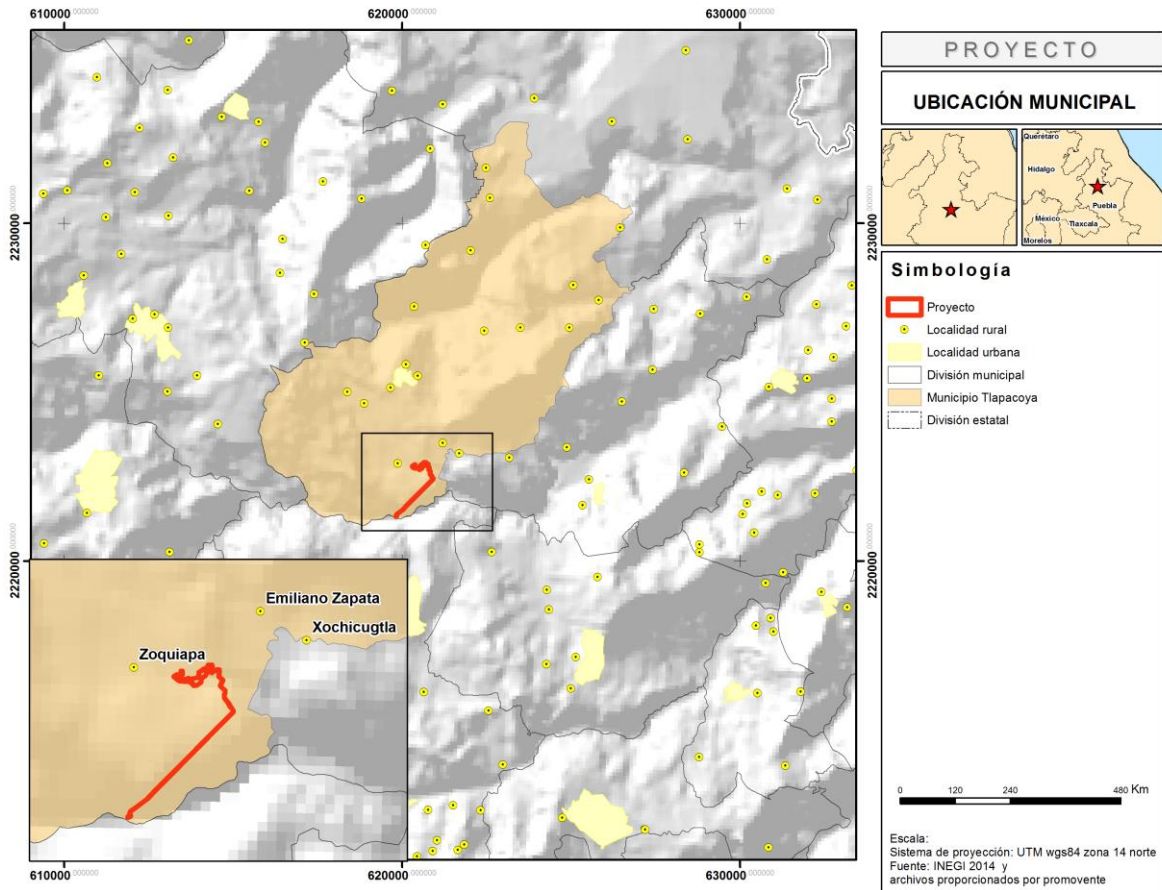


Figura I.2 Ubicación del proyecto dentro del municipio de Tlapacoya.

A continuación se presentan las coordenadas, en UTM, de los vértices que delimitan las diferentes obras del proyecto, así como las coordenadas de las obras provisionales necesarias durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto.

Tabla I.1 Coordenadas del embalse.

Embalse		
Coordenadas		
Vértice	X	Y
1	620,691.9056	2,222,858.9322
2	620,691.7479	2,222,858.9807
3	620,689.2613	2,222,859.5952
4	620,685.1579	2,222,860.2411
5	620,679.7927	2,222,860.9492
6	620,675.0925	2,222,861.2465
7	620,662.5834	2,222,860.9697
8	620,642.7241	2,222,850.9084
9	620,638.3714	2,222,826.6160
10	620,630.9355	2,222,812.5663
11	620,609.2407	2,222,796.5754
12	620,585.6556	2,222,778.9734
13	620,583.0259	2,222,740.0875
14	620,539.7541	2,222,709.9491
15	620,503.0894	2,222,708.1366
16	620,501.7974	2,222,715.7676
17	620,504.4401	2,222,723.6921
18	620,497.7409	2,222,732.6525
19	620,487.0575	2,222,739.0128
20	620,480.2455	2,222,733.6124
21	620,464.0066	2,222,751.0434
22	620,396.6900	2,222,752.6773
23	620,355.4299	2,222,758.3878
24	620,328.3708	2,222,774.4480
25	620,315.6942	2,222,791.2210
26	620,301.3365	2,222,796.9271
27	620,298.0675	2,222,802.6553
28	620,300.2414	2,222,807.0621
29	620,313.1647	2,222,812.5724
30	620,332.0887	2,222,825.1175
31	620,359.5819	2,222,825.8784
32	620,375.9046	2,222,835.1240
33	620,373.1842	2,222,860.8666
34	620,386.5144	2,222,862.7701
35	620,392.3180	2,222,839.4748
36	620,387.0585	2,222,821.3462

Embalse		
Coordenadas		
Vértice	X	Y
37	620,359.0378	2,222,802.4018
38	620,357.7787	2,222,786.7773
39	620,367.8443	2,222,777.4411
40	620,417.7786	2,222,773.2726
41	620,448.2246	2,222,786.7515
42	620,465.5991	2,222,778.8914
43	620,488.3968	2,222,775.8059
44	620,501.9084	2,222,783.5106
45	620,544.4381	2,222,789.0399
46	620,561.4105	2,222,809.0987
47	620,564.7478	2,222,831.8887
48	620,560.1815	2,222,848.7333
49	620,585.2101	2,222,860.5434
50	620,603.9545	2,222,879.8179
51	620,643.4762	2,222,892.1957
52	620,656.0359	2,222,899.1642
53	620,653.3799	2,222,920.0426
54	620,662.2023	2,222,924.9975
55	620,675.0925	2,222,913.7879
56	620,678.9049	2,222,910.2476
57	620,683.5737	2,222,906.7234
58	620,686.0372	2,222,905.1505
59	620,687.0986	2,222,904.6317
60	620,687.6709	2,222,904.4289
61	620,688.8279	2,222,904.1375
62	620,688.8389	2,222,903.8166
63	620,688.7976	2,222,902.6650
64	620,691.6473	2,222,899.0432
65	620,691.7185	2,222,896.0969
66	620,690.4107	2,222,894.7551
67	620,690.6299	2,222,891.7807
68	620,690.7533	2,222,888.8007
69	620,690.8542	2,222,885.8173
70	620,691.1668	2,222,882.8546
71	620,691.7344	2,222,879.9221
72	620,692.2743	2,222,876.9893
73	620,692.5207	2,222,874.0188

Embalse		
Coordenadas		
Vértice	X	Y
74	620,692.7844	2,222,870.9227
75	620,693.1297	2,222,870.5815
76	620,693.1771	2,222,868.6173
77	620,692.6440	2,222,868.1715
78	620,692.6655	2,222,866.2653
79	620,692.6098	2,222,865.1162
80	620,692.4587	2,222,863.9742
81	620,692.1114	2,222,861.6921
82	620,691.9223	2,222,859.3929

Cortina		
Coordenadas		
Vértice	X	Y
22	620,688.1791	2,222,914.1764
23	620,687.9726	2,222,916.4726
24	620,687.5567	2,222,918.7334
25	620,687.3678	2,222,919.8845
26	620,687.3313	2,222,920.4631
27	620,687.3640	2,222,921.0348
28	620,687.4832	2,222,921.5941
29	620,687.6636	2,222,922.1434
30	620,688.0510	2,222,923.2342
31	620,688.4430	2,222,924.3145
32	620,688.9385	2,222,925.3635
33	620,689.2569	2,222,925.8577
34	620,689.6389	2,222,926.2931
35	620,690.0964	2,222,926.6346
36	620,690.6251	2,222,926.8660
37	620,691.1969	2,222,926.9997
38	620,691.7817	2,222,927.0505
39	620,692.3618	2,222,927.0285
40	620,692.9311	2,222,926.9393
41	620,694.0236	2,222,926.5910
42	620,695.0892	2,222,926.1353
43	620,696.1645	2,222,925.6869
44	620,697.2016	2,222,925.1832
45	620,697.6850	2,222,924.8789
46	620,698.1346	2,222,924.5245
47	620,698.9278	2,222,923.6819
48	620,699.5834	2,222,922.7174
49	620,700.1060	2,222,921.6846
50	620,700.4992	2,222,920.6022
51	620,700.7769	2,222,919.4849
52	620,701.2085	2,222,917.2174
53	620,701.7007	2,222,914.9645
54	620,702.0185	2,222,913.8580
55	620,702.4512	2,222,912.7921
56	620,703.4411	2,222,910.6972
57	620,703.6039	2,222,910.1489
58	620,703.6985	2,222,909.5815

Tabla I.2. Coordenadas de la cortina.

Cortina		
Coordenadas		
Vértice	X	Y
1	620,692.6434	2,222,868.2223
2	620,692.6422	2,222,868.2223
3	620,692.7043	2,222,868.2219
4	620,693.1771	2,222,868.6173
5	620,693.1297	2,222,870.5815
6	620,692.7844	2,222,870.9227
7	620,692.5207	2,222,874.0188
8	620,692.2743	2,222,876.9893
9	620,691.7344	2,222,879.9221
10	620,691.1668	2,222,882.8546
11	620,690.8542	2,222,885.8173
12	620,690.7533	2,222,888.8007
13	620,690.6299	2,222,891.7807
14	620,690.4107	2,222,894.7551
15	620,691.7185	2,222,896.0969
16	620,691.6473	2,222,899.0432
17	620,688.7976	2,222,902.6650
18	620,688.8389	2,222,903.8166
19	620,688.7995	2,222,904.9676
20	620,688.5936	2,222,907.2670
21	620,688.2900	2,222,911.8664

MIA REGIONAL PARA EL "PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)"

Cortina		
Coordenadas		
Vértice	X	Y
59	620,703.8734	2,222,908.4394
60	620,704.9736	2,222,903.9614
61	620,706.2049	2,222,899.5177
62	620,707.3383	2,222,895.0480
63	620,707.9142	2,222,892.8175
64	620,708.1499	2,222,891.6893
65	620,708.2987	2,222,890.5363
66	620,708.3037	2,222,889.9592
67	620,708.2340	2,222,889.3913
68	620,707.9264	2,222,888.2800
69	620,707.6853	2,222,887.1505
70	620,707.5430	2,222,886.0039
71	620,707.2869	2,222,884.8890
72	620,706.8594	2,222,883.8174
73	620,705.9239	2,222,881.6938
74	620,705.5885	2,222,880.5982
75	620,705.4005	2,222,879.4652
76	620,705.2427	2,222,877.1453
77	620,705.0504	2,222,876.0122
78	620,704.6531	2,222,874.9276
79	620,704.5319	2,222,874.3668
80	620,704.4714	2,222,873.7926
81	620,704.3131	2,222,873.2363
82	620,704.2386	2,222,872.9379
83	620,704.2146	2,222,872.6013
84	620,704.2755	2,222,872.2094
85	620,704.3922	2,222,871.8106
86	620,704.4338	2,222,871.6529
87	620,704.4453	2,222,871.5445
88	620,704.3872	2,222,871.4392
89	620,704.2639	2,222,871.3818
90	620,704.1230	2,222,871.2525
91	620,704.0073	2,222,871.1421
92	620,703.7739	2,222,871.0147
93	620,703.4156	2,222,870.8805
94	620,703.1746	2,222,870.7394
95	620,703.0868	2,222,870.5931

Cortina		
Coordenadas		
Vértice	X	Y
96	620,703.0788	2,222,870.4449
97	620,703.0957	2,222,870.1520
98	620,703.1316	2,222,869.5787
99	620,703.1605	2,222,868.4350
100	620,703.1631	2,222,866.1239
101	620,703.2495	2,222,864.9741
102	620,703.3958	2,222,863.8303
103	620,703.7156	2,222,861.5470
104	620,703.8010	2,222,860.3990
105	620,703.8300	2,222,859.2455
106	620,703.8178	2,222,858.0882
107	620,703.7365	2,222,856.9363
108	620,703.5258	2,222,855.8052
109	620,703.1672	2,222,854.7072
110	620,702.2128	2,222,852.6089
111	620,701.7882	2,222,851.5278
112	620,701.6753	2,222,850.9671
113	620,701.6623	2,222,850.3955
114	620,701.9819	2,222,848.1012
115	620,702.0106	2,222,846.9428
116	620,701.9128	2,222,846.3758
117	620,701.7087	2,222,845.8367
118	620,701.3969	2,222,845.3434
119	620,700.9870	2,222,844.9207
120	620,700.5001	2,222,844.6027
121	620,699.9584	2,222,844.4200
122	620,698.8007	2,222,844.3201
123	620,697.6467	2,222,844.2797
124	620,696.4980	2,222,844.2839
125	620,695.3534	2,222,844.4203
126	620,694.7927	2,222,844.5861
127	620,694.2517	2,222,844.8426
128	620,693.7858	2,222,845.1990
129	620,693.4685	2,222,845.6598
130	620,693.3134	2,222,846.2093
131	620,693.2405	2,222,846.8005
132	620,693.0930	2,222,847.9677



Cortina		
Coordenadas		
Vértice	X	Y
133	620,692.7208	2,222,850.2240
134	620,692.1116	2,222,854.7940
135	620,691.9012	2,222,857.0896
136	620,691.8806	2,222,858.2404
137	620,691.9223	2,222,859.3929
138	620,692.1114	2,222,861.6921
139	620,692.4587	2,222,863.9742
140	620,692.6098	2,222,865.1162
141	620,692.6655	2,222,866.2653

**Tabla I.3.**Coordenadas del eje del trazo de la tubería de conducción superficial.

Tubería de conducción		
Tubería superficial (eje de trazo)		
Coordenadas		
Vértice	X	Y
A1	620,701.0578	2,222,869.3609
A2	620,705.6099	2,222,869.7640
A3	620,732.9273	2,222,863.3015
A4	620,757.2027	2,222,877.8094
A5	620,777.0363	2,222,874.9763
A6	620,778.4643	2,222,867.5168
A7	620,771.2019	2,222,801.9800
A8	620,814.4142	2,222,762.6254
A9	620,785.2490	2,222,704.3037
A10	620,839.1298	2,222,656.8679
A11	620,839.5146	2,222,627.6388
A12	620,827.9671	2,222,614.7066
A13	620,830.4165	2,222,577.9929
A14	620,870.6056	2,222,525.8130
A15	620,875.4617	2,222,516.6363
B1	620,891.3644	2,222,486.5846
B2	620,891.8971	2,222,485.5779

Tubería de conducción		
Tubería superficial (eje de trazo)		
Coordenadas		
Vértice	X	Y
B3	620,907.9385	2,222,470.9327
B4	620,920.9321	2,222,447.4862

**Tabla I 4.**Coordenadas del eje de trazo de la tubería dentro de la rampa túnel (P.H.Puebla I).

Tubería por rampa túnel del P.H.Puebla.I (eje de trazo)		
1	620,920.9321	2,222,447.4862
2	620,924.8098	2,222,440.4889
3	620,925.1513	2,222,439.7361
4	620,925.3679	2,222,438.9384
5	620,925.4544	2,222,438.1163
6	620,925.4083	2,222,437.2910
7	620,925.2308	2,222,436.4837
8	620,924.9266	2,222,435.7151
9	620,924.5035	2,222,435.0050
10	620,923.9723	2,222,434.3717
11	620,027.9663	2,221,525.3519
12	620,020.7153	2,221,518.4753
13	620,013.0175	2,221,512.1029
14	619,924.2888	2,221,443.5564
15	619,919.8792	2,221,440.2785
16	619,848.3589	2,221,389.1429
17	619,844.7002	2,221,386.0886
18	619,841.5382	2,221,382.5223
19	619,838.9440	2,221,378.5242
20	619,836.9755	2,221,374.1836
21	619,835.6768	2,221,369.5978
22	619,835.0771	2,221,364.8696
23	619,835.1898	2,221,360.1049
24	619,836.0123	2,221,355.4103
25	619,837.5262	2,221,350.8910
26	619,839.6977	2,221,346.6483

Tubería por rampa túnel del P.H.Puebla.I (eje de trazo)		
27	619,842.4781	2,221,342.7773
28	619,845.5079	2,221,339.1637
29	619,845.8236	2,221,338.7167
30	619,846.0612	2,221,338.2238
31	619,846.2141	2,221,337.6983
32	619,846.2783	2,221,337.1549
33	619,846.2519	2,221,336.6083
34	619,846.1357	2,221,336.0736
35	619,845.9329	2,221,335.5653
36	619,845.6489	2,221,335.0975
37	619,845.2917	2,221,334.6830
38	619,844.8709	2,221,334.3331
39	619,832.2943	2,221,325.5278
40	619,831.8020	2,221,325.2429
41	619,831.2680	2,221,325.0466
42	619,830.7084	2,221,324.9448
43	619,830.1395	2,221,324.9404
44	619,829.5784	2,221,325.0337
45	619,829.0415	2,221,325.2219
46	619,828.5449	2,221,325.4993
47	619,828.1032	2,221,325.8577
48	619,826.6001	2,221,327.3093

Tabla I. 6.Coordenadas de la caseta de descarga.

Caseta de descarga		
Coordenadas		
Vértice	X	Y
1	619,831.8300	2,221,328.2600
2	619,824.4000	2,221,321.0600
3	619,820.7800	2,221,324.8000
4	619,815.3400	2,221,319.5300
5	619,809.9300	2,221,325.0300
6	619,822.8300	2,221,337.5400

Tabla I.5. Coordenadas del desarenador.

Desarenador		
Coordenadas		
Vértice	X	Y
1	620,887.8289	2,222,484.7137
2	620,871.9262	2,222,514.7654
3	620,878.9972	2,222,518.5072
4	620,894.8999	2,222,488.4555

**Tabla I. 7.**Coordenadas de las obras provisionales.

<b>Obras Provisionales</b>			
<b>Coordenadas</b>			
<b>Número</b>	<b>Concepto</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
1	Campamento	620,264	2,222,111
2	Almacén (para la tubería de conducción)	620,832	2,222,522
3	Almacén para agregados (cortina)	620,761	2,222,807
4	Banco de material	620,738	2,222,647
5	Oficinas para frente de trabajo (cortina y tubería)	620,284	2,222,124
6	Oficinas de apoyo (cortina y tubería)	620,892	2,222,51
7	Oficina Taller	619,830	2,22,1339
8	Área de Maniobras	620,716	2,222,882

### **I.1.3. Duración del proyecto**

La vida útil estimada del proyecto es de 36 años, de los cuales los primeros 6 años corresponden a trámites y obtención de los diversos permisos que requiere el proyecto, y a las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, y los 30 años restantes corresponden a las etapas de operación y mantenimiento.

## **I.2. Datos Generales del Promovente**

### **I.2.1. Nombre o razón social**

DESELEC 1, S. de R.L. de C.V.

### **I.2.2. Registro Federal de Contribuyentes del promovente**

DES 090818 RD5

### **I.2.3. Nombre y cargo del representante legal**

Nombre: Salomón Camhaji Samra

Cargo: Apoderado General

### **I.2.4 Dirección del promovente para recibir u oír notificaciones**

Calle y número: Bosque de los Ciruelos 160 piso 9

Colonia: Bosque de las Lomas

Municipio: México

Estado: Distrito Federal

Código Postal: 11700

Teléfonos: (0155) 55 96 00 05 y 52 51 60 65

Correo Electrónico: scamhaji@asergen.com.mx

## **I.3. Responsable técnico de la elaboración del estudio**

### **I.3.1. Nombre o razón social**

QV Gestión Ambiental, S.C.

### **I.3.2 RFC del responsable técnico de la elaboración del estudio**

QGA100210969

### I.3.3 Nombre del responsable técnico de la elaboración del estudio

[REDACTED]

Cédula profesional: [REDACTED]

### I.3.4. Dirección del responsable técnico del estudio

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

***CAPITULO II***

***DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO***

## II.1 Información general del proyecto, plan o programa

Las obras y actividades del “Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1 (Presa Zoquiapa)”, que se ponen a consideración de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional (MIA-R), están relacionadas con el aprovechamiento hidráulico como insumo para la generación de energía.

En lo específico, el “Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1 (Presa Zoquiapa)”, en adelante nombrado solo como proyecto, consistirá en la construcción y operación de un conjunto de obras que permitirán captar y derivar el agua del río Zoquiapa, para conducirla al futuro embalse de la presa P.H. Puebla 1 a fin de complementar el gasto para generar energía eléctrica. Cabe indicar que el proyecto P.H. Puebla 1 cuenta con autorización en materia de Impacto Ambiental otorgada mediante el oficio S.G.P.A./D.G.I.R.A/D.G./9364 de fecha 09 de diciembre de 2011.

En el desarrollo del proyecto se trabajara y se edificarán obras en sitios previamente modificados por las obras del proyecto P.H. Puebla 1, lo cual disminuirá los impactos ambientales del presente proyecto.

Las áreas a utilizar serán las siguientes:

- Rampa túnel.
- Caminos y áreas predeterminadas para obras provisionales.
- Sitio de tiro de material de rezaga.

A través de los siguientes apartados que conforman el presente capítulo, se describirán a detalle las obras y actividades del presente proyecto.

## **II.2 Naturaleza del proyecto, plan o programa.**

A través de la captación y derivación de agua del río Zoquiapa, tributario del río Ajajalpan, se dotará de un volumen adicional de agua al embalse del proyecto P.H. Puebla 1, con la finalidad de aprovecharlo en la generación de energía eléctrica.

## **II.3 Justificación.**

El proyecto considera como base principal la captación de agua para complementar el gasto de aporte al embalse del proyecto P.H. Puebla 1, lo cual permitiría incrementar la capacidad operativa de ese proyecto, principalmente en las horas pico de generación, donde ofrecería mayores beneficios tanto económicos como ambientales.

## **II.4 Ubicación física.**

El proyecto se ubicará en el municipio de Tlapacoya, entre las localidades de Zoquiapa y Xochicugtla en la parte Noreste del Estado de Puebla, tal como se muestra en las siguientes figuras.



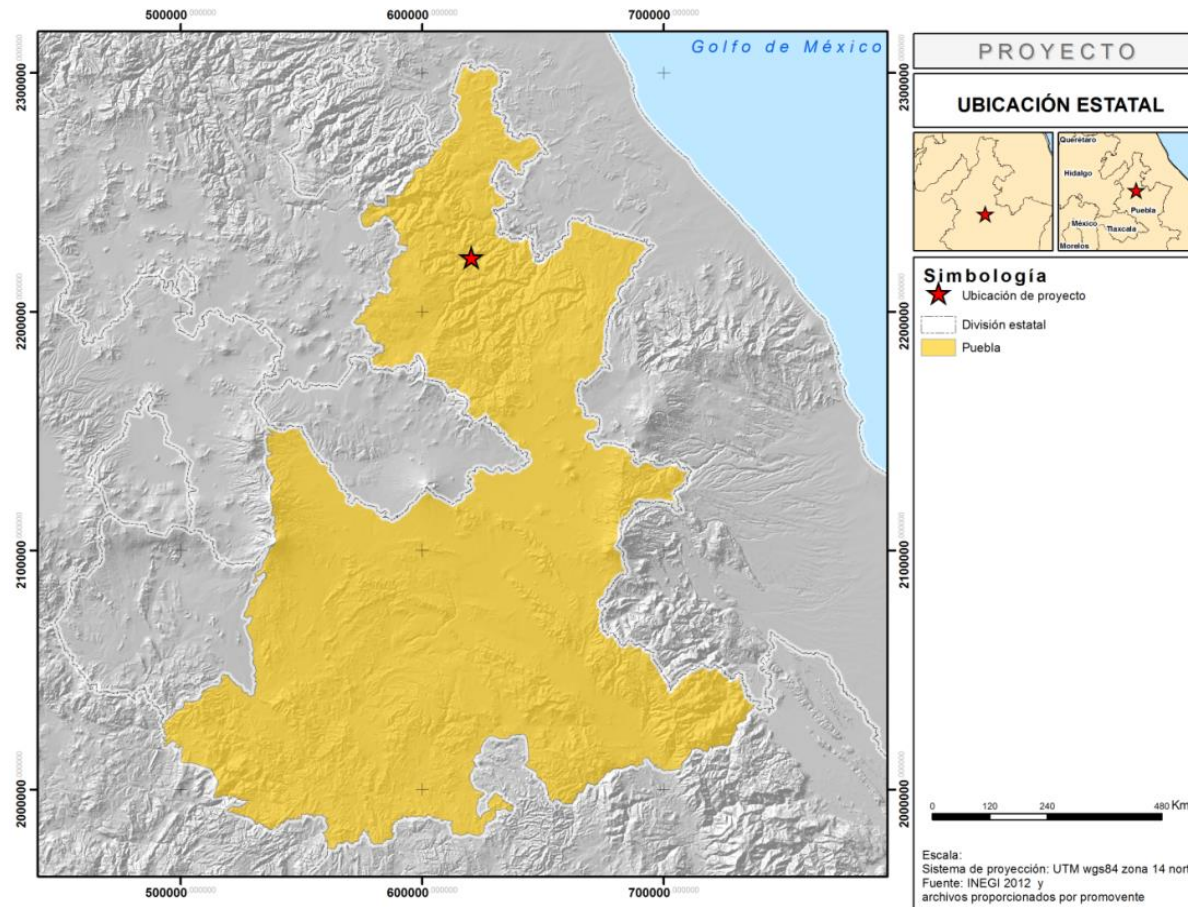
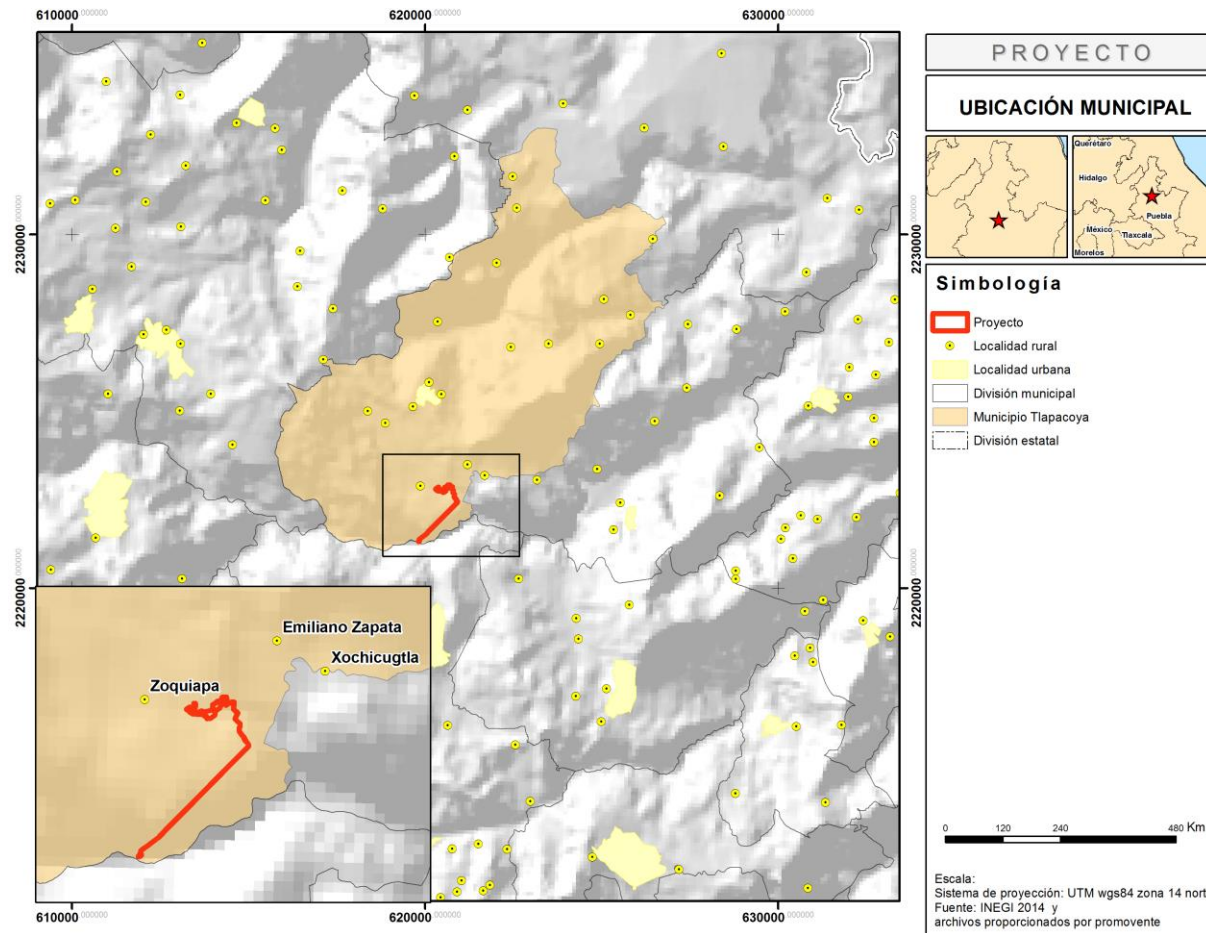


Figura II.1. Ubicación del proyecto dentro del estado de Puebla.

# MIA REGIONAL PARA EL "PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)"



**Figura II. 2.** Ubicación del proyecto dentro del municipio de Tlapacoya.

## **II.5 Inversión requerida.**

La inversión estimada para el desarrollo y ejecución del proyecto es de aproximadamente 28.5 millones de pesos mexicanos (incluye costos de infraestructura, medidas de prevención, y proceso de operación).

## **II.6 Características particulares del proyecto, plan o programa.**

Las obras principales que componen al proyecto son las siguientes:

1. Embalse
2. Cortina
3. Tubería de conducción
4. Desarenador
5. Caseta de descarga

### **1. Conformación del embalse**

A través de la construcción de la cortina, en el cauce del río Zoquiapa, se conseguirá la formación de un embalse con capacidad de almacenamiento al NAMO (Nivel de Aguas Mínimas de Operación) de 12,198 m<sup>3</sup>, y de 37,598 m<sup>3</sup> al NAME (Nivel de Aguas Máximas Extraordinaria).

### **2. Cortina**

Será una cortina de concreto con vertedor tipo cimacio, la cual permitirá embalsar el agua del río Zoquiapa. Tendrá una altura de 6.5 m, con capacidad de descarga de 212 m<sup>3</sup> calculado con tiempo de retorno de 500 años.

En el cuerpo de la cortina se instalara una tubería de toma equipada con un dispositivo regulador, mismo que permitirá enviar al río el gasto ecológico aguas abajo de la cortina. Esta instalación contará además de una sonda de nivel en el vaso con actuadores hidráulicos para efectuar el cierre, o la apertura del conducto, de acuerdo al gasto que se

registre aguas arriba del sitio del represamiento, con la cual se mantendrá constante el flujo de acuerdo a las aportaciones que presente el río.

Es bien conocido que las presas se van azolvando al captar los sedimentos provenientes de la cuenca alta, con lo cual se ve disminuida su capacidad de operación, de lo cual no estará exento el proyecto.

En ese sentido se describe la metodología mediante la cual se estimó el aporte de sedimentos de la cuenca y la capacidad de atrape de sedimentos en el embalse.

- **Determinación del aporte de sedimento<sup>1</sup>**

Existe una diferencia entre el cálculo de la erosión de suelos y el aporte de sedimentos. El primero generalmente se designa con la letra "A" y corresponde a la cuantificación de material sólido que se pone en movimiento en un cierto período (tormenta, mes, año, etc.) como producto de la erosión hídrica. El segundo designado como "AS", corresponde al material sólido real que aporta una cuenca a su salida (en un cierto periodo). La diferencia entre estos dos conceptos estriba en que el segundo toma en cuenta el red depósito de material sólido dentro de la cuenca y en el primero no, por lo tanto,  $A > AS$ . En ambos casos (A y AS), las unidades son las mismas y pueden ser expresados en  $m^3/km^2$ -año,  $ton/km^2$ -año, o en otras equivalentes.

Los resultados de la aplicación de los criterios empíricos empleados para calcular el aporte de sedimentos en la presa fueron los siguientes:

- **Criterio USBR1**

En la tabla siguiente se muestran los valores promedio del aporte de sedimentos para cuencas de diferentes tamaños.

---

<sup>1</sup> Tomado del Capítulo 17 del Manual de Ingeniería de ríos de la CONAGUA Actualización realizada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Dr. Jesús García Sánchez

**Tabla II. 1.** Valores promedio del aporte de sedimentos.

Aporte de sedimentos según el área de la cuenca <sup>2</sup>	
Tamaño de la (km <sup>2</sup> )	(AS) aporte medio de (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> -año)
<25.9	1810
25.9 a 259.0	762
259.0 a 2590.0	481
> 2590.0	238

Para el caso del proyecto, el área de la cuenca es de **12.73 Km<sup>2</sup>**, por lo cual se tiene:

$$AS = (12.73) (1810) = 23,041.30 \text{ m}^3/\text{año}$$

Donde:

AS = Aporte de sedimentos en m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>-año

- **Criterio USBR2**

El USBR2 propone un segundo criterio para evaluar el aporte de sedimentos, que se basa en mediciones realizadas en varias cuencas del suroeste de los Estados Unidos de Norteamérica. La ecuación propuesta es la siguiente:

$$AS = 1421.8 (Ac)^{-0.229}$$

Donde:

AS = aporte de sedimento en m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>-año

Ac = área de la cuenca en km<sup>2</sup>

Sustituyendo valores.

$$AS = 1421.8 (12.73)^{-0.229} = 794.02 \text{ m}^3/\text{km}^2\text{-año}$$

<sup>2</sup> Gottschalk, D. J., 1964, "Reservoir sedimentation". Section 17, part 1, Handbook of applied Hydrology, Edt. Ven Te Chow, Mc Graw Hill Co., New York, USA.

$$AS = (794.02) (12.73) = 10,107.91 \text{ m}^3/\text{año}$$

Promedio entre ambos criterios USBR 1 y USBR 2, > 16, 574.60 m<sup>3</sup>/año

Por lo anterior, el volumen total de sedimentos aportados por la cuenca es de

**6,574.60 m<sup>3</sup>/año (100%).**

- **Determinación de la Eficiencia de Atrape**

La eficiencia de retención o atrape de sedimentos de un vaso, está determinado por el cociente entre la cantidad de sedimentos depositados y la cantidad total de material que llega al embalse.

La "habilidad" de un embalse para atrapar y retener sedimentos es conocida como eficiencia de atrape. Enseguida se estima la eficiencia de atrape en la presa Zoquiapa.

- **Criterio de C. B. Brown<sup>3</sup>**

La ecuación propuesta es la siguiente:

$$ER = 100 (1 - 1 / (1 + k (2.1 \cdot 10^3)(C/A)))$$

Donde:

ER = Eficiencia de atrape en %

C = Capacidad total del embalse (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)

A = Área de la cuenca en km<sup>2</sup>

K = Coeficiente (0.46 para la envolvente inferior, 0.10 curva de diseño y 1.0 curva superior)

Sustituyendo los valores:

$$C = 0.037 (10^6 \text{ m}^3)$$

---

<sup>3</sup> Brune, G. M., 1953, "Trap efficiency of reservoirs. Transactions, American Geophysical Union, Volume 34, Number 3:408:415

$$A = 12.73 \text{ km}^2$$

$$K = 0.10 \text{ curva de diseño}$$

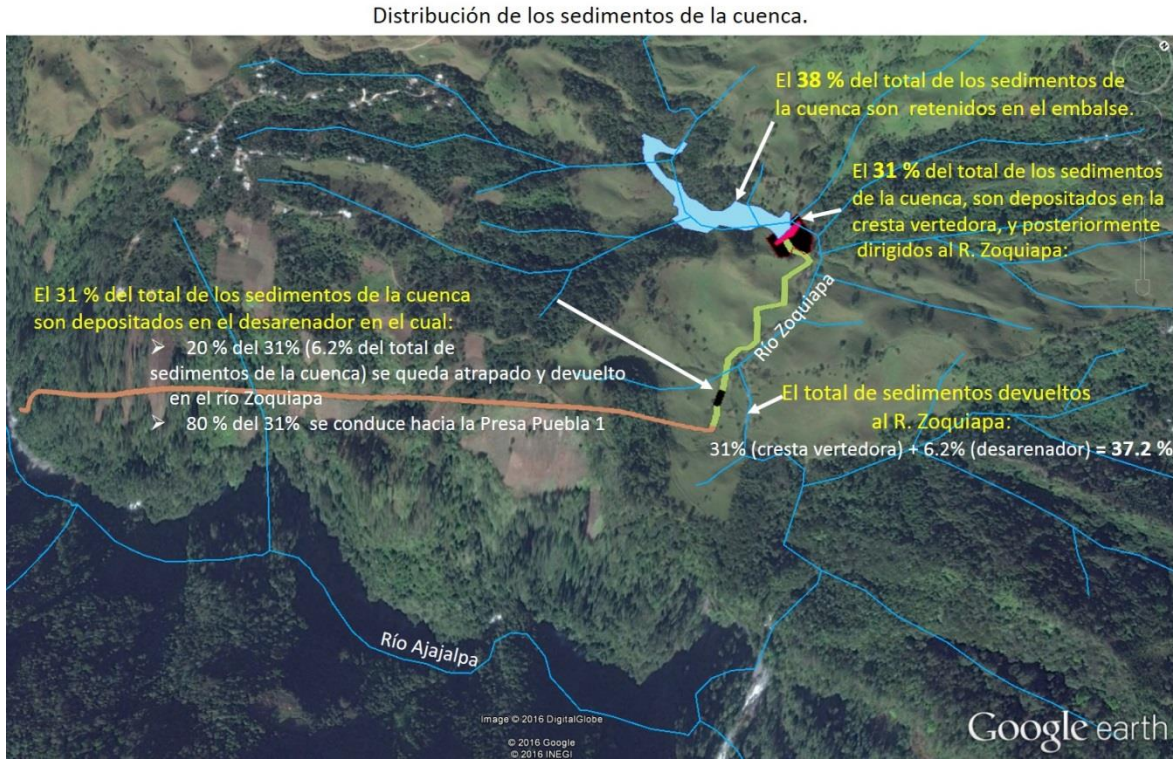
$$\text{ER} = 38\%$$

Conforme a las estimaciones anteriores, en forma anual se estaría reteniendo en la presa Zoquiapa un volumen anual de sedimentos del orden de  $0.38 * 16,574 = 6,298 \text{ m}^3$  (38% de la cuenca). Parte de los sedimentos se quedarán en la presa, otra parte pasará por el vertedor de la presa, otro más será atrapado en el desarenador y devuelto al río, y otra parte de sedimentos llegará hasta el embalse del proyecto denominado "Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1".

A partir de que la presa esté totalmente azolvada, los sedimentos aportados por el río Zoquiapa seguirán su camino por el río Zoquiapa hasta llegar a la cascada en la cual el escurrimiento cae hacia el río Ajajalpan, salvo aquellos que escapen al desarenador y lleguen hasta el embalse del Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1.

La distribución de los sedimentos (en porcentaje) con la presencia del proyecto se ha estimado que será de la siguiente manera:

Del 100 % del total de sedimentos de la cuenca ( $16,574.60 \text{ m}^3/\text{año}$ ), el 38% ( $6,298 \text{ m}^3$ ) quedará retenido en el embalse, tal como se expuso previamente. El 31% regresarán al río Zoquiapa a través de la cresta del vertedor. Otro 31% serán conducidos al desarenador, en donde se retendrán el 20% de ese 31% (que equivale al 6.2% del total de aporte de sedimentos de la cuenca), para ser conducido posteriormente al río Zoquiapa, estimándose que el resto de sedimentos que no sea atrapado por el desarenador será conducido al río Ajajalpa (ver la siguiente figura).



**Figura II. 3.** Distribución de los sedimentos en la cuenca del río Zoquiapa.

Conforme a lo anterior, el porcentaje de sedimentos que será **reincorporado** al río Zoquiapa, será de 37.2% (31% por la cresta del vertedor y 6.2% por el desarenador). Para mayor detalle se presenta la siguiente tabla:

**Tabla II. 2.** Distribución de los sedimentos.

Concepto	Porcentaje de sedimentos	Volumen m <sup>3</sup> / año	
Embalse	38%	6,298.348 (volumen de sedimento retenido en el embalse)	
Cresta del vertedor	31% (del total de la Cuenca)	5,138.126 (volumen de sedimento que pasara por la cresta del vertedor para reintegrar al	<b>6,165.751 m<sup>3</sup> / año serán devueltos al río Zoquiapa, (equivale a un 37.2%)</b>



Concepto	Porcentaje de sedimentos		Volumen m <sup>3</sup> / año	
			río Zoquiapa)	
Desarenador	31% (del total de la cuenca)	20% del 31% (que equivale al 6.2% del aporte total de sedimentos de la cuenca)	1,027.625 (volumen de sedimento que pasará por el desarenador y se reintegra al río Zoquiapa)	
A Presa Puebla 1		80% del 31% (que equivale al 24.8% del total de sedimentos de la cuenca)	4,110.501 (volumen de sedimentos que serán conducidos al río Ajajalpa)	
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>	<b>16,574.600 (aporte total de sedimentos de la cuenca)</b>	

Tal como se ha descrito, del total de los sedimentos aportados por la cuenca (16,574.606 m<sup>3</sup>/año=100%), el 38% corresponde a la eficiencia de atrape de la presa, lo que significa que la presa estaría reteniendo un volumen anual de sedimentos de 6,298.348 m<sup>3</sup>/año. Mientras que el 37.2% (6,165.751 m<sup>3</sup>/año) corresponden a los sedimentos que serán devueltos al río Zoquiapa (a través del desarenador y cresta del vertedor), y el 24.8% restante (4,110.501 m<sup>3</sup>/año) serán los sedimentos que logren pasar el desarenador y llegarán al embalse del proyecto denominado “Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1”.

### 3. Tubería de conducción: Superficial y por rampa túnel

Se correrá una tubería de acero rolado de 24 pulgadas de diámetro, y 2,167 m, de los cuales 582 m corresponden a la tubería superficial (a instalar en dos tramos, uno de 514 m y otro de 68 m a partir del desarenador), y los 1,585 m restantes corresponden a la tubería subterránea (rampa túnel). Ésta última, autorizada para el proyecto P.H. Puebla 1, donde se transportara el agua desde la obra de toma hasta la caseta de descarga por efecto de gravedad.

### 4. Desarenador

Se instalará un desarenador entre la parte final de la tubería superficial y el comienzo de la tubería subterránea, dentro de la rampa-túnel del proyecto P.H Puebla 1, con la finalidad de retener los sedimentos y evitar que ingresen al embalse del proyecto P.H. Puebla 1, y así minimizar los riesgos

de daños al equipo de generación eléctrica. Los sedimentos que sean retenidos serán depositados en la zona de tiro autorizada para el proyecto P.H. Puebla 1.

#### **5. Caseta de descarga**

Se construirá una pequeña caseta para la descarga de agua proveniente de la tubería de conducción, integrada por una válvula de chorro DN 400 y PN 10, para disipar la energía al momento de efectuar la descarga de agua al embalse del proyecto P.H. Puebla 1. La válvula consistirá en un cuerpo cilíndrico con extremo bridado aguas arriba y una camisa móvil de desplazamiento longitudinal sobre el cuerpo, con lo que se permitirá ampliar o reducir el grado de apertura entre la camisa y la parte cónica del cuerpo; de esta forma, al realizar la descarga de agua, se producirá una pulverización del agua y la disipación de la energía cinética.

En la siguiente figura se muestra la distribución de las obras que componen al proyecto.

MIA REGIONAL PARA EL “PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)”

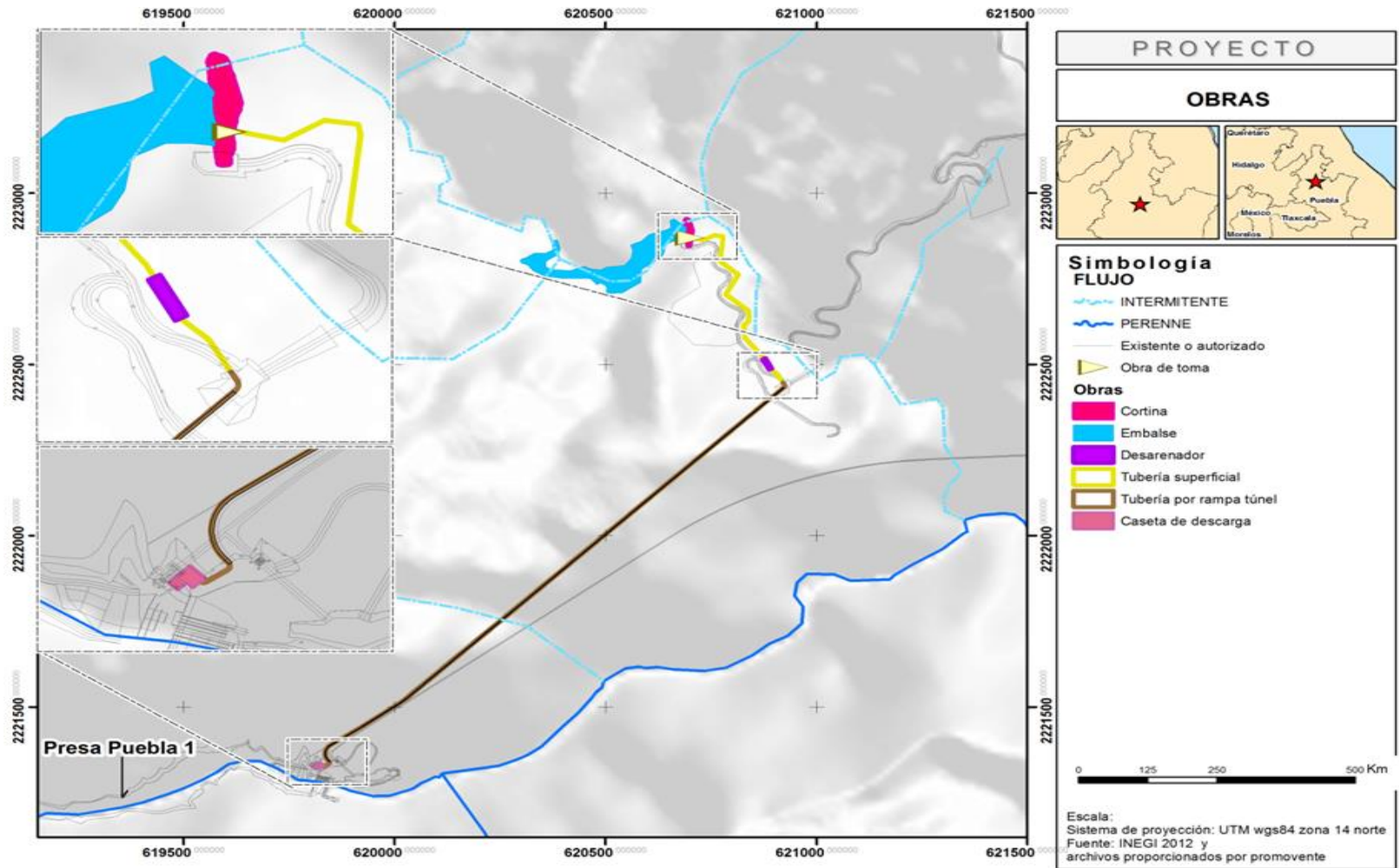


Figura II.4. Distribución de las obras del proyecto.

Para la etapa de construcción del proyecto será necesaria la instalación de obras provisionales y asociadas, lo cual se describe en el siguiente apartado.

### **II.6.1 Obras provisionales y asociadas**

#### **1. Acceso a los sitios de obra**

Para el desarrollo del proyecto no se requiere de la apertura de nuevos caminos, ya que se aprovecharán los accesos permanentes previamente construidos para trasladar los equipos, maquinaria, vehículos y materiales necesarios para el proyecto P.H. Puebla 1 (ya autorizado). Asimismo, se estarán ocupando los caminos municipales de la zona que comunicarán plenamente con el sitio del proyecto, así como el acceso que comunica a las localidades de Xochicugtla y Zoquiapa para dar alcance a las áreas de trabajo de la cortina y tubería de conducción hasta el portal de la rampa túnel.

#### **2. Oficinas**

Se contara con dos oficinas para los trabajos que se realizaran en el frente de la cortina y tubería. Una de las oficinas servirá como apoyo para los mismos trabajos. Se ubicarán en el portal de entrada a la rampa túnel, sobre la superficie que ocupara el proyecto autorizado P.H. Puebla 1 para la misma finalidad, evitando con ello utilizar otros predios y aprovechar las mismas superficies previamente afectadas.

#### **3. Oficina/taller**

Se utilizará principalmente para la preparación del material que necesite de alguna manipulación previo a su instalación. Dentro de esta área se realizaran herrajes, soldaduras y resguardo de la herramienta manual de la tubería y de equipos relacionados con estas actividades.

#### **4. Almacenes**

Se instalarán dos almacenes temporales en el predio destinado al tiro de material de rezaga autorizado para el proyecto P.H. Puebla 1, con la finalidad de alojar en estos almacenes los tramos de tubería de conducción, así como los agregados que serán necesarios para la construcción de la cortina.

Dentro de los almacenes se acondicionara un área para el confinamiento temporal de los residuos previo a su disposición final, clasificándolos como residuos peligrosos y no peligrosos. En el caso de los residuos peligrosos, se contará con tambos para su almacenamiento temporal y evitar con ello cualquier derrame accidental sobre el suelo.

## **5. Campamentos**

Considerando que la infraestructura de los campamentos ya estará establecida en el proyecto autorizado P.H. Puebla 1, se buscará retomar la utilización de los mismos, previendo su uso básicamente para alojar al personal foráneo que participará en los trabajos de construcción de la cortina, ya que para efecto de las actividades relacionadas con la instalación de la tubería y la caseta de descarga, se estarán alquilando casas habitación de la zona, considerando en esta situación que para los trabajos a realizar no se prevé una estadía larga en el sitio, y que la cercanía de los sitios permitirán hacer el traslado a los frentes de trabajo diariamente.

## **6. Bancos de material**

Se contará con un área para depositar materiales agregados provenientes de sitios que estén establecidos, y autorizados, en las proximidades del municipio de Tlapacoya, a fin de evitar la apertura de bancos en el área. Su colocación será sobre un tipo de lona, con el fin de evitar la erosión del suelo durante la permanencia del material en esta área.

## **7. Área de Maniobras**

Sobre esta área se realizarán los trabajos preparativos, o trabajos, que requieran de espacio suficiente para maniobras y manejo de materiales. En su caso se estará utilizando para el acomodo de los tramos de tubería de conducción, así como para los trabajos de preparación necesarios para la construcción de la cortina. Dentro del área de maniobras se adecuara un área para realizar los trabajos de mantenimiento de la maquinaria, tomando las medidas necesarias para evitar cualquier derrame accidental de combustible en el área.

## 8. Servicios sanitarios

Se instalarán sanitarios portátiles para uso de los trabajadores durante la etapa de construcción del proyecto, para lo cual se contratará a empresas prestadoras del servicio, mismas que serán las encargadas del servicio de mantenimiento y limpieza de los módulos portátiles con el fin de tener un adecuado manejo de estos residuos en la zona.

Los sitios previstos para las obras provisionales se muestran en la siguiente figura, (con tabla asociada).

**Tabla II. 3** Referencia de ubicación de las obras provisionales en la figura (II.4).

Número	Tipo
1	Campamento
2	Almacén (tubería de conducción)
3	Almacén(cortina)
4	Banco de material
5	Oficinas para frente de trabajo (cortina y tubería)
6	Oficinas de apoyo para frente de trabajo (cortina y tubería)
7	Oficina Taller
8	Área de maniobras

MIA REGIONAL PARA EL “PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)”

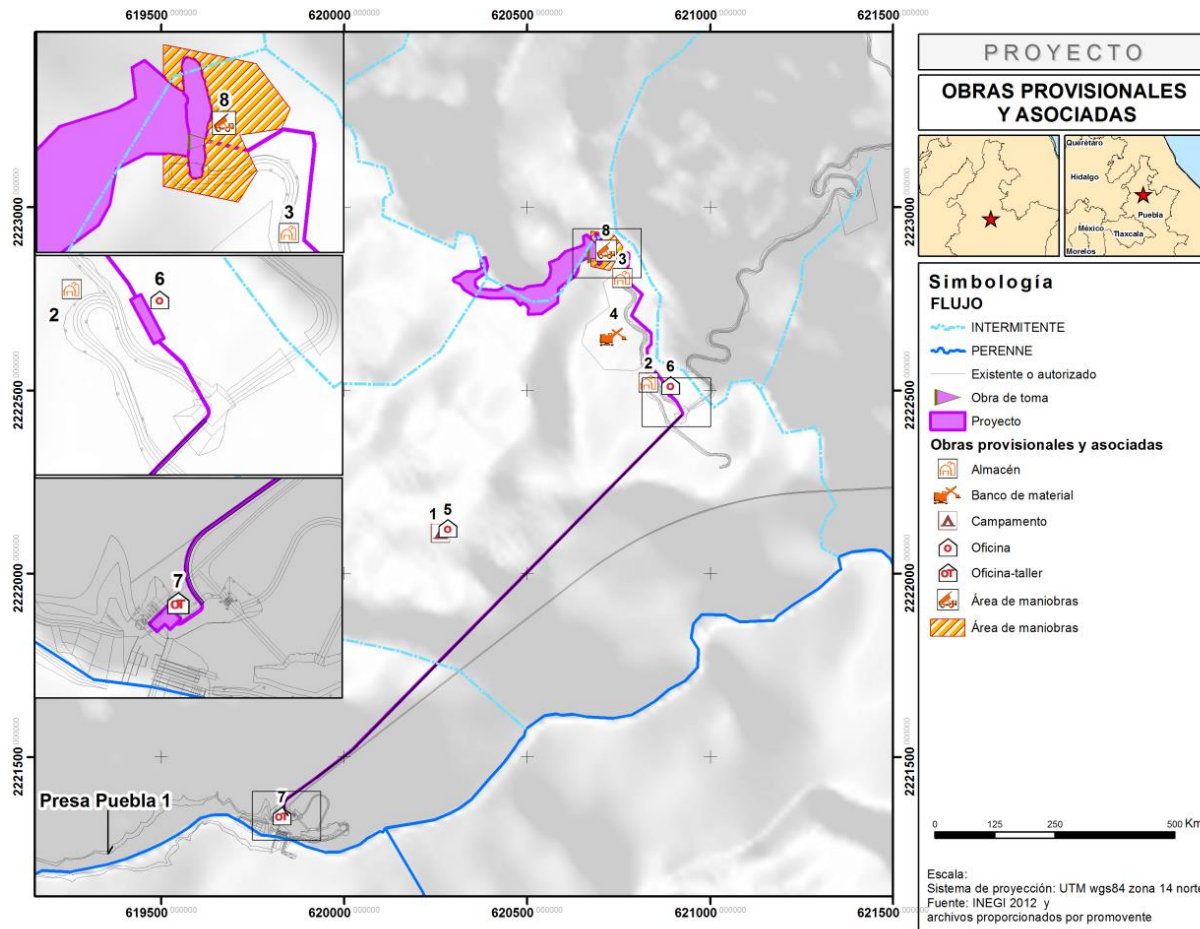


Figura II.5. Obras provisionales del proyecto.

## **II.7 Dimensiones del proyecto**

La superficie total de afectación por el proyecto será de 3.8334 ha, de las cuales 3.264 ha corresponderán a las obras permanentes y 0.5694 ha a las obras provisionales, mismas que al término de las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto serán desmanteladas.

De la superficie total del proyecto únicamente se requiere del cambio de uso de suelo en una superficie de 1.806 ha para la cual se requiere de la autorización correspondiente.



**Tabla II. 4.** Superficie de afectación por las obras del proyecto.

Obras del proyecto	Superficie de afectación (ha)	Superficie con cobertura vegetal (ha)	Superficie sin cobertura vegetal (ha)	Superficie de cambio de uso de suelo(ha)	Tipo de vegetación
<b>Obras permanentes</b>					
Embalse	2.14	1.42	0.72	1.42	<i>vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña</i>
Cortina	*0.653	0.386	0.267	0.386	<i>vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña</i>
**Tubería de conducción superficial	0.109	0	0.109	0	N/A
**Tubería de conducción por rampa túnel	0.316	0	0.316	No se requiere llevar a cabo el cambio de uso de suelo (CUS), ya que las obras incidirán en superficies previamente afectadas por el proyecto autorizado denominado “P.H. Puebla 1”.	
Desarenador	0.027	0	0.027	0	N/A
Caseta de descarga	0.019	0	0.019	No se requiere llevar a cabo el cambio de uso del suelo (CUS), ya que las obras incidirán en superficies previamente afectadas por el “Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1” (el cual ya cuenta con autorización de impacto ambiental).	
<b>Subtotal</b>	<b>3.264</b>	<b>1.806</b>	<b>1.458</b>	<b>1.806</b>	<i>vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña</i>
<b>Obras Provisionales</b>					
Campamentos	0.015	0	0.015	Para las obras provisionales no se requiere llevar a cabo el CUS, ya que se desarrollarán en superficies previamente afectadas por el “Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1”.	
Oficinas (de apoyo para el frente de trabajo de la cortina e instalación de la tubería)	0.0096	0	0.0096		
Oficina/taller	0.0048	0	0.0048		

MIA REGIONAL PARA EL "PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)"

Obras del proyecto	Superficie de afectación (ha)	Superficie con cobertura vegetal (ha)	Superficie sin cobertura vegetal (ha)	Superficie de cambio de uso de suelo(ha)	Tipo de vegetación
Almacén (para materiales de cortina y tubería)	0.04	0	0.04	0	vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña
Bancos de Material	0.5	0	0.5		
<b>Subtotal</b>	<b>0.5694</b>	<b>0</b>	<b>0.5694</b>		
<b>Superficie de Afectación total</b> <b>3.8334</b>		<b>1.806</b>	<b>2.0274</b>	<b>1.806</b>	

\*Se incluye la superficie de patio de maniobras

\*\*Longitud total de la tubería es de 2,167 m, de los cuales 582 m corresponden a la tubería en el tramo superficial, y 1,585 m a la tubería en el tramo subterráneo (rampa túnel).

## **II.8 Programa de trabajo**

El programa de trabajo del proyecto se presenta en la siguiente tabla, donde se muestra que la vida útil estimada es de 36 años, de los cuales los primeros 6 años corresponden a trámites y obtención de los diversos permisos que requiere el proyecto, y a las actividades de preparación del sitio y construcción, y los restantes 30 años para la etapa de operación y mantenimiento del proyecto.

Tabla II. 5 Programa general de trabajo.

CONCEPTO	SEMESTRES												QUINQUENIOS					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
<b>Gestión de Permisos, Autorizaciones y Créditos</b>																		
Autorización en materia ambiental																		
Autorización en materia forestal																		
Autorizaciones y permisos en materia de agua y zona federal																		
Autorización y permisos en materia de energía																		
Autorización y permisos municipales																		
Obtención de créditos y otras autorizaciones complementarias																		
<b>Preparación del sitio y construcción</b>																		
Actividades de rescate de flora y fauna																		
Remoción de la vegetación																		
Despalme y excavaciones																		
<b>Cortina y obra de toma</b>																		
Obra de Desvío en río Zoquiapa																		
Construcción de la cortina																		
Obra de toma para tubería de conducción																		
<b>Tubería de conducción</b>																		
Cimentación y silletas o a traques de soporte																		
Traslado y colocación de tubería																		
<b>Caseta de desfogue</b>																		
<b>Operación y mantenimiento</b>																		
Operación de las obras																		
Acciones de compensación																		
Mantenimiento del embalse																		
Monitoreo calidad del agua y gasto ecológico																		
Manejo y disposición de residuos																		

## II.9 Preparación del sitio

Previo a la etapa de preparación del sitio, serán realizados recorridos sistemáticos lineales a través de los cuales se delimitarán topográficamente las áreas a ser desmontadas, colocando banderines o cintillas fluorescentes en todas aquellas áreas donde se desarrollarán las obras del proyecto, lo que permitirá su fácil ubicación, evitando además afectar áreas que no correspondan al proyecto.

Asimismo, se llevarán a cabo tanto actividades de ahuyentamiento y/o rescate de especies de fauna silvestre, en especial las de lento desplazamiento, como la identificación de especies de flora susceptibles a ser rescatadas, las cuales serán marcadas a fin de ser identificadas con mayor facilidad durante los trabajos de rescate y reubicación, asimismo serán registrados en bitácoras de actividades con la finalidad de contar con evidencia de los trabajos realizados.

En esta etapa también se colocarán, en puntos estratégicos, señalización en materia ambiental alusiva a la prevención de incendios forestales, a la restricción de la caza de fauna silvestre, a la no afectación de la flora del lugar, al manejo correcto de los residuos, y a la prevención de la contaminación de los suelos originada por residuos sólidos o líquidos o hidrocarburos.

Previo a iniciar los trabajos, se impartirá un curso de inducción a todo el personal de las empresas contratistas, en el cual se abordarán los temas ambientales (prevención de incendios, orden y limpieza de áreas de trabajo, manejo adecuado de residuos, protección de la flora y fauna silvestre), y de seguridad.

- **Desmante**

El desmante comprenderá la ejecución de las actividades que a continuación se enlistan, las cuales se efectuarán conforme se vaya programando la construcción de las obras:

1. **Tala:** consiste en cortar los árboles y arbustos.
2. **Roza:** consiste en quitar la maleza, hierbas, zacate o residuos de las siembras.
3. **Desenraice:** consiste en sacar los troncos o tocones con raíces o cortando éstas, hasta una profundidad de sesenta centímetros.
4. **Limpia y retiro:** consiste en retirar el producto del desmante y estibarlos en las superficies autorizadas como sitio de tiro de rezaga del proyecto P.H Puebla 1. El material orgánico deberá ser picado o triturado para su posterior uso en composta o para mejorar el suelo.

Las actividades de tala y roza se llevarán a cabo utilizando motosierras y machetes.

- **Despalme**

El despalme solo se considera para ciertas áreas, en específico para la cortina, en la cual se realizará el despalme en los dos márgenes del río a fin de descubrir los afloramientos de roca, retirando el material del terreno. El suelo orgánico y la vegetación picada serán acarreados desde el punto de generación hasta el área destinada como el sitio de tiro de rezaga del proyecto autorizado P.H. Puebla 1.

Considerando que la superficie donde se pretende instalar la caseta de desfogue ya se encontrará preparada previamente por efecto de la construcción del proyecto P.H. Puebla 1, no será necesario el desmante ni el despalme del sitio, únicamente se requerirán los preparativos de la plataforma, con las excavaciones correspondientes, para la cimentación de la caseta y el acondicionamiento del área de acuerdo a la instalación de la llegada de la tubería de conducción y su desfogue.

- **Excavaciones, cortes y rellenos**

Las actividades de excavación, relleno, cortes, nivelación, y compactación del suelo se realizarán con el empleo de maquinaria. El material producto de la excavación será empleado para el relleno de otras áreas que así lo requieran, para posteriormente continuar con la cimentación.

Cabe señalar que como parte de los trabajos de preparación del sitio, previo a la construcción de las obras, se acondicionará en el cauce del río una alcantarilla, instalando para ello tubos de polietileno, para el libre paso del agua y permitir con ello el cruce de los equipos y personal entre las dos márgenes del río. Una vez realizadas las excavaciones correspondientes, se iniciará a un costado del fondo del cauce la preparación de un marco que servirá para el desvío del río, durante el tiempo que prevalezcan los trabajos de preparación y construcción del sitio, sin la necesidad de hacer ataguías para el desvío del agua.

## **II.10 Construcción**

### **1. Cortina**

Se construirá una cortina a base de concreto, su construcción será de sección gravedad con una altura total de 6.5 metros y 50 m de largo de corona. La cortina contará con un vertedor integrado tipo cimacio, un conducto de descarga equipado con un dispositivo regulador, y una sonda de nivel en el vaso con actuadores hidráulicos.

Asimismo, se hará la colocación monolítica de concreto para la cortina-vertedor en forma secuencial conforme se va ganando altura con el concreto. El concreto se preparará en una dosificadora que se ubicará de preferencia en el costado derecho de la cortina, y se hará el traslado y colocación de la mezcla mediante una grúa torre instalada en el mismo sitio que portará un contenedor o bache. Para complementar dicho proceso será utilizada roca como agregado grueso a través de las diferentes excavaciones correspondientes.

Al terminar la estructura de concreto de la cortina se instalarán las compuertas y el equipo mecánico necesario, así como la rejilla de protección de la obra de toma en la tubería de

conducción, para finalizar en la corona de la cortina con la colocación de las barandillas e instrumentación para la operación y monitoreo del vaso.

Al NAMO tendrá una capacidad de almacenamiento de 12,198 m<sup>3</sup>, y al NAME una capacidad de almacenamiento de 37,598 m<sup>3</sup>. En la siguiente tabla se muestra sus características.

**Tabla II.6.**Características del embalse.

Características	
Elevación del fondo del cauce	964 msnm*
Elevación de la rasante de la obra de toma	965.10 msnm
Elevación al NAMINO (Nivel de Aguas Mínimas de operación)	965.70 msnm
Elevación al NAMO	968.00 msnm
Elevación al NAME	970.00 msnm
Volumen de agua al NAMO	12,198 m <sup>3</sup>
Volumen de agua al NAME	37.598 m <sup>3</sup>

\*(msnm) metros sobre el nivel del mar-

## 2. Tubería de conducción

Dentro de los trabajos de construcción de la tubería de conducción, se realizarán excavaciones para las zapatas de las silletas de soporte armado de entre 70 centímetros y un metro de ancho, con cinchos de anclaje de solera de 1 ¼”, posteriormente se procederá al armado de varillas en las trincheras excavadas y se colocará la cimbra respectiva para concluir con los colados de concreto, colocando los vástagos para sujetar los arneses de la tubería. Al término del fraguado se hará el descimbrado y se procederá a realizar el traslado de las secciones de tubo hasta el sitio de la obra para la colocación. El montaje de la tubería se realizará en forma manual, y con apoyo de un camión de plataforma con grúa para facilitar el arrime de las tuberías, a fin de ir soldando las diferentes secciones que conformará la tubería (superficial y subterránea). Asimismo, se realizarán las pruebas de calidad de las soldaduras y estanqueidad en las uniones, y se procederá al colado de los puntos de atraque y pintado de la tubería.



Para el caso de la tubería que correrá por dentro de la rampa túnel, se muestra la siguiente figura.

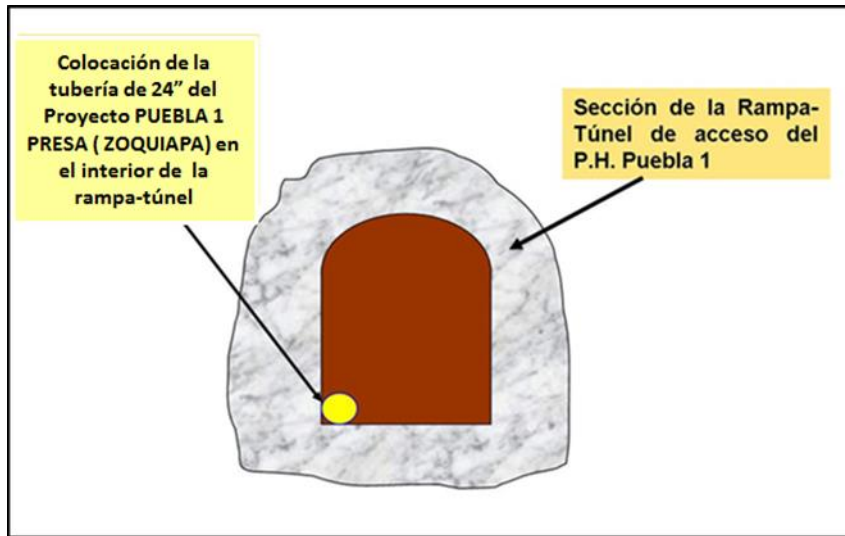


Figura II.6. Colocación de la tubería dentro de la Rampa-Túnel

La instalación de la tubería se efectuará en la base de la superficie de rodamiento dentro de la rampa túnel, aprovechando la orilla que hace contacto con la pared del túnel, y facilitando con ello la colocación de los tramos con los elementos de fijación bridas y atraques de concreto, necesarios para garantizar la estabilidad en el conducto, y las válvulas de regulación con las que se controle la presión y vacío durante la apertura y/o cierre del flujo de agua.

### 3. Desarenador

Antes de que la tubería llegue a la entrada de la rampa túnel se instalará un desarenador, el cual estará construido a manera de pileta de concreto armado y con las conexiones necesarias de entrada y salida del agua, de manera de permitir la entrada del flujo en la tubería de conducción y el respectivo drenado del tanque.

#### **4. Caseta de descarga**

Se realizarán las excavaciones en roca en la sección asignada de la plataforma para conformación del cubo de cimentación, para lo cual se requerirá el uso de perforadoras y maquinaria a fin de alcanzar la cota requerida para la cimentación de la misma caseta. El material resultante será trasladado al área autorizada para el sitio de tiro de rezaga del proyecto P.H. Puebla 1, localizado a un costado del portal de entrada de la rampa-túnel para dejar despejada el área de trabajo.

Posteriormente se procederá al armado de acero de refuerzo y al colado del concreto de cimentación, para esto se colará la losa de base de la estructura, los trabajos preparativos del ingreso y descarga con el atraque de la tubería de conducción, así como las bases para la colocación de los equipos (válvula de desfogue), para finalmente hacer la construcción de la estructura superior y techado de la caseta.

#### **II.11 Operación**

Como descripción del proceso de operación del proyecto, se tiene como base principal el manejo del recurso captado en el embalse de la presa para hacer su derivación al vaso de la presa del proyecto autorizado P.H. Puebla 1, con capacidad de descarga de  $212 \text{ m}^3$  calculado con tiempo de retorno de 500 años.

Es importante mencionar que la Comisión Internacional de Grandes Presas define una gran presa como aquella que supera los 15 m de altura, o que con más de 5 m tiene un volumen de embalse de más de 3 millones de  $\text{m}^3$ , lo cual no ocurre con el proyecto (la altura de la cortina de la presa Zoquiapa tendrá 6.5 m y volumen de almacenamiento al NAME de  $37,598 \text{ m}^3$ ), por lo que no se considera dentro de la categoría de grandes presas. En razón de lo anterior es que se llevó a cabo un estudio hidrológico básico.

La metodología empleada mediante la cual se determinó dicha descarga, así como el gasto ecológico, fue la siguiente.

## 1. Metodología empleada para determinar la capacidad de descarga

Se precisa que de acuerdo con el análisis hidrológico se obtuvo que el gasto de diseño para el vertedor de la presa será de **341.8 m<sup>3</sup>/s**, basado en un periodo de retorno de 100 años.

## 2. Calculo de la avenida diseño de la presa

La avenida de diseño se realiza con base en un nivel de riesgo determinado, que se traduce en el periodo de retorno de diseño correspondiente al número de años en el que, estadísticamente, el evento puede presentarse o ser excedido. En el caso del presente proyecto se realiza bajo un periodo de retorno de 100 años.

Los insumos requeridos para la estimación de la avenida de diseño fueron los siguientes:

1. Características morfométricas de la cuenca (valores que tratan de representar de una manera cuantitativa la geometría de la cuenca), por lo que a continuación se muestran las características morfométricas de la cuenca en estudio.
  - Área = 12.73 km<sup>2</sup>
  - Longitud cauce = 7.709 km
  - Desnivel del cauce = 547 m
  - Pendiente media del cauce = 0.071
  - Número de escurrimiento = 69.93
  
2. Datos de precipitación de la estación climatológica de Jopala (localizada en la parte baja de la cuenca), los cuales se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla II. 7** Precipitación máxima en 24 horas, en diferentes periodos de retorno (Tr).

Tr (años)	Precipitación máxima (h <sub>p</sub> )
años	mm
2	156.65
5	222.92
10	249.95
20	273.27
50	302.31
<b>100</b>	<b>323.82</b>
500	373.55
1000	395.13
5000	445.71
10000	468.47

- Registros hidrométricos, basado en registros de escurrimiento y el uso de funciones de distribución de probabilidad. El método de función de distribución de probabilidad fue el de Hidrograma Unitario Triangular.

- Cálculo del tiempo de concentración**

Una vez obtenidos los insumos, se procedió a calcular el tiempo de concentración de la cuenca. Definiendo el tiempo de concentración como el tiempo necesario para que una gota de agua que cae en el punto “hidrológicamente” más alejado de aquella, llegue a la salida.

Los insumos fueron las características morfométricas de la cuenca, ya señalados anteriormente para aplicarlas en las siguientes fórmulas.

Aplicando la fórmula de Rowe:

$$T_c = \left( \frac{0.87L^3}{D} \right)^{0.385} \text{ horas}$$

**Donde:**

T<sub>c</sub>= Tiempo de concentración  
L = Longitud del cauce

D = Desnivel del cauce

Sustituyendo:

$$T_c = 0.87 * ((7.709)^3 / 547)^{0.385}$$

$$T_c = 0.885 \text{ horas}$$

Se considerará que la tormenta tiene una duración (**dt**), igual al tiempo de concentración **Tc**. Una vez calculado el tiempo de concentración, con objeto de obtener la lluvia efectiva se determina el Coeficiente de Kuishling (*e*), que depende de dicho periodo de tiempo.

$$e = 0.79$$

Se calculó la lluvia media de diseño y la lluvia efectiva mediante las siguientes ecuaciones:

$$K = \frac{h_p (1-e)}{24^{1-e}}$$

1) Segundo coeficiente de Kuishling en mm

$$H_{pd} = \frac{KT_c^{1-e}}{1-e}$$

2) Lámina de lluvia máxima promedio en mm

$$H_e = \frac{10 \left( \frac{H_{pd}}{10} - \frac{508}{N} + 5.08 \right)^2}{\frac{H_{pd}}{10} + \frac{2032}{N} - 20.32}$$

3) Lámina de lluvia efectiva en mm

4) Intensidad de lluvia máxima en mm/hr

Sustituyendo los valores en las fórmulas se obtuvieron los resultados mostrados en la siguiente tabla.

$$I = \frac{K}{(1-e)T_c^e}$$

Tabla II. 8. Resultados obtenidos.

Tr (Periodo de retorno)	K (segundo coeficiente de Kuishling) mm	H <sub>p</sub> media de diseño mm	H <sub>e</sub> mm	C = H <sub>e</sub> / H <sub>pd</sub>	I mm / hr
2	16.88	78.34	19.26	0.25	88.53
5	24.02	111.48	40.40	0.36	125.97
10	26.93	124.99	50.10	0.4	141.23
20	29.44	136.64	58.83	0.43	154.4
50	32.57	151.17	70.11	0.46	170.81
<b>100</b>	<b>34.89</b>	<b>161.93</b>	<b>78.71</b>	<b>0.49</b>	<b>182.98</b>
500	40.25	186.81	99.25	0.53	211.09
1000	42.57	197.58	108.38	0.55	223.25
5000	48.02	222.87	130.26	0.58	251.84
10000	50.47	234.25	140.28	0.6	264.68

Una vez obtenidos los valores de la lluvia media de diseño y la lluvia efectiva, el método de función de distribución de probabilidad, para calcular el gasto de diseño, es el de Hidrograma Unitario Triangular.

- **Hidrograma Unitario Triangular**

La ecuación para el modelo que estima el gasto máximo es la siguiente:

$$Q_p = \frac{0.556H_e A}{T_b}$$

Donde:

Q<sub>p</sub> = Gasto máximo.

H<sub>e</sub> = lámina de lluvia en exceso en mm.

A = Área de la subcuenca en km<sup>2</sup>.

T<sub>b</sub> = Tiempo base en horas y se estima con la siguiente relación:

$$T_b = nT_p$$

**Donde:**

$n$  = Factor del área de la cuenca = 2.713

$T_p$  = Tiempo de la punta en horas

Para obtener  $T_p$ , se tiene la siguiente expresión:

$$T_p = 0.60T_c + \frac{dt}{2}$$

**Donde:**

$T_c$  = Tiempo de concentración = 0.885 horas

$dt$  = Intervalo de tiempo en horas

Al sustituir la fórmula se obtuvo:

$$T_p = 0.974$$

Una vez obtenidos  $n$  y  $T_p$ , se sustituye en la fórmula de  $T_b = nT_p$

$$T_b = 1.63 \text{ horas}$$

Sustituyendo los valores anteriores en la fórmula  $Q_p$ , es que se obtuvo el gasto de diseño, el cual se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla II. 9.** Gasto máximo en diferentes periodos de retorno.

<b>Tr</b>	<b>Qp</b>
<b>años</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>
2	83.6
5	175.4
10	217.5
20	255.5
50	304.4
<b>100</b>	<b>341.8</b>
500	431.0
1000	470.6
5000	565.6
10000	609.1

- **Periodos de retorno**

De conformidad con la CONAGUA en cuanto a períodos de retorno a considerar para el diseño de obras hidráulicas, se tiene para el proyecto tiene lo siguiente:

1. La presa tiene una altura medida desde el fondo del cauce a la corona de la presa de 6.5 m.
2. El almacenamiento de la presa al NAMO será de 12,198 m<sup>3</sup>.
3. El almacenamiento de la presa al NAME será de 37,598 m<sup>3</sup>.
4. La presa por su capacidad y la magnitud del escurrimiento medio anual (474 lps) y la capacidad de derivación (500) lps, puede considerarse equivalente a una derivadora para riego de hasta 1,000 ha, pero aun así no está considerada dentro de la categoría de grandes presas.
5. Aguas abajo de la presa no existen localidades habitadas en las que pueda tenerse pérdida de vidas o inversiones.

Por lo anterior, se seleccionó un periodo de retorno de **100 años**.

El gasto de diseño para el vertedor de la presa será: **Q = 341.18 m<sup>3</sup>/s**.

- **Metodología empleada para determinar el gasto ecológico**

A continuación se presenta la metodología para la obtención del gasto ecológico, con el cual se prevé que continúen los procesos funcionales de la cuenca con el desarrollo del proyecto.

Se consideró que se construiría una obra de toma con capacidad de 500 lps y que el gasto ecológico se definiría de la siguiente manera:

Si Q en el río $\leq$ 555 lps	Q ecológico = 10% Q en el río
Si Q en el río $>$ 555 lps	Q ecológico = Q en el río – 500 lps

Con los escurrimientos medios mensuales calculados, y la política de extracciones de gasto ecológico, se realizó una simulación mensual obteniéndose los resultados que se muestran en las tablas siguientes:



**Tabla II. 10.** Gastos derivados y ecológicos obtenidos de la simulación mensual.

SIMULACION DE LA DERIVACION EN LA PRESA ZOQUIAPA Resumen Mensual				
MES	Volumen Escurrido	Volumen Derivado	Volumen Ecológico	%Volumen Ecológico
	hm <sup>3</sup>	hm <sup>3</sup>	hm <sup>3</sup>	
Ene	0.446	0.4017	0.0446	10.0
Feb	0.391	0.352	0.0391	10.0
Mar	0.422	0.379	0.0422	10.0
Abr	0.509	0.459	0.0509	10.0
May	0.738	0.642	0.0962	13.0
Jun	1.83	1.149	0.6811	37.2
Jul	2.475	1.263	1.2116	49.0
Ago	2.475	1.262	1.2132	49.0
Sep	2.603	1.261	1.3425	51.6
Oct	1.736	1.208	0.5278	30.4
Nov	0.898	0.773	0.1249	13.9
Dic	0.475	0.427	0.0475	10.00
Anual	14.998	9.576	5.422	24.5

SIMULACION DE LA DERIVACION EN LA PRESA ZOQUIAPA Resumen Mensual			
MES	Gasto medio Escurrido	Gasto medio Derivado	Gasto medio Ecológico
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Ene	0.167	0.15	0.017
Feb	0.162	0.146	0.016
Mar	0.157	0.142	0.016
Abr	0.197	0.177	0.020
May	0.276	0.24	0.036
Jun	0.706	0.443	0.263
Jul	0.924	0.472	0.452
Ago	0.924	0.471	0.453
Sep	1.004	0.486	0.518
Oct	0.648	0.451	0.197
Nov	0.346	0.298	0.048
Dic	0.177	0.16	0.018
Anual	0.474	0.303	0.171

Como se aprecia en las tablas anteriores, como resultado de la política propuesta, el volumen ecológico es por lo menos el 10% del volumen escurrido y solo en el mes de mayor escurrimiento (septiembre) el porcentaje es del 51.6%.

**Tabla II. 11.** Volúmenes anuales escurridos, derivados y ecológicos obtenidos de la simulación mensual.

SIMULACION DE LA DERIVACION EN LA PRESA ZOQUIAPA				
Resumen Anual				
AÑO	Volumen Escurrido	Volumen Derivado	Volumen Ecológico	%Volumen Ecológico
	hm <sup>3</sup>	hm <sup>3</sup>	hm <sup>3</sup>	
1961	14.2020	9.1860	5.016	35.3
1962	13.9180	9.0330	4.885	35.1
1963	11.687	7.1300	4.556	39.0
1964	13.455	10.2180	3.237	24.1
1965	15.952	10.1110	5.841	36.6
1966	13.476	9.6520	3.825	28.4
1967	15.143	9.5750	5.568	36.8
1968	15.1	10.3320	4.769	31.6
1969	14.625	8.1690	6.456	44.1
1970	16.478	8.3520	8.126	49.3
1971	20.625	10.4210	10.204	49.5
1972	17.208	10.4300	6.778	39.4
1973	18.488	9.6060	8.882	48.0
1974	17.907	10.0560	7.851	43.8
1975	13.5	8.8960	4.604	34.1
1976	21.226	11.0730	10.153	47.8
1977	10.917	8.5810	2.336	21.4
1978	13.264	9.9640	3.299	24.9
1979	11.256	8.9370	2.318	20.6
1980	10.601	8.3930	2.208	20.8
1981	16.535	10.4420	6.094	36.9
1982	11.413	9.4610	1.952	17.1
1983	14.688	8.1850	6.503	44.3
1984	16.191	9.0240	7.167	44.3
1985	15.098	10.6120	4.486	29.7
1986	14.16	9.5690	4.591	32.4
1987	15.111	9.6160	5.495	36.4
1995	15.213	10.4700	4.743	31.2
1996	12.935	9.4050	3.530	27.3
1997	13.574	9.8280	3.746	27.6
1998	17.053	8.1380	8.915	52.3
1999	13.808	9.2410	4.566	33.1
2000	17.2	10.8770	6.323	36.8
2003	15.079	10.1930	4.886	32.4
2004	16.982	11.0660	5.916	34.8
2005	18.11	10.3950	7.715	42.6
2006	13.458	9.9930	3.464	25.7
2007	15.114	9.0140	6.099	40.4
2008	14.567	9.8520	4.715	32.4
2009	12.609	8.6010	4.008	31.8
Promedio	14.948	9.552	5.396	

Se prevé que con la propuesta de gasto ecológico habrá un aporte del 10% del volumen de escurrimiento, por lo que en el tramo de regulación todo el tiempo estará escurriendo agua hacia la parte baja de la cuenca.

Finalmente en un esquema general, el agua que será captada en el embalse del presente proyecto, hasta alcanzar el nivel de ubicación conforme al NAMINO (965.7 msnm) y el NAMO (968 msnm), derivará por gravedad el agua hacia la tubería de conducción (superficial y dentro de la rampa túnel), donde en un punto intermedio del trayecto de la tubería estará colocado un desarenador que permitirá retener los sedimentos que contenga el agua, con el objetivo de no dañar el equipo de generación eléctrica del proyecto autorizado P.H. Puebla 1. De aquí continuará el agua a todo

lo largo de este conducto hasta llegar a la caseta de desfogue para descargarla directamente en el vaso de la presa del P.H. Puebla 1, con lo que finalizará aquí el proceso del aprovechamiento de agua del presente proyecto. El agua descargada en el embalse del proyecto P.H. Puebla 1 será utilizada para la generación de energía hidroeléctrica, para reintegrarla posteriormente al cauce del río Ajajalpan.

## **II.12. Mantenimiento**

Las actividades de mantenimiento consistirán en la inspección de las estructuras de la cortina, verificación de niveles de azolve, revisión, limpieza y lubricación de los elementos de regulación, limpieza y acondicionamiento de la bocatoma de la tubería, limpieza y revisión y verificación en la tubería de descarga del gasto ecológico. Se comprobará además el estado que guardan el desarenador y los diferentes tramos de la tubería de conducción en las secciones de retención como son bridas y atraques, así como de las válvulas de alivio-vacío que estuvieran colocadas a lo largo del tramo para proceder, de ser necesario, a la limpieza, ajuste y/o reparación. Asimismo, se estará realizando, al finalizar cada periodo de las acciones de mantenimiento, el monitoreo de las condiciones de la calidad del agua a fin de dar una secuencia entre las actividades y comportamiento del recurso de manera constante.

Por otro lado, para la eficiencia de la capacidad de captación del vaso al nivel de azolves prevista, y conforme a los requerimientos que se vayan presentando, se realizará el desazolve efectuando esta actividad con apoyo de una draga, la cual estará ubicada preferentemente en la margen derecha del embalse para hacer la extracción del material del fondo del vaso y colocarlo en el sitio autorizado de tiro de rezaga del proyecto P.H. Puebla 1, con lo que se podrá estar obteniendo en cierta forma, un mejorador del suelo para el crecimiento de la vegetación que ahí se estuviera dando.

Para la sección de ingreso de agua en la caseta de descarga, se verificará el estado que guardan los componentes de la válvula de chorro como son sellos, cojinetes, casquillos, actuadores hidráulicos, bridas y juntas.

En esta etapa también se dará el mantenimiento preventivo al equipo y maquinaria que será utilizada en la etapa de preparación y construcción del sitio, considerándose además utilizar

equipos en buenas condiciones mecánicas y estructurales, por lo que todo mantenimiento será realizado bajo estrictas condiciones. Dicho mantenimiento será realizado en el área de maniobras asignada.

### **II.13 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones una vez terminada la vida útil de proyecto**

Como ya fue mencionado, la vida útil del proyecto se ha estimado en 36 años; sin embargo, dadas las características del proyecto, no se considera la posibilidad de llegar a una etapa de abandono del sitio al implementarse un programa de mantenimiento de la infraestructura, y un buen manejo del recurso principal. En el caso de las obras temporales, al término de la etapa de preparación y construcción del sitio se procederá a su desmantelamiento, procediendo después con las siguientes acciones:

- Se procederá a la recolección y selección de todo el material que los compone para reutilización en alguna otra obra.
- Los desperdicios que no sean factibles de reutilizar se buscará enviarlo a empresas o locales dedicados al reciclaje, y los residuos como pedazos de concreto y desechos propios de la construcción, serán enviados a los sitios de disposición previa solicitud y autorización del municipio o, en su caso, de los ayuntamientos que se vean involucrados en la recepción de estos materiales.
- Los recipientes que fueron utilizados para el manejo de los residuos domésticos, o municipales, se procederá a su reutilización para recuperar los desechos que se vayan generando durante el desmantelamiento de las obras, para que al finalizar las actividades sean enviados al sitio autorizado por el municipio y se mantenga el área libre para continuar con las actividades previstas.
- En cuanto a los contenedores utilizados para los residuos como aceites, grasas, etc., los contenedores deberán de permanecer en el área asignada hasta que se haya asegurado que no se generarán más residuos, ya sea del acopio o del propio mantenimiento de maquinaria utilizada en el desmantelamiento, la totalidad de los recipientes y su contenido se deberán

enviar a reciclaje y disposición final mediante la contratación de una empresa ya sea en el estado de Puebla o en el de Veracruz que esté autorizada por la SEMARNAT para otorgar estos servicios.

- En el supuesto de haber utilizado tambos para el suministro de combustible a la maquinaria, en la etapa de construcción, éstos deberán ser enviados a reciclaje. Cabe señalar que estos recipientes no deberán ser reutilizados para el acopio de otros materiales, ya que estarán impregnados de combustible ocasionando la contaminación de los materiales que se depositen en ellos.
- Una vez que sea realizado el desmantelamiento de estructuras y terminada la limpieza exhaustiva de los terrenos ocupados, se verificará que el suelo esté libre de grasas, aceites y/o combustibles que pudieran haber sido derramados accidentalmente durante el desmantelamiento.
- Terminada la limpieza total del terreno, se efectuará la roturación de suelos compactados a manera de surcos y en forma perpendicular a la pendiente en cada una de las áreas que fueron ocupadas, se verificará que durante las labores de roturación no se maltrate la vegetación de los alrededores y que la maquinaria efectúe el rastreo de una sola pasada para evitar una nueva compactación por su labor. Es importante mencionar que esta actividad se recomienda realizar pocos meses antes de la temporada de lluvia con la finalidad de dar al suelo compactado una aireación efectiva y que las semillas de vegetación que quedaron enterradas germinen más rápido por efecto de calentamiento y humedad.
- La maquinaria que ya no sea utilizada en la construcción será desalojada por el contratista a su sitio base, excepto aquella maquinaria que será necesaria para labores de restauración. Fuera de servicio, la maquinaria se ubicará a las orillas del camino de acceso dejando libres las superficies a restaurar, y finalizando las labores de restauración, se procederá al retiro de esta maquinaria.

## II.14 Requerimiento de personal e insumos

Para el desarrollo del proyecto se requerirá la contratación de aproximadamente 92 trabajadores a lo largo de las etapas de preparación del sitio y construcción. En la siguiente tabla se presenta el personal de obra requerido.

**Tabla II.12.** Personal requerido durante las etapas de preparación del sitio y construcción.

Obra	Número de personas
Trabajadores Frente Cortina	55
Trabajadores Frente Tubería de conducción	12
Trabajadores Frente Caseta de descarga	15
Trabajadores desarenador	10
<b>Total</b>	<b>92</b>

En cuanto a los insumos necesarios para el desarrollo de las obras, serán requeridos materiales tales como concreto, acero, arena, grava, tubería, etc., los cuales serán transportados hasta el área de construcción del proyecto en camiones autorizados, cumpliendo con las medidas de seguridad correspondiente durante su traslado para evitar cualquier tipo de derrame en su trayecto, salvo la piedra que se estaría utilizando, la cual se obtendrá de las excavaciones de la tubería superficial y será utilizada en las obras que lo requieran.

También se requerirá del suministro de combustible, el cual se adquirirá de estaciones de servicio aledañas al área de construcción del proyecto. El combustible será almacenado en tambos especiales dentro de los almacenes considerados, para su posterior utilización

## II.15 Maquinaria y equipo

La maquinaria y equipo que entrará en marcha durante la etapa de construcción, sería la que se muestra en la siguiente tabla

Tabla II. 13.Maquinaria y equipo.

Maquinaria y equipo
Camión volteo
Compactador vibratorio
Motoconformadora
Retroexcavadora
Vibrocompactador
Equipo topográfico
Perforadora
Camión de tolva
Camión pipa
Barredora mecánica
Cargador CAT
Revolvedoras de concreto
Poleas
Taquímetros

## II.16 Residuos

Los residuos que serán generados durante las diferentes etapas del proyecto, serán residuos sólidos productos de la obra, residuos generados de comedores y campamentos de los trabajadores, residuos de manejo especial, sanitarios y reciclables, así como aquellos residuos catalogados como residuo peligros (aceite lubricante gastado, sólidos como papeles y trapos impregnados de aceites, grasa lubricante y solventes).

De lo anterior y de manera general, tomando en cuenta las condiciones de trabajo que se tendrán, así como el tipo de obra que se estará desarrollando, los residuos que pudieran estarse generando se indican en la siguiente tabla.

**Tabla II.14.** Tabla Volumen de residuos estimado.

Tipo de residuo	Cantidad estimada	Frecuencia de generación
Residuos sólidos producto de la obra	1.88 m <sup>3</sup>	Mensual
Desperdicios y residuos de comedores y campamento	282 kg	Semanal
Desperdicios reciclables del equipamiento eléctrico y mecánico	220 kg	Mensual
Desperdicios de oficinas	8 kg	Semanal
Desperdicios y residuos de servicios sanitarios	72 kg sólidos 144 l Líquidos	Semanal
Residuos del mantenimiento de maquinaria y equipos	30 kg sólidos 36 l Líquidos	Mensual
Residuos del mantenimiento de maquinaria y equipos (aceite gastado)	5 kg sólidos 20 l Líquidos	Semestral

De la anterior tabla, para la disposición final de los residuos domésticos o municipales generados durante la construcción deberán ser concentrados de preferencia en el área que fue utilizada para su instalación en tanto se realiza el traslado al sitio definitivo que el constructor, o la empresa promotora, tenga considerado antes de que sean enviados al sitio autorizado por el municipio.

También se prevé la generación de residuos peligrosos en las diferentes etapas del proyecto, tales como aceite lubricante gastado y sólidos como papeles y trapos impregnados de aceites, grasa lubricante y solventes. Cabe indicar que el estado de Puebla cuenta con un padrón de 7 empresas autorizadas por la SEMARNAT encargadas del manejo de residuos peligrosos, de las cuales 3 se dedican al manejo de aceite lubricante usado. Por otro lado, en la zona de Veracruz, se cuenta con



16 empresas que proporcionan servicios de manejo, de las cuales 10 pueden recibir los aceites gastados de acuerdo a la actividad que tienen autorizada. En cuanto a empresas que proporcionen el servicio de alquiler de baños portátiles, así como de mantenimiento de instalaciones relacionadas con la captación de las aguas residuales sanitarias, existen tanto en el estado de Puebla como en Veracruz empresas que tienen capacidad para proporcionar la disposición final de estos residuos.

***CAPÍTULO III VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES.***

### **III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES.**

#### **III.1 INTRODUCCIÓN**

Las obras y actividades del proyecto se ponen a consideración de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional, en atención a los preceptos establecidos en el artículo 28 fracciones I y VII de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y 5º inciso A y O del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

Es importante manifestar que el proyecto que nos ocupa se encontrará asociado a un proyecto de generación de energía previamente autorizado en materia de impacto ambiental, denominado Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1 (P.H. Puebla 1), por lo que en la realización de este capítulo se ha llevado a cabo el análisis de los diversos instrumentos jurídicos que resultan aplicables al presente proyecto, el cual prevé, en términos generales, la construcción y operación de un conjunto de obras que permitirán la captación y derivación de agua del río Zoquiapa, con la finalidad de aprovechar el gasto de esta corriente y conducirla al embalse del proyecto P.H. Puebla 1 (autorizado en materia de Impacto Ambiental mediante del oficio S.G.P.A./D.G.I.R.A/D.G./9364 de fecha 09 de diciembre de 2011, como ya fue mencionado en el capítulo previo). El volumen adicional de agua que llegará al futuro vaso de la presa del Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1, complementará el gasto para la generación de energía eléctrica.

Se reitera que con la ejecución del proyecto que nos ocupa, la descarga de agua se realizará al futuro vaso de la presa del Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1, y permitirá complementar el gasto para la generación de energía eléctrica que se pretende generar en la zona. En esta tesitura, y con la finalidad de acreditar la viabilidad jurídica del proyecto que nos ocupa, es que se observarán los instrumentos jurídicos y de planeación que en función de su actividad y ubicación, resultan aplicables al mismo.

Lo anterior, en observancia de lo dispuesto en el artículo 13, fracción III del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, que establece que la manifestación de impacto ambiental en su modalidad regional deberá contener la vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables.

En tal sentido, este capítulo que forma parte de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Regional (MIA-R) se ha vinculado con los instrumentos jurídicos ambientales, cuyo objeto, como se ha mencionado con anterioridad, es demostrar ante la autoridad -competente para evaluar y emitir la resolución correspondiente en materia de evaluación del impacto ambiental-, la viabilidad del proyecto que se somete al procedimiento de evaluación del impacto ambiental; esto es, que se evidencian las probabilidades que el proyecto tiene para llevarse a cabo tomando en consideración las leyes, reglamentos, decretos de áreas naturales protegidas, programas de ordenamiento ecológico y de desarrollo urbano, e instrumentos de planeación, entre otros, que pudieran resultar aplicables; o bien, de los que se desvirtúa su aplicación al proyecto, para lo cual es importante destacar su ubicación como a continuación se muestra:

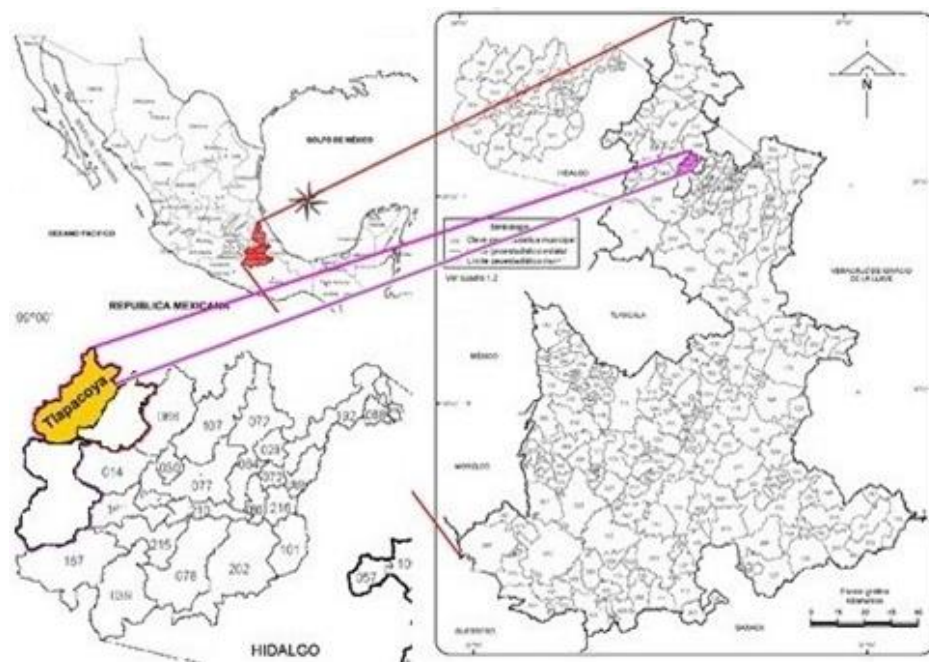


Figura III.1. Ámbito de análisis del proyecto.

Como se muestra en la figura anterior, el proyecto es parte de la división política de los 217 municipios constitutivos de la entidad Poblana. Es por ello que los instrumentos de planeación considerados en la vinculación del proyecto atienden a su ubicación entre las localidades de Zoquiapa y Xochicugtla del municipio de Tlapacoya en el estado de Puebla, por lo que bajo las anteriores consideraciones se analizarán los siguientes instrumentos jurídicos en materia ambiental.

### **III.2 Instrumentos Normativos.**

#### **III.2.1 Introducción de legislación ambiental.**

En materia ambiental, el artículo 27 Constitucional establece que la nación tendrá en todo tiempo el derecho de dictar las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico.

Asimismo, se prevé que es propiedad de la nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional; las aguas marinas interiores; las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar; las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes; las de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional.

Por su parte, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como Ley reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de Los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que su nación ejerce su soberanía y jurisdicción; establece en su artículo 28 a la evaluación del impacto ambiental como un instrumento de política ambiental, en el que listan las obras y actividades que requieren de

obtener una autorización de impacto ambiental de manera previa su realización; cuyo procedimiento se establece en los artículos subsecuentes del Capítulo IV, Sección V, de esta Ley y su Reglamento en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

Para ello, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las obras o actividades listadas en el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en concordancia con en el artículo 5 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, deberán considerar las obras y actividades específicas que en dicho artículo se contienen y requieren previamente de autorización en materia de impacto ambiental, como en el presente caso se han considerado.

### **III.2.2 Tratados Internacionales**

#### **III.2.3 Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes**

El presente convenio aplica los pueblos en países independientes, considerados indígena por el hecho de descender de poblaciones que habitaban en el país, o en una región geográfica a la que pertenece el país en la época de la conquista o la colonización o del establecimiento de las actuales fronteras estatales y que, cualquiera que sea su situación jurídica, conservan todas sus propias instituciones sociales, económicas, culturales y políticas, o parte de ellas, de conformidad con su artículo 1, inciso a).

Como antecedente, el presente proyecto se encontrará asociado a un proyecto de generación de energía y que se identifica como Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1, mismo que ya cuenta con autorización en materia de impacto ambiental mediante el oficio SGPA/DGIRA/DG/9364, del 09 de diciembre del 2011, el cual de manera integral ha dado cumplimiento a los artículos 6 y 7 del presente Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes, como se muestra a continuación:

**Tabla III.1. Vinculación del proyecto con el Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><b>Artículo 6.</b></p> <p><i>1. Al aplicar las disposiciones del presente Convenio, los gobiernos deberán:</i></p> <p><i>a ) consultar a los pueblos interesados, mediante procedimientos apropiados y en particular a través de sus instituciones representativas, cada vez que se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectarles directamente;</i></p> <p><i>b ) establecer los medios a través de los cuales los pueblos interesados puedan participar libremente, por lo menos en la misma medida que otros sectores de la población, y a todos los niveles en la adopción de decisiones en instituciones electivas y organismos administrativos y de otra índole responsables de políticas y programas que les conciernan;</i></p> <p><i>c) establecer los medios para el pleno desarrollo de las instituciones e iniciativas de esos pueblos, y en los casos apropiados proporcionar los recursos necesarios para este fin.</i></p> <p><i>2. Las consultas llevadas a cabo en aplicación de este Convenio deberán efectuarse de buena fe y de una manera apropiada a las circunstancias, con la finalidad de llegar a un acuerdo o lograr el consentimiento acerca de las medidas propuestas.</i></p>	<p>El promovente ha dado cumplimiento a cabalidad al presente dispositivo legal, en tanto que llevó a cabo la Consulta a las comunidades indígenas interesadas, esto es, en las comunidades indígenas de Zoquiapa y Emiliano Zapata, con la intervención de las autoridades federales (Secretaría de Energía, Secretaría de Gobernación, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas).</p> <p>Para la realización de la Consulta, se tomó en consideración el Protocolo para la implementación de consultas a pueblos y comunidades indígenas, de conformidad con estándares del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes, aprobado por el Pleno de la Asamblea del Consejo Consultivo de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas en febrero del 2013 para garantizar la participación libre, informada y de buena fe, a fin de lograr el consentimiento para la realización del proyecto.</p> <p>Bajo este contexto, el proceso de la consulta dio inicio el 16 de abril del 2015, con la realización de una Sesión de Fase Informativa entre las autoridades participantes (Secretaría de Gobernación, Secretaría de Energía, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General del Gobierno del Estado de Puebla, el H. Ayuntamiento</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
	<p>Constitucional de Tlapacoya y la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas) y las autoridades tradicionales de la comunidad indígena de Zoquiapa y Emiliano Zapata, a las que se les proporcionó la información técnica correspondiente del proyecto.</p> <p>Dentro del acta de Fase Informativa se acordó llevar a cabo la Fase Deliberativa del 17 al 22 de abril del año en curso.</p> <p>El 23 de abril del 2015, se llevó a cabo la Fase Consultiva, en la que se levantó el Acta de Consentimiento y Acuerdos de la Asamblea General de Fase Consultiva, en la que las comunidades indígenas de Zoquiapa y Emiliano Zapata, a través de sus representantes expresaron su consentimiento a la construcción, instalación y operación del proyecto.</p> <p>Por lo antes mencionado es que se ha dado cumplimiento al presente artículo.</p>
<p><b>Artículo 7</b></p> <p><i>1. Los pueblos interesados deberán tener el derecho de decidir sus propias prioridades en la que atañe al proceso de desarrollo, en la medida en que éste afecte a sus vidas, creencias, instituciones y bienestar espiritual y a las tierras que ocupan o utilizan de alguna manera, y de controlar, en la medida de lo posible, su propio desarrollo económico, social y cultural. Además, dichos pueblos deberán participar en la formulación, aplicación y evaluación de los planes y programas de desarrollo nacional y regional susceptibles de</i></p>	<p>Se ha dado cumplimiento a esta disposición legal, al haberse realizado la Consulta a las comunidades indígenas de manera previa a la realización del proyecto, quienes han otorgado su consentimiento para la realización del mismo y en cuyo proceso intervinieron las autoridades correspondientes y el promovente del proyecto, quienes pusieron a disposición de las comunidades indígenas la información necesaria para tener conocimiento de proyecto y con ello ejercer su participación y la toma de decisiones.</p>



Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>afectarles directamente.</i></p> <p><i>2. El mejoramiento de las condiciones de vida y de trabajo y del nivel de salud y educación de los pueblos interesados, con su participación y cooperación, deberá ser prioritario en los planes de desarrollo económico global de las regiones donde habitan. Los proyectos especiales de desarrollo para estas regiones deberán también elaborarse de modo que promuevan dicho mejoramiento.</i></p> <p><i>3. Los gobiernos deberán velar por que, siempre que haya lugar, se efectúen estudios, en cooperación con los pueblos interesados, a fin de evaluar la incidencia social, espiritual y cultural y sobre el medio ambiente que las actividades de desarrollo previstas puedan tener sobre esos pueblos. Los resultados de estos estudios deberán ser considerados como criterios fundamentales para la ejecución de las actividades mencionadas.</i></p> <p><i>4. Los gobiernos deberán tomar medidas, en cooperación con los pueblos interesados, para proteger y preservar el medio ambiente de los territorios que habitan.</i></p>	

Con la finalidad de acreditar lo anterior se agregan como anexos, en el capítulo VIII, el Acta de Sesión de Fase Informativa del 16 de abril del 2015, y el Acta de Consentimiento y Acuerdos de Asamblea General de Fase Consultiva del 23 de abril del 2015, con lo que se acredita que el presente proyecto ha sido sujeto de manera previa a la evaluación de impacto ambiental con la Consulta Indígena y, que con motivo de ello, las comunidades han dado su consentimiento y visto bueno en favor del proyecto.

### III.2.4 Leyes Federales

#### III.2.4.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

El presente proyecto se ubica dentro de los supuestos jurídicos para obtener previamente autorización en materia de impacto ambiental, como se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla III.2. Vinculación del proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>ARTÍCULO 28.- ... requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:</i></p> <p><i>I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos;</i></p> <p>...</p> <p><i>VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;</i></p> <p>...</p>	<p>El proyecto prevé la construcción y operación de un conjunto de obras que permitirán la captación y derivación de agua del río Zoquiapa, con la finalidad de aprovechar el gasto de esta corriente y conducirla al embalse del proyecto P.H. Puebla 1 (autorizado en materia de Impacto Ambiental mediante del oficio S.G.P.A./D.G.I.R.A/D.G./9364 de fecha 09 de diciembre de 2011). El volumen adicional de agua que llegará al futuro vaso de la presa del Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1, complementará el gasto para la generación de energía eléctrica.</p> <p>Las obras y actividades anteriores requieren de obtener autorización en materia de impacto ambiental al considerarse la construcción de infraestructura hidráulica para la construcción de la presa de almacenamiento, y el cambio de uso de suelo por remoción de vegetación forestal, precisándose las obras y actividades del proyecto en el Capítulo II de la presente MIA-R.</p> <p>Por lo antes mencionado, es que se actualizan los supuestos previstos en las fracciones del artículo 28 de la LGEEPA, y como resultado de lo anterior, el promovente se encuentra sujetando al procedimiento de evaluación de impacto ambiental el proyecto de su interés.</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>Artículo 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.</i></p> <p>...</p>	<p>El proyecto se ajusta al precepto establecido en el artículo en cita, ya que para obtener la autorización en materia de impacto ambiental, se presenta la presente manifestación de impacto ambiental modalidad regional, en la que se ha incluido una descripción de los posibles efectos del proyecto en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por el desarrollo de la obra, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.</p>

#### III.2.4.2 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

La vinculación con la presente Ley se realiza considerando el cambio de uso de suelo forestal que se requerirá para el desarrollo del proyecto.

**Tabla III.3. Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>ARTICULO 58. Corresponderá a la Secretaría otorgar las siguientes autorizaciones:</i></p> <p><i>I. Cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por excepción;</i></p>	<p>Para la realización del presente proyecto, se requiere la afectación de vegetación considerada como forestal, por lo que para dar cumplimiento a la presente Ley y dispositivo legal en cita, se obtendrá la autorización que corresponde al cambio de uso de suelo de terrenos forestales, y hasta en tanto no se</p>
<p><i>Artículo 117. La Secretaría sólo podrá autorizar el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro</i></p>	

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo. Estos estudios se deberán considerar en conjunto y no de manera aislada.</i></p> <p>...</p>	<p>obtenga la misma, no se realizarán trabajos de desmonte de vegetación en terrenos forestales.</p>

#### III.2.4.3 Ley de Aguas Nacionales

El proyecto se vincula con la presente Ley considerando que requiere de obtener una concesión para el uso y aprovechamiento del agua, así como el permiso correspondiente de construcción.

**Tabla III.4. Vinculación del proyecto con la Ley de Aguas Nacionales**

Artículo	Vinculación con el Proyecto
<p>ARTÍCULO 23.... En el correspondiente título de concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales superficiales se autorizará además el proyecto de las obras necesarias que pudieran afectar el régimen hidráulico o hidrológico de los cauces o vasos de propiedad nacional o de las zonas federales correspondientes, y también, de haberse solicitado, la explotación, uso o aprovechamiento de dichos cauces, vasos o zonas, siempre y cuando en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, si fuere el caso, se cumpla con la manifestación del impacto ambiental. Análogamente, para el caso de títulos de concesión o asignación para la</p>	<p>Para la ejecución y operación del proyecto, el promovente ha gestionado la obtención de los permisos y concesiones para el aprovechamiento de aguas superficiales, y en el caso concreto para el uso, explotación o aprovechamiento de las aguas nacionales del río Zoquiapa por parte de la CONAGUA, para lo cual se ajustará el proyecto a dicha disposición jurídica.</p>

<p>explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales del subsuelo, en adición se autorizará el proyecto de las obras necesarias para el alumbramiento de las aguas del subsuelo y para su explotación, uso o aprovechamiento, con el correspondiente cumplimiento de los demás ordenamientos jurídicos aplicables.</p> <p>...</p>	
<p>ARTÍCULO 28. Los concesionarios tendrán los siguientes derechos:</p> <p>I. Explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales y los bienes a que se refiere el Artículo 113 de la presente Ley, en los términos de la presente Ley y del título respectivo;</p> <p>II. Realizar a su costa las obras o trabajos para ejercitar el derecho de explotación, uso o aprovechamiento del agua, en los términos de la presente Ley y demás disposiciones reglamentarias aplicables;</p> <p>III. Obtener la constitución de las servidumbres legales en los terrenos indispensables para llevar a cabo el aprovechamiento de agua o su desalojo, tales como la de desagüe, de acueducto y las demás establecidas en la legislación respectiva o que se convengan;</p> <p>De la definición contenida en la fracción I de este Artículo, se reproduce el artículo 113 para pronta referencia:</p> <p>ARTÍCULO 113. La administración de los siguientes bienes nacionales queda a cargo de "la Comisión":</p> <p>...</p> <p>III. Los cauces de las corrientes de aguas nacionales;</p> <p>IV. Las riberas o zonas federales contiguas a los cauces de las corrientes y a los vasos o</p>	<p>El promovente del proyecto dará cumplimiento al artículo en cita, para lo cual tramitará y obtendrá el título de concesión que otorga la CONAGUA que le permita explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales, en este caso del río Zoquiapa, pues corresponde a dicha autoridad la administración de los bienes que involucra el proyecto como lo es el cauce de corriente de aguas nacionales y su zona federal; precisándose que la inversión para la ejecución de las obras y actividades corresponde al presupuesto de inversión del promovente y que se han definido en el Capítulo II de la presente MIA-R.</p>

<p>depósitos de propiedad nacional, en los términos previstos por el Artículo 3 de esta Ley;</p> <p>...</p> <p>En los casos de las fracciones IV, V y VII la administración de los bienes, cuando corresponda, se llevará a cabo en coordinación con la Comisión Federal de Electricidad.</p>	
<p>ARTÍCULO 97. Los usuarios de las aguas nacionales podrán realizar, por sí o por terceros, cualesquiera obras de infraestructura hidráulica que se requieran para su explotación, uso o aprovechamiento.</p> <p>La administración y operación de estas obras serán responsabilidad de los usuarios o de las asociaciones que formen al efecto, independientemente de la explotación, uso o aprovechamiento que se efectúe de las aguas nacionales.</p>	<p>El proyecto se ajustará a esta disposición legal, ya que para la realización del presente proyecto requerirá en primer orden la ejecución de obras de infraestructura hidráulica, y en segundo orden la operación de las mismas, cuya administración y operación serán responsabilidad del promovente del proyecto.</p>

#### III.2.4.4 Ley General de Bienes Nacionales

La Ley General de Bienes Nacionales establece los bienes que constituyen el patrimonio de la nación, entre los que se encuentran los ríos, tal como lo establece el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; sin embargo, en el caso del presente proyecto no requiere de un título de concesión de la zona federal marítimo terrestre por lo que dicha ley sería inaplicable al presente proyecto, por lo que únicamente se consideraron algunas disposiciones jurídicas que precisan los derechos que los particulares pueden tener sobre los bienes nacionales.

Tabla III.5 Vinculación del proyecto con la Ley General de Bienes Nacionales.

Artículo	Vinculación con el Proyecto
<p><b>ARTÍCULO 13.-</b> <i>Los bienes sujetos al régimen de dominio público de la Federación son inalienables, imprescriptibles e inembargables y no estarán sujetos a acción reivindicatoria o de posesión definitiva o provisional, o alguna otra por parte de terceros.</i></p>	<p>El proyecto al pretender hacer uso de un bien del dominio directo de la nación, como lo es el río Zoquiapa, el cual es inalienable, imprescriptible e inembargable que no le generará derechos de propiedad al promovente, no obstante que la Ley de Aguas Nacionales es la ley que regula los usos, explotación y aprovechamiento de las aguas nacionales, razón por la que se ajustará el proyecto a las disposiciones ahí contenidas.</p>
<p><b>ARTÍCULO 16.-</b> <i>Las concesiones, permisos y autorizaciones sobre bienes sujetos al régimen de dominio público de la Federación no crean derechos reales; otorgan simplemente frente a la administración y sin perjuicio de terceros, el derecho a realizar los usos, aprovechamientos o explotaciones, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes y el título de la concesión, el permiso o la autorización correspondiente.</i></p>	

#### III.2.4.5 Ley de la Industria Eléctrica

El proyecto pretende la construcción y operación de un conjunto de obras que permitirán la captación y derivación de agua del río Zoquiapa, con la finalidad de aprovechar el gasto de esta corriente y conducirla al embalse del proyecto P.H. Puebla 1 (autorizado en materia de Impacto Ambiental mediante del oficio S.G.P.A./D.G.I.R.A/D.G./9364 de fecha 09 de diciembre de 2011). El volumen adicional de agua que llegará al futuro vaso de la presa del Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1, complementará el gasto para la generación de energía eléctrica del Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1, razón por la que se vincula con las siguientes disposiciones de la presente Ley.

**Tabla III.6. Vinculación del proyecto con la Ley de la Industria Eléctrica.**

Artículo	Vinculación con el Proyecto
<p><i>Artículo 17.- Las Centrales Eléctricas con capacidad mayor o igual a 0.5 MW y las Centrales Eléctricas de cualquier tamaño representadas por un Generador en el Mercado Eléctrico Mayorista requieren permiso otorgado por la CRE para generar energía eléctrica en el territorio nacional. Se requiere autorización otorgada por la CRE para importar energía eléctrica proveniente de una Central Eléctrica ubicada en el extranjero y conectada exclusivamente al Sistema Eléctrico Nacional. Las Centrales Eléctricas de cualquier capacidad que sean destinadas exclusivamente al uso propio en emergencias o interrupciones en el Suministro Eléctrico no requieren permiso.</i></p> <p><i>Los permisionarios y sus representantes están obligados al cumplimiento de las Reglas del Mercado. El permisionario o una persona distinta a él podrán representar total o parcialmente a cada Central Eléctrica en el Mercado Eléctrico Mayorista, en los términos permitidos por las Reglas del Mercado.</i></p>	<p>El presente proyecto consiste en la construcción y operación de un conjunto de obras para la captación y derivación de agua del río Zoquiapa, para efectuar su descarga al futuro vaso de la presa del Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1, el cual se autorizó mediante el oficio número SGPA/DGIRA/DG/9364, el 09 de diciembre del 2011, con la finalidad de complementar con dicho recurso el gasto para generación de energía eléctrica, razón por la que la presente disposición legal no le es aplicable al presente proyecto de manera directa, ya que éste, por sí mismo, no generará energía eléctrica, sino su objetivo es la captación de agua para complementar el gasto del proyecto principal al que se encuentra asociado y que se identifica como Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1.</p>

#### **III.2.4.6 Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética**

La Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, tiene por objeto (artículo 1º) regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética. Dicha ley comprende dentro de las energías



renovables, entre otras (fracción II del Artículo 3º), a las que se generan a través del viento; la radiación solar; el movimiento del agua en cauces naturales o artificiales; la energía oceánica en todas sus formas; el calor de los yacimientos geotérmicos y los bioenergéticos que determine la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.

**Tabla III.7. Vinculación del proyecto con la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>Artículo 1.- La presente Ley es de orden público y de observancia general en toda la República Mexicana. Tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética.</i></p> <p><i>Se excluye del objeto de la presente Ley, la regulación de las siguientes fuentes para generar electricidad:</i></p> <p>...</p> <p><i>II. Energía hidráulica de fuentes con capacidad de generar más de 30 megawatts;</i></p> <p>...</p>	<p>El presente proyecto consiste en la construcción y operación de un conjunto de obras para la captación y derivación de agua del río Zoquiapa, para efectuar su descarga al futuro vaso de la presa del Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1 (el cual se autorizó mediante el oficio número SGPA/DGIRA/DG/9364, el 09 de diciembre del 2011), con la finalidad de complementar con dicho recurso el gasto para generación de energía del proyecto principal al que se encontrará asociado, razón por la que esta disposición legal no le es aplicable al presente proyecto de manera directa, ya que por sí solo el proyecto no generará energía eléctrica sino coadyuvará con el proyecto principal al que se encontrará asociado.</p>

#### III.2.4.7 Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

Esta Ley tiene como finalidad propiciar un aprovechamiento sustentable de la energía mediante el uso óptimo de la misma en todos sus procesos y actividades, desde su explotación hasta su

consumo, y dado que el presente proyecto complementará la generación de energía eléctrica, se ha vinculado con esta Ley.

**Tabla III.8. Vinculación del proyecto con la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>Artículo 11.- La Comisión tendrá las facultades siguientes:</i></p> <p><i>XII. Emitir recomendaciones a las entidades federativas, a los municipios y a los particulares en relación con las mejores prácticas en materia de aprovechamiento sustentable de la energía;</i></p>	<p>El presente proyecto consiste en la construcción y operación de un conjunto de obras para la captación y derivación de agua del río Zoquiapa, para efectuar su descarga al futuro vaso de la presa del Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1 (autorizado mediante el oficio número SGPA/DGIRA/DG/9364, el 09 de diciembre del 2011), con la finalidad de complementar con dicho recurso el gasto para generación de energía, razón por la que esta disposición legal no le es aplicable al presente proyecto de manera directa; sin embargo, se atenderán las recomendaciones que en su momento emita la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, no sin antes dejar de observar que el proyecto coadyuvará con el proyecto principal que representa una fuente de energía limpia.</p>

### III.2.5 Reglamentos Federales

#### III.2.5.1 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental

La vinculación del proyecto en concordancia con el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, se vincula con el presente reglamento.

**Tabla III.9. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
----------	-----------------------------

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>Artículo 5. Quienes pretendan llevar a cabo alguno de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en material de impacto ambiental:</i></p> <p><i>A) HIDRÁULICAS:</i></p> <p><i>I. Presas de almacenamiento, derivadoras y de control de avenidas con capacidad mayor de 1 millón de metros cúbicos, jagüeyes y otras obras para la captación de aguas pluviales, canales y cárcamos de bombeo, ...</i></p> <p><i>III. Proyectos de construcción de muelles, canales, escolleras, espigones, bordos, dársenas, represas, rompeolas, malecones, diques, varaderos y muros de contención de aguas nacionales, ...</i></p> <p><i>IX. Modificación o entubamiento de cauces de corrientes permanentes de aguas nacionales;</i></p> <p><b>O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS:</b></p> <p><i>I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal ...</i></p> <p><i>II. Cambio de uso del suelo de áreas forestales a cualquier otro uso...</i></p> <p><i>III. Los demás cambios de uso del suelo, en terrenos o áreas con uso de suelo forestal...</i></p>	<p>Al pretender el proyecto la construcción de una presa de almacenamiento, que represa y modifica el cauce del río Zoquiapa, y que llevará la remoción de vegetación forestal, requiere de la autorización en materia de impacto ambiental, al encontrarse dentro de los supuestos jurídicos citados.</p> <p>Por tal motivo, el promovente para llevar a cabo el proyecto de interés, requiere obtener la autorización en materia de impacto ambiental, y presenta la presente manifestación de impacto ambiental modalidad regional, en la que se ha incluido una descripción de los posibles efectos del proyecto en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por el desarrollo de la obra, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>Artículo 9. Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto, de la obra, o actividad respecto de la que se solicita autorización.</i></p> <p><i>La información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.</i></p>	<p>La presentación de esta Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad regional, se somete para su evaluación ante la autoridad, misma en la que se refieren los aspectos ambientales relevantes relacionados con el proyecto de interés, razón por la que se cumple con esta disposición.</p> <p>El promovente para llevar a cabo el proyecto de interés, debe obtener la autorización en materia de impacto ambiental, y presenta la presente manifestación de impacto ambiental modalidad regional, en la que se ha incluido una descripción de los posibles efectos del proyecto en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por el desarrollo de la obra, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.</p>
<p><i>Artículo 11. Las manifestaciones de impacto ambiental se presentarán en la modalidad regional cuando se trate de:</i></p> <p><i>I. Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas;</i></p>	<p>La manifestación de impacto ambiental que se presenta es en su modalidad regional por tratarse de una presa de almacenamiento, actualizándose así el artículo que se cita.</p>

### III.2.5.2 Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

El presente proyecto requerirá de la obtención de autorización de cambio de uso de suelo forestal, razón por la que se vincula con el proyecto.

**Tabla III.10. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>Artículo 120. Para solicitar la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, el interesado deberá solicitarlo mediante el formato que expida la Secretaría, el cual contendrá lo siguiente:</i></p> <p><i>I. Nombre, denominación o razón social y domicilio del solicitante;</i></p> <p><i>II. Lugar y fecha;</i></p> <p><i>III. Datos y ubicación del predio o conjunto de predios, y</i></p> <p><i>IV. Superficie forestal solicitada para el cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar.</i></p> <p><i>Junto con la solicitud deberá presentarse el estudio técnico justificativo, así como copia simple de la identificación oficial del solicitante y original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo. Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea en la que conste el acuerdo de cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, así como copia simple para su cotejo.</i></p> <p><i>El derecho para realizar actividades que impliquen el cambio de uso del suelo, con motivo del reconocimiento, exploración superficial y explotación petrolera en terrenos forestales, se podrá acreditar con la documentación que establezcan las</i></p>	<p>El proyecto prevé una superficie de afectación temporal y permanente, para lo cual requerirá el cambio de uso de suelo de terrenos forestales, observando el contenido del presente artículo así como las demás disposiciones jurídicas necesarias para solicitar su autorización.</p> <p>Como consecuencia de lo anterior, el promovente integrará y presentará para su evaluación el Estudio Técnico Justificativo, con la finalidad de obtener el cambio de uso de suelo de terrenos forestales, y hasta en tanto no se obtenga la misma, no se realizarán trabajos de desmonte de vegetación en terrenos forestales,</p>

Artículo	Vinculación con el proyecto
<i>disposiciones aplicables en materia petrolera.</i>	

### III.2.5.3 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

El Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales se publicó el 12 de enero de 1994, a través de éste se establecen las reglas de operación y/o aplicación de la Ley de Aguas Nacionales en lo concerniente al uso de aguas provenientes de cuerpos de aguas de jurisdicción federal y del subsuelo.

El proyecto se vinculará con las disposiciones del presente reglamento contenidas en el Capítulo III “Uso en Generación de Energía Eléctrica”, del Título Sexto “Usos del Agua”, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla III.11 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.**

Fundamento	Vínculo con el proyecto
<p><i>ARTICULO 30.- Conjuntamente con la solicitud de concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales se solicitará, en su caso: el permiso de descarga de aguas residuales, el permiso para la realización de las obras que se requieran para el aprovechamiento del agua y la concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de cauces, vasos o zonas federales a cargo de "La Comisión".</i></p>	<p>Se tramitará ante la CONAGUA el permiso para la realización de obras de infraestructura hidráulica que se requieran para la realización de las obras de embalse, y en su caso se tramitará el título de concesión para la explotación, uso o aprovechamiento del cauce del río Zoquiapa.</p>
<p><i>ARTICULO 157.- Para efectos del artículo 98 de la "Ley", las personas que pretendan realizar obras que impliquen desviación del curso de las aguas nacionales de su cauce o vaso, alteración al régimen hidráulico de las corrientes o afectación de su calidad, al solicitar el permiso respectivo de "La Comisión", deberán acompañar el proyecto y programa de ejecución de las obras que pretendan realizar, y demostrar que no se afecta riesgosamente el flujo de las aguas ni los derechos de terceros aguas abajo.</i></p> <p><i>"La Comisión" resolverá si acepta o rechaza el proyecto y, en su caso, dará a conocer a los interesados las modificaciones que deban de hacer a éste para evitar que cualquier</i></p>	<p>Como se ha mencionado con anterioridad, la promovente solicitará ante la CONAGUA el permiso correspondiente de infraestructura hidráulica respectivo para la realización de obras para el embalse de agua del río Zoquiapa.</p>

Fundamento	Vínculo con el proyecto
<p><i>afectación al régimen hidrológico de las corrientes no imponga riesgos en la seguridad de las personas y sus bienes, no altere la calidad del agua ni los derechos de terceros.</i></p> <p><i>En el permiso respectivo, "La Comisión" fijará los plazos aproximados para que los solicitantes realicen los estudios y formulen los proyectos definitivos, inicien las obras y las terminen.</i></p> <p><i>El procedimiento a que se refiere este artículo se aplicará a las obras o trabajos que se realicen para dragar, desecar y en general, modificar el régimen hidráulico de los cauces, vasos, lagos, lagunas y demás depósitos de agua de propiedad nacional.</i></p>	

#### III.2.5.4 Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica

El presente reglamento se vincula al proyecto considerándose que complementará el gasto para la generación de energía del proyecto autorizado denominado Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1.

**Tabla III.12. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica**

Artículo	Vinculación con el proyecto
<p><i>Artículo 16.- Requieren de permiso otorgado por la CRE, las Centrales Eléctricas con capacidad igual o mayor a 0.5 MW, así como las representadas por un Generador en el Mercado Eléctrico Mayorista, con independencia de su capacidad, salvo las destinadas exclusivamente al uso propio en emergencias o interrupciones en el Suministro Eléctrico. Para efectos de lo anterior, se considerará la capacidad neta que una Central Eléctrica haga disponible al Sistema Eléctrico</i></p>	<p>El presente proyecto consiste en la construcción y operación de un conjunto de obras para la captación y derivación de agua del río Zoquiapa, para efectuar su descarga al futuro vaso de la presa del Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1 (autorizado mediante el oficio número SGPA/DGIRA/DG/9364, el 09 de diciembre del 2011), con la finalidad de complementar con dicho recurso el gasto para generación de energía, razón por la que esta disposición legal no le es aplicable al presente proyecto de manera directa, ya que el proyecto</p>



Artículo	Vinculación con el proyecto
Nacional. ...	por sí solo no generará energía eléctrica, sino que coadyuvará con el proyecto principal al que se encuentra asociado.

### III.2.5.5 Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética

El 2 de septiembre de 2009, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, el cual establece los lineamientos para la implementación de programas y estrategias de promoción de las energías renovables. Entre dichos programas se incluye al Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables, que establece las estrategias y líneas de acción para el aprovechamiento de las energías renovables con estricto apego a las estrategias y objetivos generales del Plan Nacional de Desarrollo, del Programa Sectorial de Energía y del Programa Nacional de Infraestructura vigentes.

**Tabla III.13. Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.**

Artículo	Vinculación con el Proyecto
<p><b>Artículo 31.-</b> <i>La Comisión, para la regulación de la Generación Renovable y la Cogeneración Eficiente, expedirá e inscribirá en su registro público lo siguiente:</i></p> <p>...</p> <p><b>II. Criterios, metodologías y directrices a que se sujetarán los modelos de contrato, procedimientos de intercambio de energía y sus correspondientes sistemas de compensaciones, para proyectos de autoabastecimiento con Energías renovables y para proyectos de Cogeneración Eficiente;</b></p> <p>...</p>	<p>El presente proyecto consiste en la construcción y operación de un conjunto de obras para la captación y derivación de agua del río Zoquiapa, para efectuar su descarga al futuro vaso de la presa del proyecto autorizado denominado Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1 (autorizado mediante el oficio número SGPA/DGIRA/DG/9364, el 09 de diciembre del 2011), con la finalidad de complementar con dicho recurso el gasto para generación de energía, razón por la que esta disposición legal no le es aplicable al presente proyecto de manera directa, sin embargo se atenderán las recomendaciones que en su momento emita la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la</p>

Artículo	Vinculación con el Proyecto
<p>V. <i>Lineamientos y mecanismos para promover el desarrollo de las actividades de Generación Renovable y de Cogeneración Eficiente, y</i></p> <p>...</p>	<p>Energía, resaltando que el presente se encuentra asociado a un proyecto principal que representa una fuente de energía limpia.</p>

### III.3 Instrumentos de Planeación

#### III.3.1 Plan Nacional de Desarrollo 2013 - 2018

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) tiene como finalidad establecer las cinco metas nacionales, dentro de las cuales una de ellas establece un **México Próspero** que promueva el crecimiento sostenido de la productividad en un clima de estabilidad económica y mediante la generación de igualdad de oportunidades. Lo anterior considerando que una Infraestructura adecuada y el acceso a insumos estratégicos fomentan la competencia y permiten mayores flujos de capital y conocimiento hacia individuos y empresas con el mayor potencial para aprovecharlo. Asimismo, esta meta busca proveer condiciones favorables para el desarrollo económico, a través de una regulación que permita una sana competencia entre las empresas y el diseño de una política moderna de fomento económico enfocada a generar innovación y crecimiento en sectores estratégicos.

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 considera que la tarea del desarrollo y el crecimiento de México les corresponden a todos los actores, todos los sectores y todas las personas del país; precisando que el uso y suministro de energía son esenciales para las actividades productivas de la sociedad. Su escasez derivaría en un obstáculo para el desarrollo de cualquier economía. Por ello, es imperativo satisfacer las necesidades energéticas del país, identificando de manera anticipada los requerimientos asociados al crecimiento económico y extendiéndolos a todos los mexicanos, además de los beneficios que derivan del acceso y consumo de la energía.

El proyecto se vincula con el PND al converger en el desarrollo y crecimiento del país, al representar una alternativa para mejorar las condiciones de vida de la población local en que se

inserta dicho proyecto. Durante su proceso de construcción generara empleos temporales directos, durante la etapa de operación y mantenimiento serán de carácter permanentes, lo que permitirá a la población local de los municipios involucrados, considerados dentro de los de mayor rezago, acceder a fuentes de empleo dentro de su contexto local sin generar desplazamientos regionales; adicionalmente se generarán empleos indirectos para atender las necesidades de los trabajadores, lo que ocasiona un efecto multiplicador a la derrama económica que se genere y que beneficia directamente a las localidades vecinas. El mismo efecto multiplicador se repite en la zona en que se inserta el centro de consumo de la energía generada, ya que garantiza su permanencia y la estabilidad laboral; es decir que el proyecto impulsará el crecimiento económico, por un lado la zona donde se realizarán las obras del presente proyecto, así como también donde se generará la energía eléctrica.

### **III.3.2 Plan Estatal de Desarrollo 2011 – 2017 (Puebla)**

El Plan Estatal de Desarrollo 2011-2017 es un instrumento de política pública que atiende las necesidades y refleja las aspiraciones de los poblanos, y busca detonar el enorme potencial que tiene el estado, el cual guarda relación con Plan Nacional de Desarrollo, dada la vinculación que debe existir entre los instrumentos de planeación a nivel Federal y aquellos que desarrollan las entidades federativas y los municipios.

Entre los aspectos que fundamentan la activación de la planeación se señala: la superación de la pobreza ancestral, el abatimiento de la impunidad, la reforma de nuestro sistema de justicia, el uso de fuentes de energía alternativa, la necesaria reforma de nueva generación en materia educativa para la era digital, el impulso de polos de desarrollo regional, o la construcción de obras estratégicas de infraestructura de comunicaciones y transportes.

Este documento está basado en una estrategia sustentada en cuatro ejes fundamentales:

- Más Empleos y Mayor Inversión;
- Igualdad de Oportunidades para Todos;
- Gobierno Honesto y al Servicio de la Gente ,

➤ Política Interna Seguridad y Justicia.

Los principios rectores son la Democratización de la Productividad, Gobierno Cercano y Moderno y Perspectiva de Género.

En consecuencia, la política estatal en materia de ordenamiento territorial es una prioridad para el desarrollo urbano y regional considerando la participación de los tres órdenes de gobierno y la participación de la sociedad civil como parte fundamental para lograr la sustentabilidad del desarrollo, considerando que esta política debe contribuir al combate de la pobreza en sus causas y no meramente en sus efectos.

**Objetivo 5**

Generar incentivos normativos y económicos que contribuyan a tener un aprovechamiento sustentable del agua.

Por lo anterior, el proyecto es compatible con este objetivo al realizar una inversión privada en un proyecto sustentable, que se traducirá en beneficio social al generar fuentes de empleo y evitar una mayor generación a su vez, de consumo de combustibles fósiles.

**III.3.3 Programa Sectorial de Energía 2013 -2018**

El Programa Sectorial de Energía 20014-2018 (PSE) fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 2013; en él se establecen los siguientes objetivos que vinculan estrechamente al proyecto:

En el Objetivo 2 se menciona optimizar la operación y expansión de infraestructura eléctrica Nacional, el cual deriva del numeral 4.6.2 Asegurar el abastecimiento racional de energía eléctrica a lo largo del país; por lo que al respecto el proyecto busca asegurar el suministro de los energéticos necesarios para el desarrollo del país promoviendo el uso racional de la energía y la diversificación de las fuentes primarias, contribuyendo directamente con la expansión de la infraestructura eléctrica de este modo.

Asimismo, la estrategia 2.1 del PSE establece el desarrollar la infraestructura eléctrica nacional, con criterios de economía, seguridad, sustentabilidad y viabilidad económica.

En la Línea de acción 2.1.1, se establece planear la expansión de la infraestructura eléctrica nacional conforme al incremento de la demanda, incorporando energías limpias, externalidades y diversificación energética.

Adicionalmente en la Línea de acción 2.1.2, se prevé el expandir la infraestructura, cumpliendo con las metas de energía limpia del Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables.

En ello, el proyecto encuentra su justificación y cabida, al proponer el manejo sustentable de los recursos hidrológicos del río Zoquiapa, tributario del río Ajajalpan, para contribuir en la generación del gasto de energía del Proyecto hidroeléctrico Puebla 1 (ya autorizado en materia de impacto ambiental), sin afectar la calidad y cantidad de los escurrimientos que confluyen a la cuenca en que se adapta, expandiendo la infraestructura energética y coadyuvando con el cumplimiento de la demanda y metas energéticas del país.

### **III.3.4 Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2015**

La planeación del sistema eléctrico mexicano, se encuentra en proceso de cambio a partir del presente año, con la finalidad de incluir los proyectos privados de incremento en la capacidad de generación y las necesidades regionales de transmisión y distribución de los próximos 15 años, que estarán incluidas en el Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional a 15 años, elaborado por la Subsecretaría de Electricidad y el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), en sustitución del Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE) que hasta ahora realizaba la Comisión Federal de Electricidad (CFE)

En este Programa no se reconoce el potencial de generación de energía eléctrica de la totalidad de las cuencas hidroeléctricas, como es el caso de la cuenca del río Zoquiapa, tributario del río Ajajalpan; de tal manera que los únicos conceptos que pueden ser retomados de este Programa y

su vinculación con el presente proyecto son los concernientes a las implicaciones de temporalidad para concretar la puesta en marcha de un nuevo proyecto de generación eléctrica, así como las ventajas ambientales y sociales que ofrece.

A este respecto se señala que por los tiempos necesarios para la construcción de la infraestructura, las decisiones de inversión se deben tomar con 4 a 7 años de anticipación dependiendo del tipo de proyecto. Es por ello que las decisiones sobre nuevos proyectos para expandir el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) se toman con varios años de anticipación. Transcurren aproximadamente de cuatro a siete años entre el análisis de opciones para decidir la construcción de una nueva central generadora hasta su entrada en operación comercial. En el caso de los proyectos de transmisión, el lapso previo es de tres a cinco años. Adicionalmente, formular, evaluar y autorizarlos requiere una anticipación mínima de un año. La vida útil de los proyectos es de 30 años o más.

En los últimos años ha cobrado especial importancia la participación de la iniciativa privada en la generación de energía eléctrica principalmente bajo las modalidades de autoabastecimiento y cogeneración. La instalación de nuevas centrales con base en estos esquemas influirá de manera importante en el desarrollo del SEN, ya que será necesario adaptar la red eléctrica para proporcionar los servicios de transmisión y respaldo requeridos. Las decisiones de inversión para estos proyectos dependen principalmente de los particulares, como lo es en el presente caso.

Sin embargo, es importante señalar que el presente proyecto consiste en la construcción y operación de un conjunto de obras para la captación y derivación de agua del río Zoquiapa, para efectuar su descarga al futuro vaso de la presa del Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1 (el cual se autorizó mediante el oficio número SGPA/DGIRA/DG/9364, el 09 de diciembre del 2011), con la finalidad de complementar con dicho recurso el gasto para generación de energía, que aunque el proyecto por sí mismo no generará energía eléctrica coadyuvará con el proyecto asociado principal que si tiene por objetivo generar energía eléctrica a través del aprovechamiento del potencial hidráulico del río Zoquiapa.

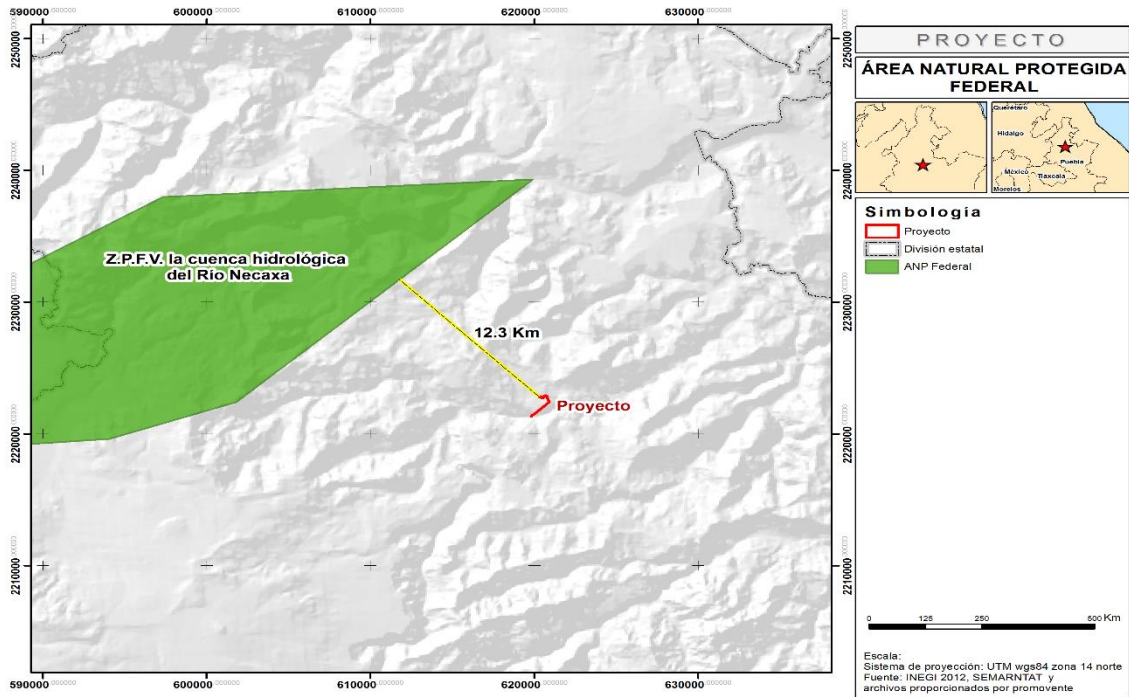
#### **III.4 Decretos y Programas Relacionados con Áreas Naturales Protegidas.**

Con base en las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) la SEMARNAT ha integrado el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP), a fin de incluir en el mismo las áreas que por su biodiversidad y características ecológicas sean consideradas de especial relevancia en el país. Conforme lo establecido en el Reglamento de la LGEEPA en la materia, la razón para incorporar como Área Natural Protegida (ANP), a una zona es que presente especial relevancia en algunas de las siguientes características:

- Riqueza de especies;
- Presencia de endemismos;
- Presencia de especies de distribución restringida;
- Presencia de especies en riesgo;
- Diferencia de especies con respecto a otras áreas protegidas ya incorporadas al SINAP;
- Diversidad de ecosistemas presentes;
- Presencia de ecosistemas relictuales;
- Presencia de ecosistemas de distribución restringida;
- Presencia de fenómenos naturales importantes o frágiles;
- Integridad funcional de los ecosistemas;
- Importancia de los servicios ambientales generado; Y
- Viabilidad social para su preservación.

A la fecha se han registrado en el Diario Oficial de la Federación 61 Áreas Naturales Protegidas (34 Reservas de la Biosfera, 15 Parques Nacionales, 10 Áreas de Protección de Flora y Fauna, 1 Monumento Natural y 1 Santuario).

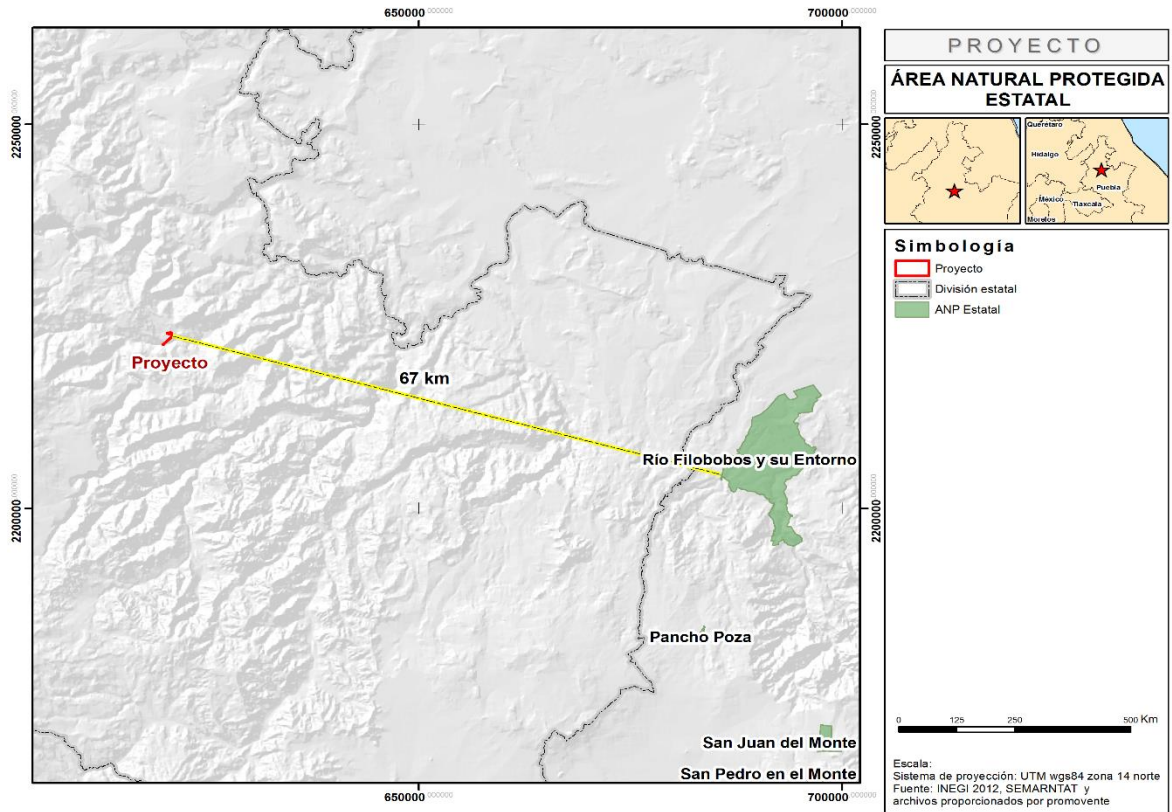
El proyecto no se ubica dentro de la poligonal de un ANP ya sea de carácter Federal, Estatal o Municipal, el Área Natural Protegida más próxima a la zona de ubicación del proyecto, corresponde al “Área de Protección de Recursos Naturales Zona Protectora Forestal Vedada Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa”, ubicada en los estados de Hidalgo y Puebla a una distancia de 12.3 km.



**Figura III.2.** Ubicación del proyecto respecto del Área Natural Protegida con la categoría de Área de Protección de Recursos Naturales Zona Protectora Forestal Vedada, Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, ubicada en los estados de Hidalgo y Puebla.

Asimismo, se consideró la ubicación del proyecto con respecto a Áreas Naturales Protegidas de competencia Estatal, ubicándose la más cercana a una distancia de 67 km, llamada “Zona del río Filo-Bobos y su entorno ubicado en los municipios de Tlapacoyan y Atzalán, Ver.”





**Figura III.3.** Ubicación del proyecto respecto del Área Natural Protegida de la zona del río Filobobos y su entorno ubicado en los municipios de Tlapacoyan y Atzalán, Ver.

De lo antes expuesto, se concluye que el proyecto no incide dentro de algún Área Natural Protegida Federal o Estatal.

### III.5 Sitios RAMSAR

En relación a los sitios RAMSAR, el proyecto no incide dentro de alguno, tal como se muestra en el siguiente mapa, ya que el más cercano, llamado Sistema de Represas y Corredores Biológicos de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, se encuentra a 15 km.

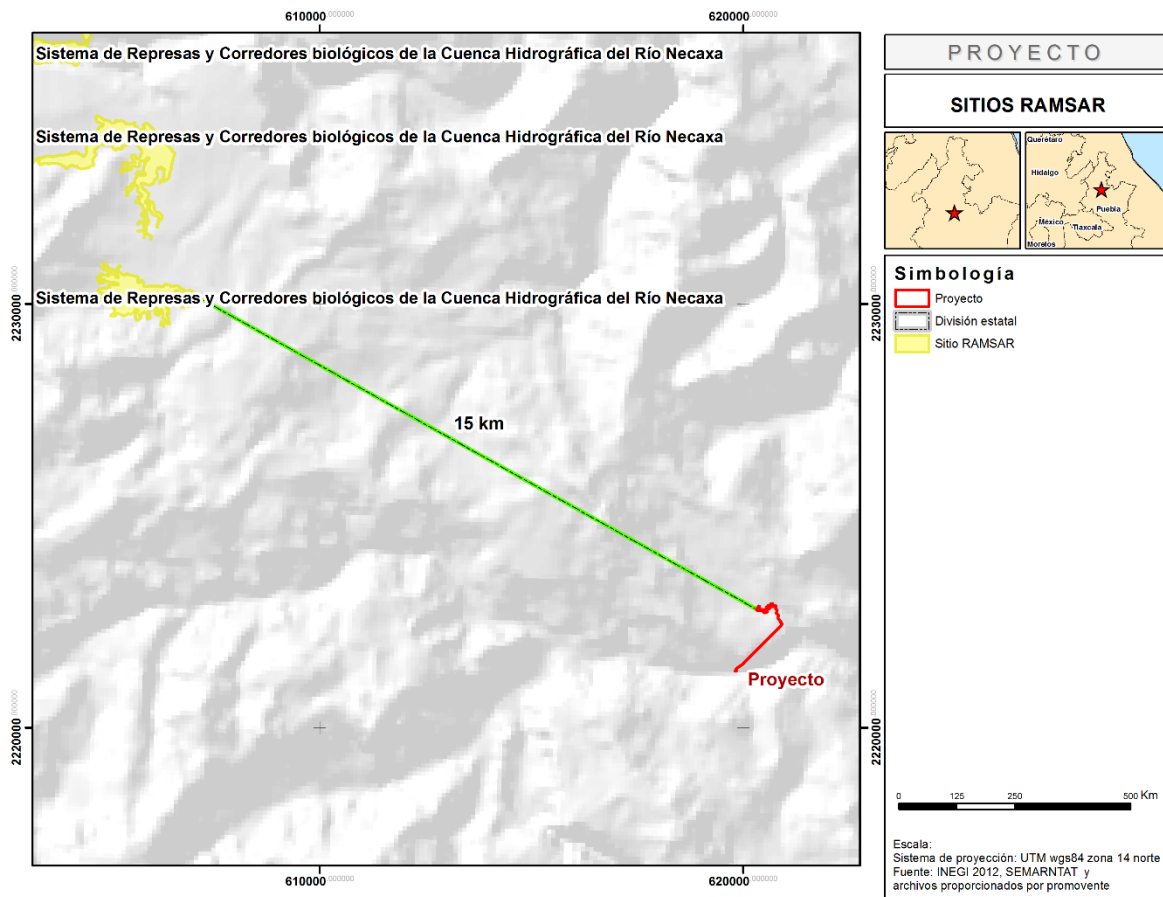


Figura III.4. Ubicación del proyecto respecto a los Sitios RAMASAR más cercanos.

### III.6 Programas de Ordenamiento Ecológicos Regionales y Locales

Se hace del conocimiento de la autoridad que no existen Programas de Ordenamiento Ecológico para el Estado de Puebla o del Municipio en que se ubica el proyecto que hayan sido publicados de manera oficial que permitan la vinculación del proyecto con los mismos.

Se tiene conocimiento del Programa de Ordenamiento Ecológico de las Cuencas Hidrológica de los Ríos Necaxa y Laxaxalpan, sin embargo no se localizó evidencia alguna de su publicación en el Diario Oficial de la Federación o en el Periódico Oficial del Estado de Puebla, pues el mismo aparece en la página del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático en la siguiente dirección electrónica [http://www.inecc.gob.mx/descargas/ord\\_ecol/10\\_diag\\_tercera\\_parte.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/ord_ecol/10_diag_tercera_parte.pdf) ,

MIA REGIONAL PARA EL “PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)”

cuya elaboración o análisis es de la Universidad Autónoma de Chapingo y en otras fuentes de consulta se encontró que el ordenamiento es un proyecto, razón por la cual el proyecto no puede ser vinculado como instrumento al no ser oficial.

Ahora bien, de los Programas de Ordenamiento Ecológicos expedidos con o sin participación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicados en su página electrónica [http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/ordenamiento/decretados\\_20150617.jpg](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/ordenamiento/decretados_20150617.jpg)) se muestra la siguiente imagen.

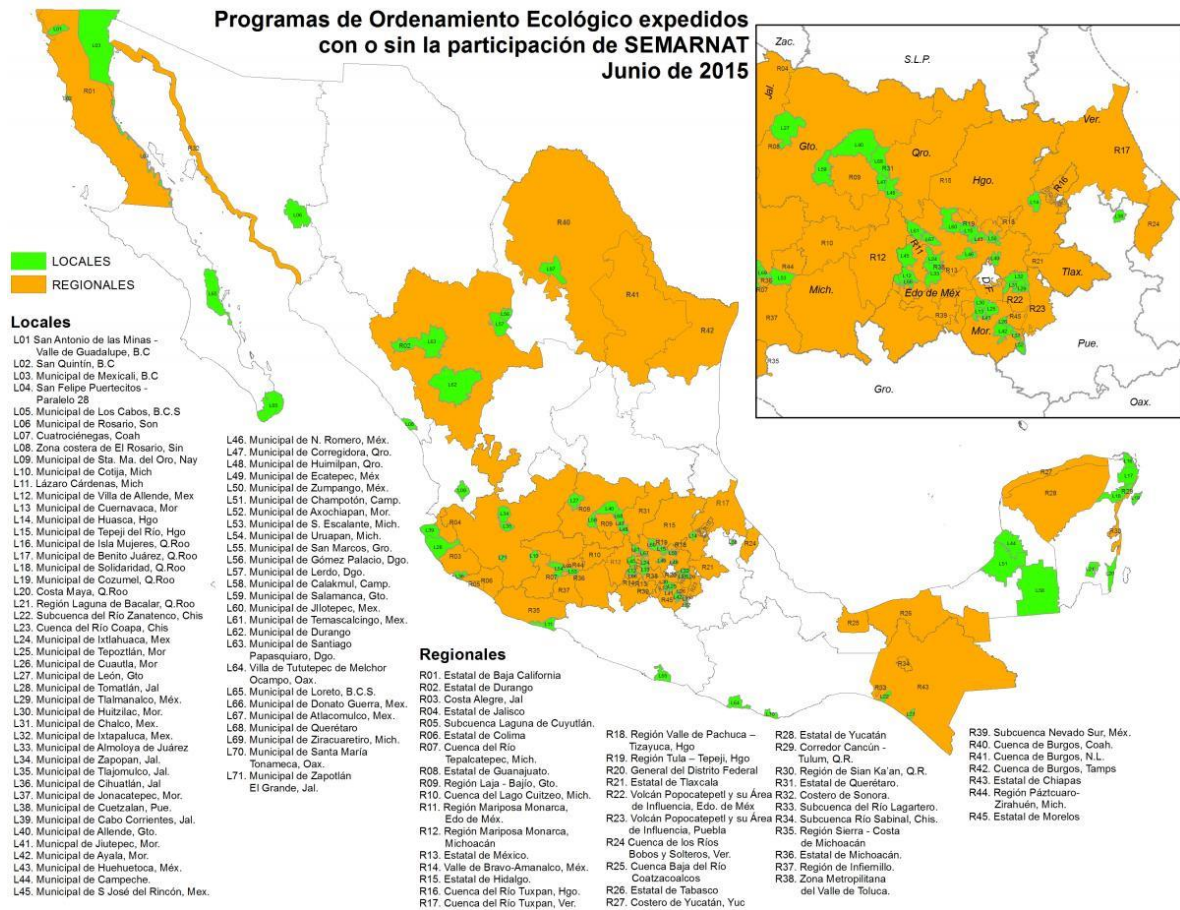


Figura III.5. Programas de Ordenamiento que no aplican al proyecto.

Dentro de los programas de ordenamiento listados, no se prevé al Programa de Ordenamiento Ecológico de las Cuencas Hidrológica de los Ríos Necaxa y Laxaxalpan, ni algún otro que pudiera aplicar al proyecto por su ubicación, razón por la cual no hay vinculación posible con los mismos.

### III.7 Programa de Desarrollo Urbano.

El Plan de Desarrollo Municipal es el instrumento para articular las demandas del pueblo y ordenar las acciones para su cumplimiento, por ello el Plan tiene como prioridad un alto sentido social en el que se proponen como base la unidad y la coordinación entre los diferentes niveles de la sociedad para que se fusionen siempre en beneficio de la población.

El proyecto se ubica dentro de la demarcación territorial del Municipio de Tlapacoya, Estado de Puebla, dicha entidad Municipal a la fecha no cuenta con un Programa de Desarrollo Urbano vigente, de tal suerte que no existe disposiciones o criterios específicos establecidos por la Autoridad Municipal que regulen el uso de suelo, no obstante como se ha evidenciado a lo largo del presente Capítulo III, el proyecto resulta totalmente viable y no contraviene políticas de uso de suelo de carácter general o estatal que comprometan la viabilidad de la zona en cuanto a aprovechamiento de suelo y recursos naturales.

### III.8 Normas Oficiales Mexicanas.

En este apartado, se hace un análisis de la normatividad ambiental aplicable al proyecto que nos ocupa agua, aire, residuos, ruido, suelo y flora y fauna.

**Tabla III.14. Normas Oficiales Mexicanas vinculadas al proyecto.**

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con el Proyecto
<b>AGUA</b>	
<i>NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua-Que establece las</i>	Para la realización del proyecto se observará lo previsto en la especificación 4.4.3, en el

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con el Proyecto
<p><i>especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.</i></p>	<p>que establece que las presas de almacenamiento y regulación, los volúmenes aprovechables de aguas superficiales, su distribución y usos por cada sistema o subsistema de usuarios de la cuenca, serán establecidos en los reglamentos y disposiciones de la Comisión y, serán determinados con base en los volúmenes de agua almacenados en los embalses naturales y artificiales al inicio del ciclo de interés y considerando, con base en datos históricos, el escurrimiento probable del mismo ciclo, así como el estudio hidrológico y de funcionamiento de embalses correspondiente.</p>
<b>AIRE</b>	
<p><i>NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.</i></p>	<p>El proyecto se vincula con las normas en cita, en materia de emisiones a la atmósfera principalmente en las etapas de preparación del sitio y construcción, con la utilización de la maquinaria y equipo, en el que deberán operar óptimas condiciones y en caso contrario reemplazarlos por otros que si se encuentren en perfectas condiciones, a fin de cumplir con los límites establecidos en los parámetros de emisión de gases.</p>
<p><i>NOM-045-SEMARNAT-2006, Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diesel como combustible.- Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.</i></p>	
<b>RESIDUOS</b>	
<p><i>NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.</i></p>	<p>En lo que se refiere al manejo de residuos no peligrosos, se implementará un Programa de Manejo de Residuos, para ello se contemplan actividades de recolección, transporte y disposición final de los residuos municipales.</p>

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con el Proyecto
<p><i>NOM-054-SEMARNAT-1993 Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.</i></p>	<p>En torno al manejo de residuos peligrosos, de acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, el proyecto que nos ocupa, se considera como un microgenerador de residuos peligrosos, tales como los residuos líquidos de aceites provenientes de la maquinaria utiliza durante el proceso constructivo del proyecto, entre otros, por lo que, se dará cumplimiento a los lineamientos establecidos en esta Ley con un Programa de Manejo de Residuos que contemplen actividades tales como envasado, almacenamiento, recolección y transporte, así como tratamiento y/o disposición final de los residuos. Asimismo, se dará cumplimiento a las normas oficiales mexicanas para la identificación y caracterización de los mismos, así como el manejo de los residuos de acuerdo a la incompatibilidad conforme a las características de cada uno de los residuos de acuerdo a las normas en cita.</p>
<b>RUIDO</b>	
<p><i>NOM-080-SEMARNAT-1994.- Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.</i></p>	<p>Esta norma se vincula con el proyecto particularmente en la etapa de preparación y construcción, debido a la utilización de vehículos y/o maquinaria. Por lo tanto, es de observancia obligatoria para todo tipo de vehículos el cumplimiento de esta norma, los cuales deberán garantizar sus condiciones óptimas de operación, a fin de cumplir con los límites establecidos en emisión de ruido.</p>
<p><i>NOM-081-SEMARNAT-1994.- Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición</i></p>	<p>La ubicación de las instalaciones referidas, limitan la probable afectación al ser humano, los operarios dispondrán de equipo que mitiga el ruido, no obstante se considerarán lo establecido en dicha norma.</p>

Norma Oficial Mexicana	Vinculación con el Proyecto
<b>SUELO</b>	
<p><i>NOM-138-SEMARNAT-SSA1-2012 Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.</i></p>	<p>Durante el desarrollo del proyecto se llevaran a cabo, las precauciones y las medidas de seguridad a fin de evitar algún derrame de hidrocarburos (gasolina, diesel, aceites, etc.) al suelo por el manejo de maquinaria y equipo particularmente en la etapa constructiva. En caso de derrame se deberá proceder de inmediato con la remediación correspondiente a través de una empresa competente que cuente con la tecnología adecuada para ello, y en consecuencia la aplicación de la norma en cita.</p>
<b>FLORA Y FAUNA</b>	
<p><i>NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección Ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- lista de especies en riesgo.</i></p>	<p>En la caracterización ambiental del sitio determinada en la presente MIA-R, se detectaron especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo las categorías de Amenazada) y Protección Especial en la zona de embalse y en el sistema ambiental regional del proyecto (ver capítulo IV), para lo cual se implementarán los Programas de Manejo Integral de Flora y Fauna.</p>

***CAPÍTULO IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN.***



## **IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN**

### **IV.1. Delimitación y justificación del Sistema Ambiental Regional donde se pretende establecer el proyecto**

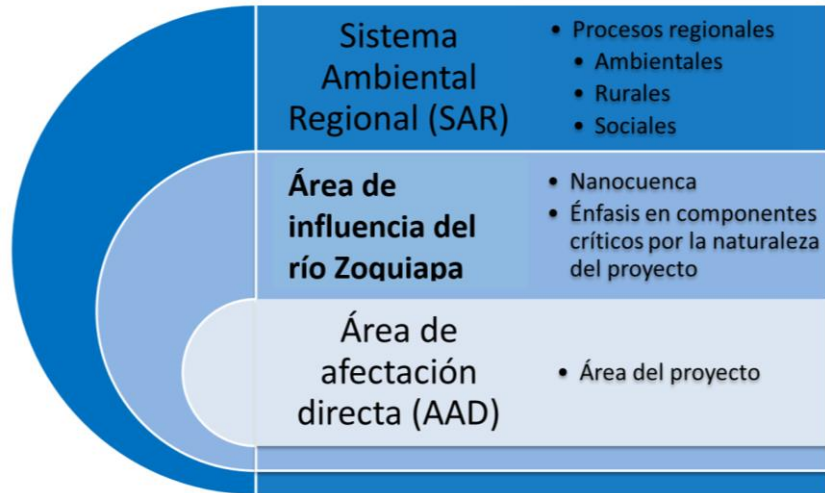
El Sistema Ambiental Regional (SAR) propuesto para el proyecto, se definió desde un enfoque ecosistémico considerando las características de los procesos y componentes ambientales que potencialmente interactúen con el proyecto. El enfoque sistémico posibilita la definición y eslabonamiento de escalas espaciales y temporales; la articulación de niveles de integración espacial y funcional de manera taxonómica, jerárquica y anidada; así como los procesos que caracterizan cada componente ambiental, cada nivel de integración y el sistema en su conjunto.

#### **IV.1.1. Niveles de Referencia**

Para el desarrollo de este capítulo se toma como punto de partida la aproximación conceptual metodológica que define al ambiente como un sistema complejo, el cual se caracteriza principalmente por la confluencia de procesos que funcionan como una totalidad organizada; esto es que está conformado por subsistemas, cuyas relaciones e interacciones definen una estructura que funcionan como un conjunto que, a su vez, presenta diferentes niveles de organización y manifestación espacio temporal, y los cuales pueden ser observados de acuerdo a la escala de estudio.

Se propone el siguiente esquema con el fin de explicitar la articulación de los distintos niveles de organización a partir del cual es posible identificar las características, relaciones y procesos que se establecen entre componentes ambientales, así como el papel y grado de influencia que cada uno de ellos tiene dentro de la configuración y dinámica funcional del SAR, destacándose los aspectos que se analizan en cada nivel de referencia:

- Sistema Ambiental Regional (SAR).
- Área de influencia del río Zoquiapa (nanocuenca).
- Área de afectación directa (AAD) o área del proyecto.



**Figura IV. 1** Niveles de organización funcional y marco de referencia empleado para el Sistema Ambiental Regional.

#### **IV.1.2. Delimitación del SAR, Área de influencia del río Zoquiapa (nanocuenca) y Área de afectación directa (área del proyecto)**

El SAR se concibe como el espacio geográfico en el cual ocurren diversos procesos ambientales, tanto físicos como biológicos. En ese sistema se encuentran ecosistemas cuyos elementos y procesos biológicos interactúan de manera cercana, permitiendo la continuidad de los ecosistemas a largo plazo.

El criterio principal para la delimitación del SAR es de carácter físico-geográfico con énfasis en la hidrología superficial. De esta manera, la unidad geográfica básica de referencia es la cuenca hidrográfica, ya que ésta aproximación conceptual es reconocida por diversos autores como una forma ampliamente aceptada para la gestión de recursos debido a que permite delimitar una porción del territorio a partir de la cual es posible tener una lectura integrada de los diversos componentes ambientales, sociales, culturales y económicos, y las relaciones que se establecen

entre éstos para definir la configuración, dinámica y estado actual de los ecosistemas que en él se desarrollan.

La cuenca hidrográfica se considera como un sistema abierto en el cual es posible comprender espacial y temporalmente el comportamiento y dinámica de los flujos hídricos, superficiales y subterráneos, así como los flujos de nutrientes, materia y energía que se establecen en el complejo mosaico que conforman el conjunto de paisajes terrestres, acuáticos y sus interfaces, es decir, los ecosistemas.

Ahora bien, considerando que el sistema hidrográfico constituye la principal unidad de análisis, para la delimitación del SAR se identificaron las diferentes escalas especiales dentro de la cuenca hidrográfica y se ajustó según lo requirió el funcionamiento del ecosistema.

Así, con base en el análisis de la configuración topográfica, geomorfológica y la hipsometría del relieve, se identificaron los interfluvios y se señalaron las divisorias de aguas locales (parteaguas locales) que en conjunto conforman las unidades hidrográficas donde se pretende desarrollar el proyecto: *Región hidrológica – cuenca – subcuenca – microcuenca – nanocuenca* (ver la siguiente tabla).

**Tabla IV. 1 Unidades Hidrográficas**

UNIDADES HIDROGRÁFICAS	NOMBRE	EXTENSIÓN km <sup>2</sup>
Región hidrológica	Tuxpan - Nautla	
Cuenca	Río Tecolutla	7,950.05
Subcuenca	Río Laxaxalpan (Tecuatepec - Apulco)	1,608.16
<b>Microcuenca (SAR)</b>	Ajaljalpan	131.35
Nanocuenca (Área de influencia del R. Zoquiapa)	Río Zoquiapa	12.73

Una vez identificadas las diferentes unidades hidrográficas, la selección de la unidad representativa del funcionamiento y estructura del SAR se realizó con base al principal colector de agua a escala regional, siendo este el río Ajajalpan. Aun cuando el proyecto no aprovechará el recurso hídrico del río Ajajalpan, sí hará uso del río Zoquiapa – tributario del río Ajajalpan. Desde

este punto de vista la **microcuenca** del río Ajajalpan constituye para el presente proyecto el límite del SAR, su extensión es de 13,113.524 ha (ver la siguiente figura).

Para el presente proyecto, la microcuenca (SAR) es la unidad hidrográfica de análisis que permite relacionar la organización social, económica y operativa además de la perspectiva hidrológica y territorial que da sus límites naturales, siendo así esta unidad básica un área que presenta una continuidad ambiental, en donde se da el mayor aprovechamiento de los recursos naturales que en ella persisten. Entendiéndose como el espacio en donde ocurren las interacciones más fuertes entre el uso y manejo de los recursos naturales (acción antrópica), y el comportamiento de estos mismos recursos a nivel regional (acción del ambiente) (FAO, 2000).

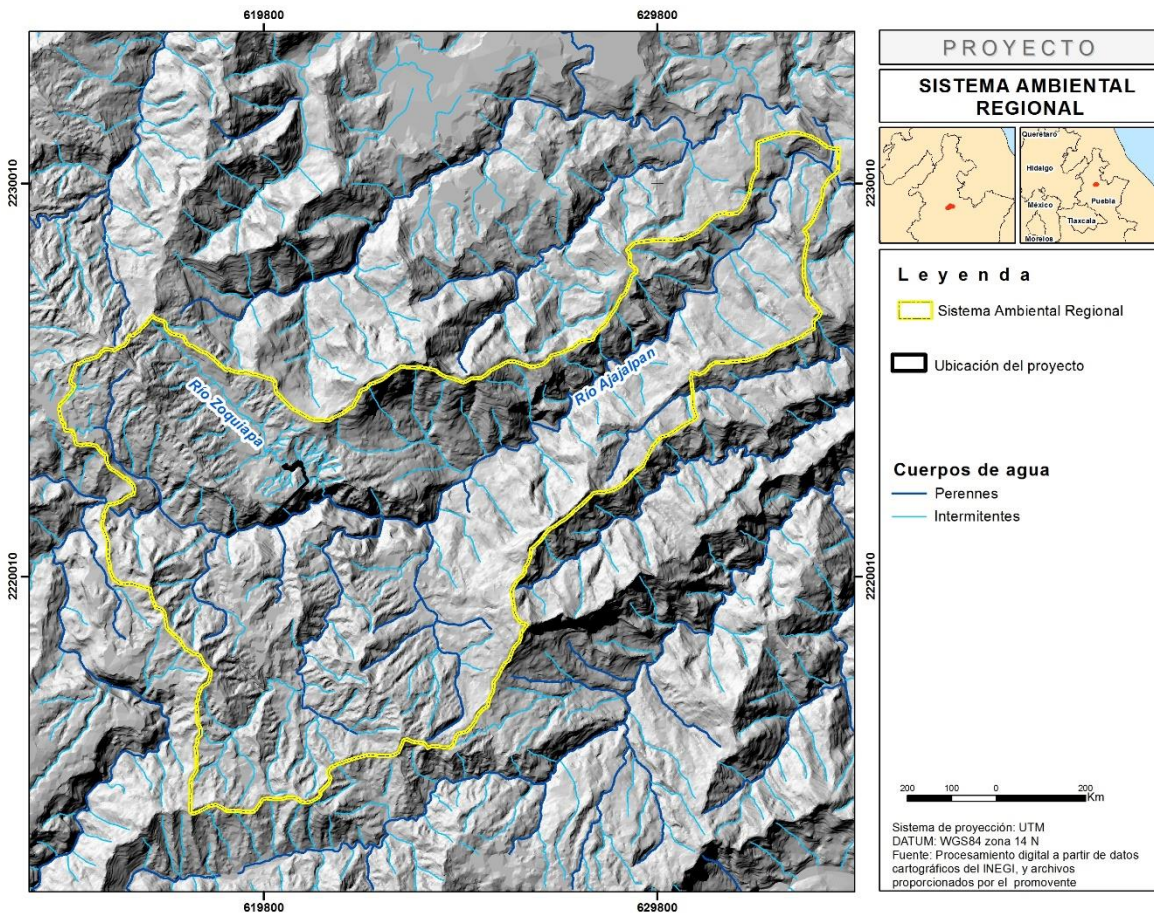
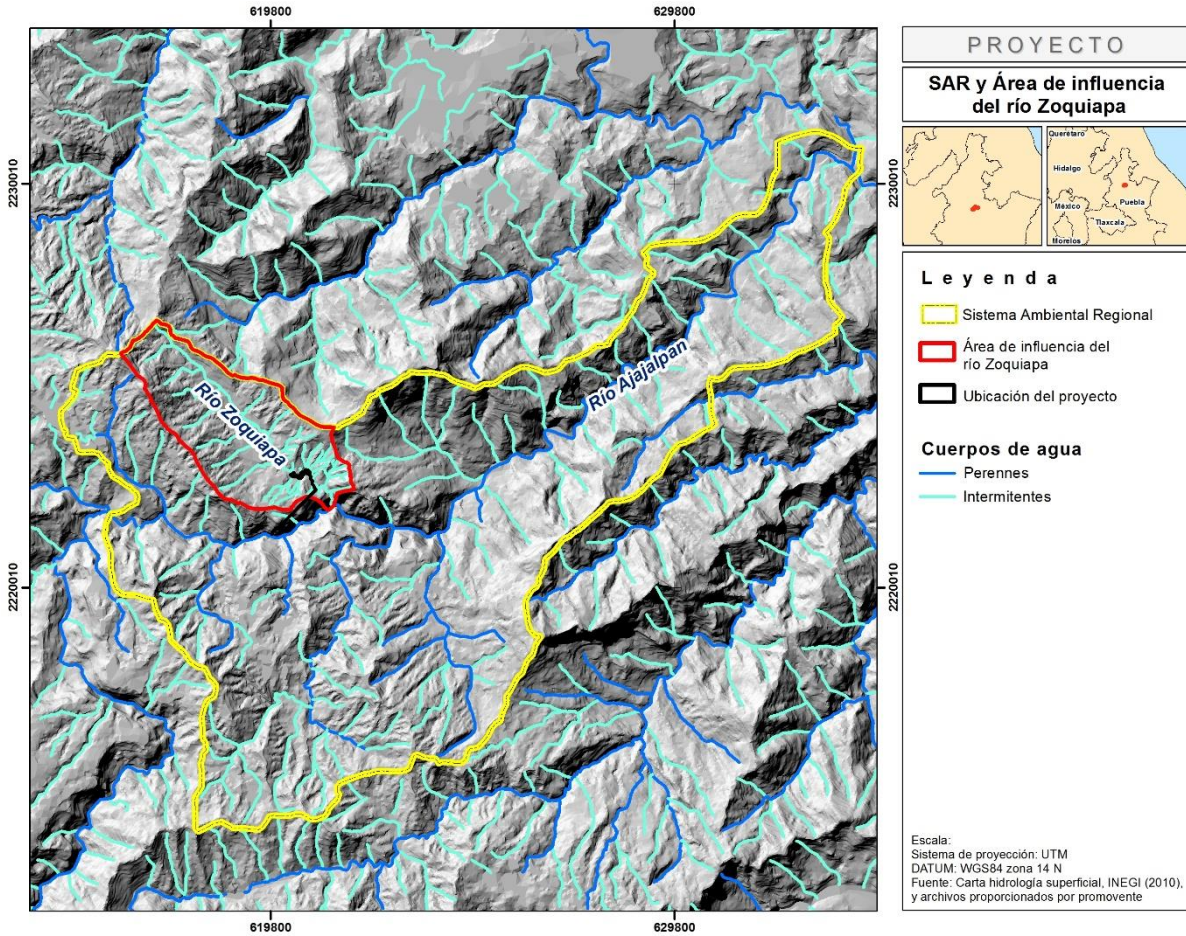


Figura IV. 2 Ubicación del Sistema Ambiental Regional (SAR).

#### IV.1.3. Identificación del Área de Influencia del Zoquiapa

Con la finalidad de caracterizar y analizar el funcionamiento hidrológico del Río Zoquiapa que es el cauce donde se ubicará el proyecto, se procedió a delimitar la superficie de captación del río Zoquiapa obteniendo así el límite de su nanocuenca. Así de esta forma los procesos hidrológicos y de sedimentación solamente pueden ser definidos en una escala de análisis más fina que la microcuenca, motivo por el cual la **nanocuenca** donde se emplazará el proyecto se determinó como el Área de Influencia del río Zoquiapa (ver la siguiente figura).

Cabe aclarar que el Área de influencia del río Zoquiapa, NO representa el área de influencia del proyecto, ya que su objetivo es integrar dentro de la unidad hidrográfica (nanocuenca) el comportamiento y dinámica de los flujos hídricos superficiales, así como los flujos de nutrientes, materia y energía que contribuyen al funcionamiento del R. Zoquiapa, lo cual resulta importante para determinar e identificar los impactos ambientales que puede generar el proyecto en la estructura y funcionamiento del SAR.



**Figura IV. 3** Delimitación del Área de influencia del río Zoquiapa o nanocuenca (está inmersa en el SAR).

Con base a lo anterior, para el presente proyecto el término *nanocuenca* y *Área de influencia del río Zoquiapa*, son equivalentes y hace referencia a la unidad hidrográfica que explica la interacción de los diferentes componentes que dan lugar a los actuales procesos que ocurren en el sitio de emplazamiento del proyecto. El Área de influencia del río Zoquiapa o nanocuenca cuenta con una superficie de 1,273 has, lo que tan sólo representa el 9.70% de la superficie del SAR (13,113.524 ha).

A este nivel es posible delimitar espacial y temporalmente la organización y arreglo de los componentes ambientales a través de la identificación de patrones únicos y diferenciables, vinculándose de manera jerárquica y taxonómica hacia niveles inferiores, es decir, la

diferenciación de áreas homogéneas a partir de las cuales es posible determinar las posibles interacciones del proyecto en sus diferentes etapas y sus componentes.

#### IV.1.4. Área de afectación directa (AAD) o área del proyecto

Este nivel jerárquico se refiere a la escala más detallada de análisis, esto es a nivel del límite del polígono del proyecto y área aprovechable del predio, en el cual se pone un mayor énfasis en los componentes críticos del SAR considerando la naturaleza y características del proyecto mismo.

Este nivel es importante porque permite reconocer el impacto que ejercerá directamente el proyecto sobre los componentes abióticos y bióticos del área de influencia del río Zoquiapa y del mismo SAR. La superficie correspondiente al área de afectación correspondiente al *área del proyecto*, se describe en el capítulo II de la presente MIA.

En la siguiente figura se muestra el área de afectación del proyecto ó área del proyecto.

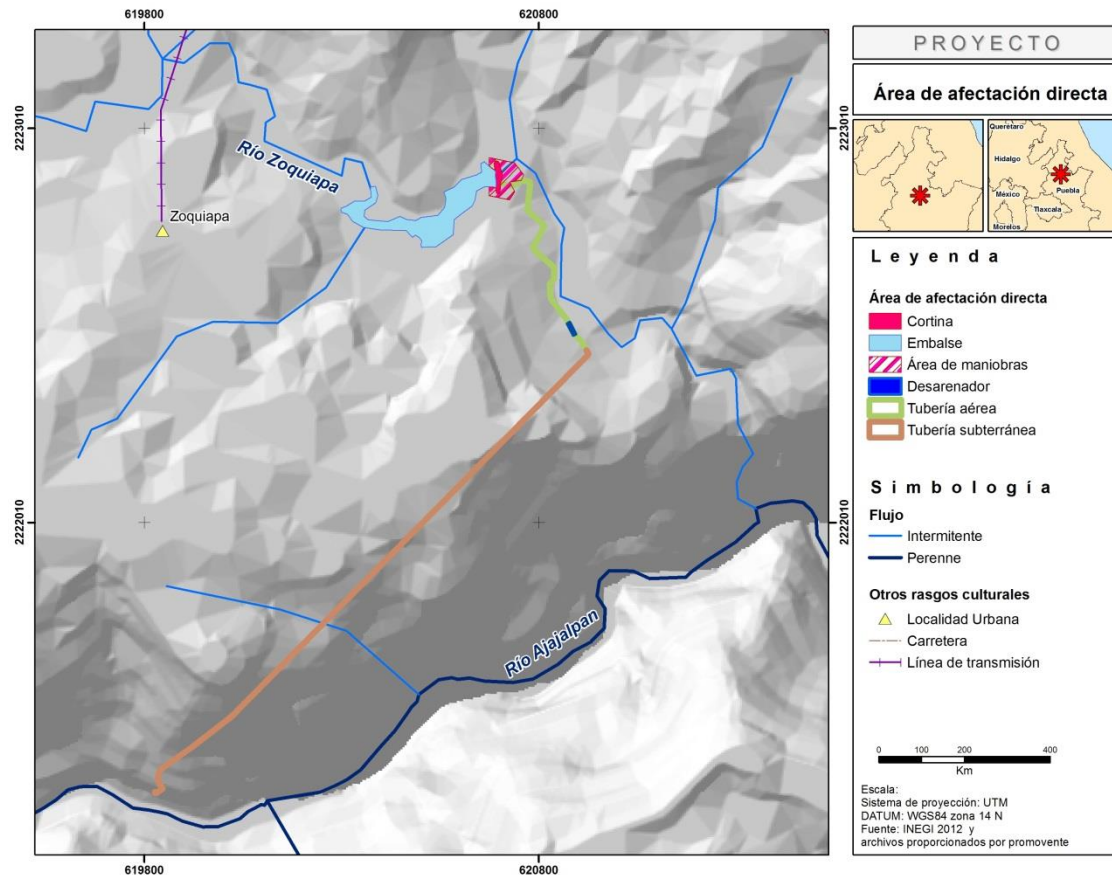


Figura IV. 4 Área de afectación directa o área del proyecto.

## **IV.2. Descripción del Sistema Ambiental Regional y análisis retrospectivo de la calidad ambiental.**

En este capítulo se han considerado si existe algún emplazamiento o cercanía de las regiones prioritarias establecidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) con respecto al SAR. Estas regiones son importantes porque marcan una primera línea base del estado de conservación y/o deterioro del ecosistema.

### **IV.2.1. Medio abiótico**

#### **IV. 2.1.1. Clima**

El clima del SAR se encuentra influenciado por la Sierra Norte de Puebla, la cual se extiende con dirección noreste hacia el Estado de Veracruz donde abruptamente corta la cadena montañosa, en esta región se hace presente un clima semicálido húmedo, por lo tanto el clima predominante en el SAR es el (A) C(fm). Este tipo de clima se caracteriza por presentar una temperatura media anual mayor a los 18° C, con una temperatura del mes más frío menor a los 18°C, la temperatura del mes más cálido es mayor a 22°C y la precipitación del mes más seco es mayor de 40 mm; lluvias entre verano e invierno y porcentaje de lluvia invernal menor a 18% del total anual (ver la siguiente figura).



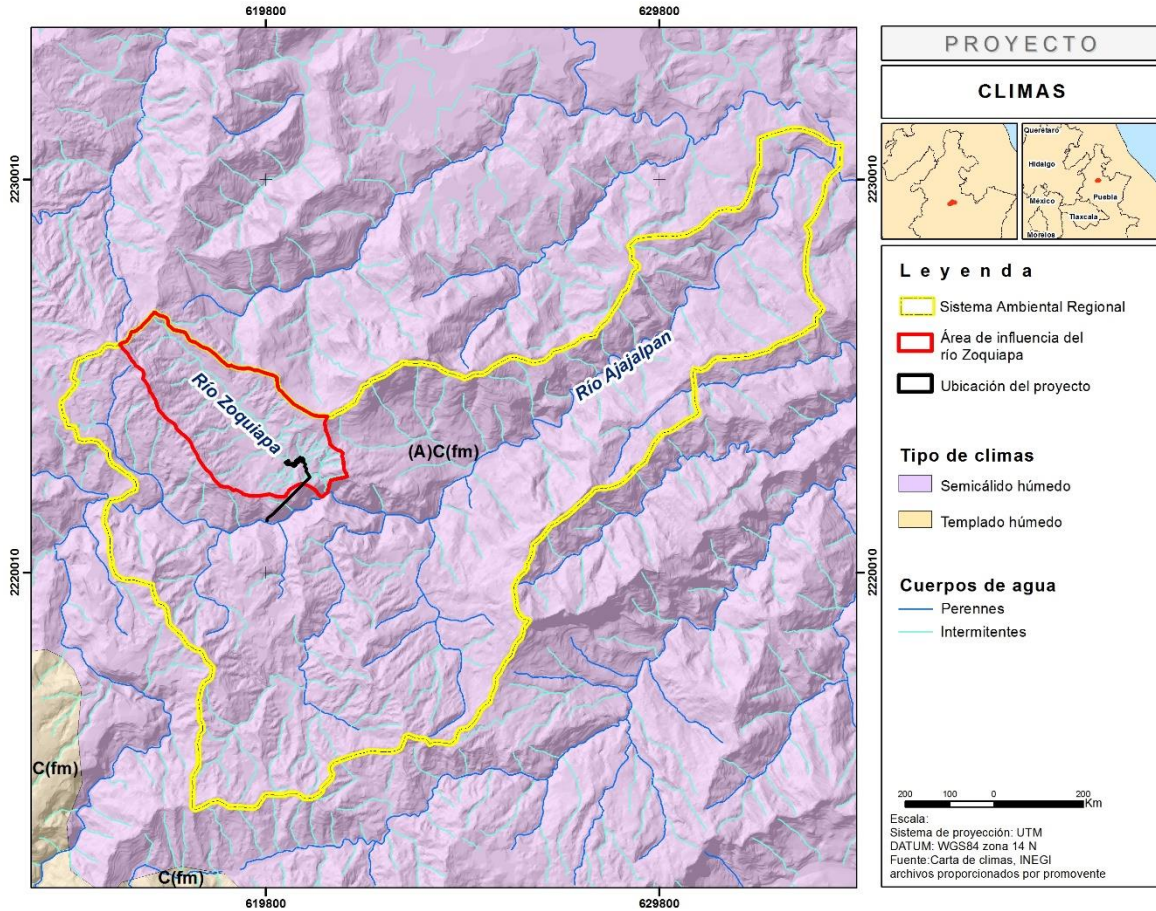


Figura IV. 5 Clima del SAR.

Dentro del SAR no se localizan estaciones meteorológicas, sin embargo con la finalidad de contar con datos climatológicos, se retomaron las estaciones más cercanas al SAR.

Los datos analizados se obtuvieron de registros históricos durante el período 1980-2010, estos datos fueron de precipitación normal, anual y mensual, temperatura normal, mensual y anual, número de días lluviosos anuales y mensuales. En la siguiente tabla se indican las estaciones más cercanas al SAR, (ver la siguiente tabla).

**Tabla IV. 2 Estaciones meteorológicas cercanas al SAR.**

Estación	Clave	Altitud	Latitud	Longitud
Zacatlán	00021107	2,084	19°57'36" N	97°57'36" W
Jopala	00021051	681	20°11'49" N	97°48'35" W
Coamanala	00021041	1,675	20°05'00" N	98°01'00" W

## Temperatura

La altitud del terreno ocasiona diferencias de temperatura en el SAR. Se calcula que por cada 100 m de aumento de altitud, la temperatura disminuye en promedio 0.65°C (García, 1983). La temperatura media anual de las estaciones meteorológicas oscila entre los 11.7° a 25.5°C, siendo la estación Jopala en la que se registran las temperaturas más altas durante el año, presentando una media anual de 21.9 °C, con una máxima de 19.8°C en el mes de junio y una mínima de 12.6°C en enero. Las temperaturas más bajas se registran en la estación Zacatlán, en la cual el promedio de temperatura media anual es de 14.3°C, donde la máxima es en el mes de junio con 21.7°C y la mínima en el mes de enero con 4.9 °C (ver las dos siguientes figuras).

La estación Coamanala tiene un promedio de temperatura media anual de 16.5°C, presentando su temperatura máxima en el mes de mayo con 26.6°C y la mínima en el mes de enero con 7.6°C (ver las dos siguientes figuras). En general el SAR presenta temperaturas frescas todo el año, presentando la máxima temperatura cuando comienza la temporada de lluvias en el mes de junio, continuando con altas temperaturas hasta el mes de septiembre, cuando finaliza la temporada de lluvias disminuye un poco.

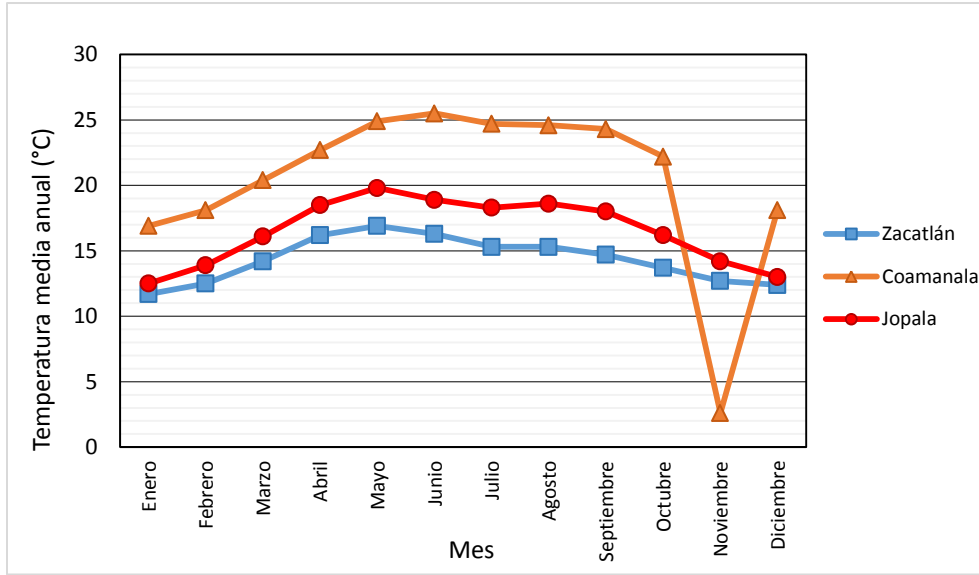


Figura IV. 6 Temperatura media anual de las estaciones meteorológicas.

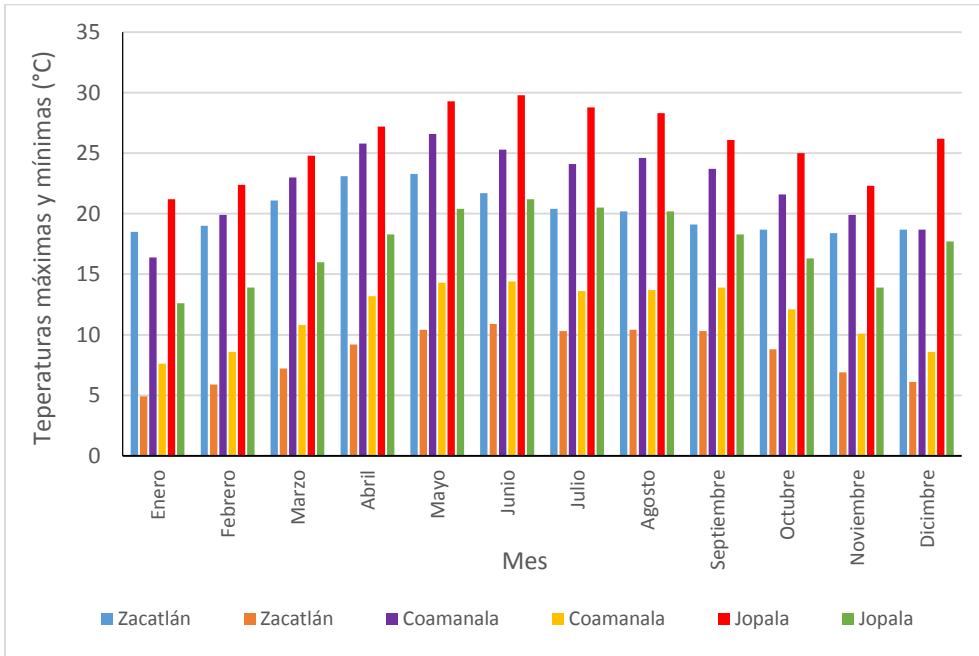


Figura IV. 7 Temperatura máxima y mínima de las estaciones meteorológicas.

## MIA REGIONAL PARA EL "PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)"

El relieve dominante en el SAR es la sierra alta escarpada, manteniendo altitudes elevadas y pendientes abruptas en toda su superficie, por lo que las condiciones de temperatura y precipitación no van a ser muy variables a lo largo de este. Solamente a lo largo del valle del río Ajajalpan es donde se puede observar temperaturas ligeramente más altas con respecto a SAR, esto debido a que el fondo del valle es la parte más baja del relieve (ver la siguiente figura).

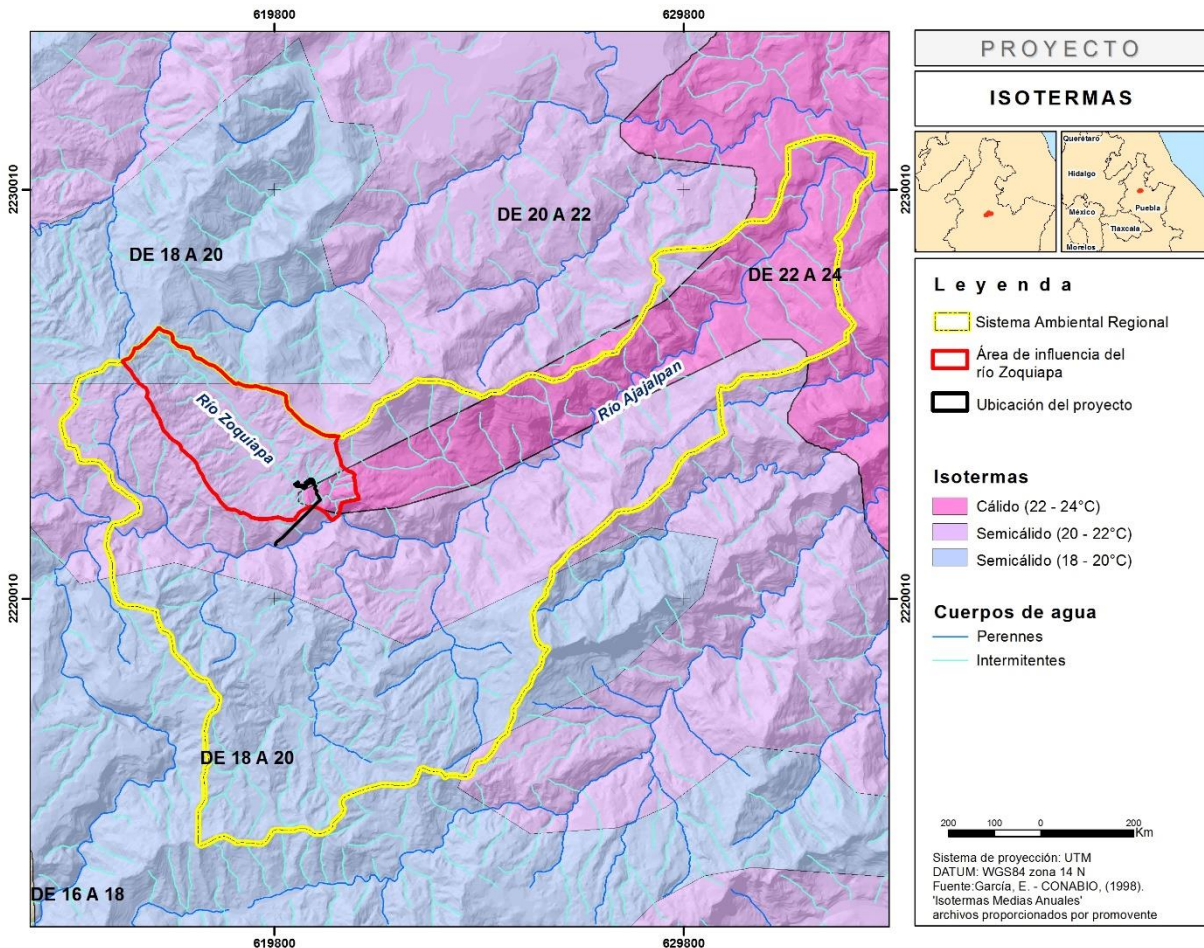
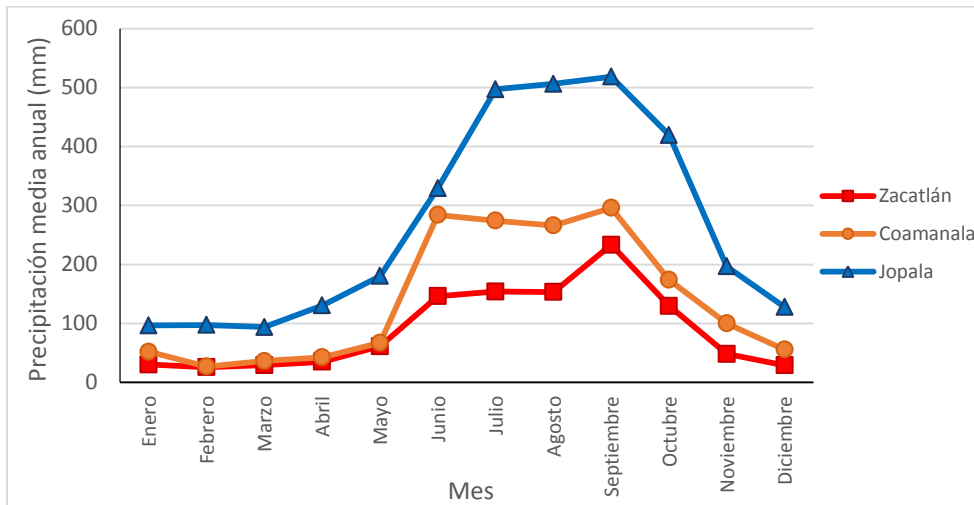


Figura IV. 8 Isotermas medias anuales en el SAR.

## Precipitación

El promedio de la precipitación media anual para las estaciones es de 2,002.5 mm al año. La precipitación varía un poco entre las estaciones de Zacatlán y Coamanala; sin embargo, se observa una variación mucho mayor de estas con la de Jopala. La estación Zacatlán presenta las precipitaciones más bajas con respecto a las otras, en donde la precipitación media es de 1,075 mm al año, con una máxima precipitación de 233.2 mm en el mes de septiembre, y una mínima de 25.9 mm en el mes de febrero. Para Coamanala se observó un promedio de precipitación media anual de 1,675.3 mm, al igual que la estación Zacatlán presenta la máxima precipitación en el mes de septiembre con 296 mm y la mínima en febrero con 26.8 mm, aunque es notorio que presenta precipitaciones mayores a Zacatlán. Por último la estación Jopala presento las mayores precipitaciones, en donde el promedio de precipitación media es de 3,257 mm, con una máxima de 518.6 mm en septiembre, al igual que las otras estaciones, pero con una mínima de 93.9 mm en el mes de marzo a diferencia de las otras estaciones que presentan su mínima en el mes de febrero. Con base en esto se observó que la temporada de lluvias para la región comienza en junio y termina en octubre (ver la siguiente figura).

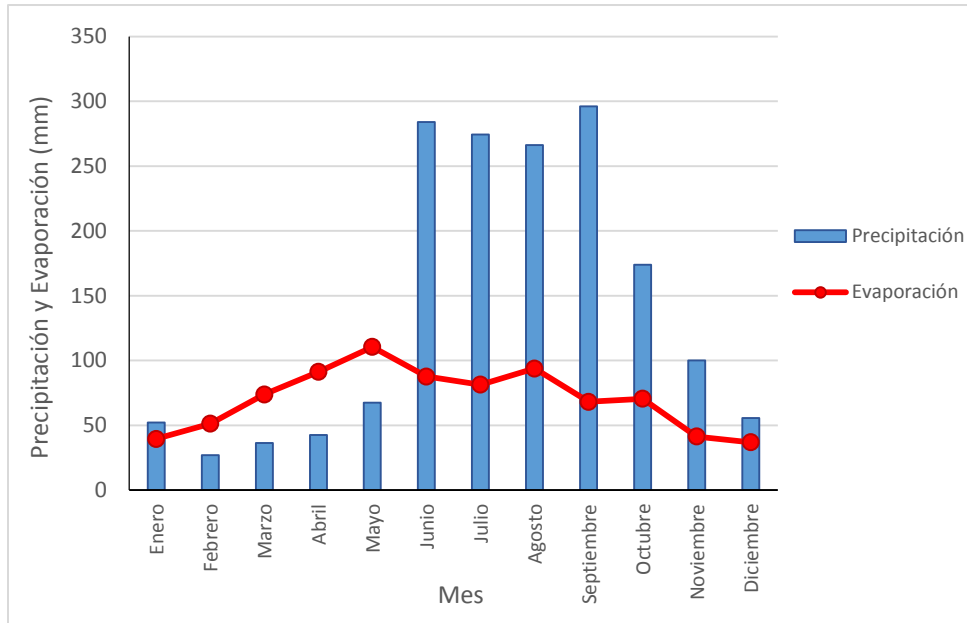


**Figura IV. 9** Precipitación anual de las estaciones meteorológicas.

## Evaporación

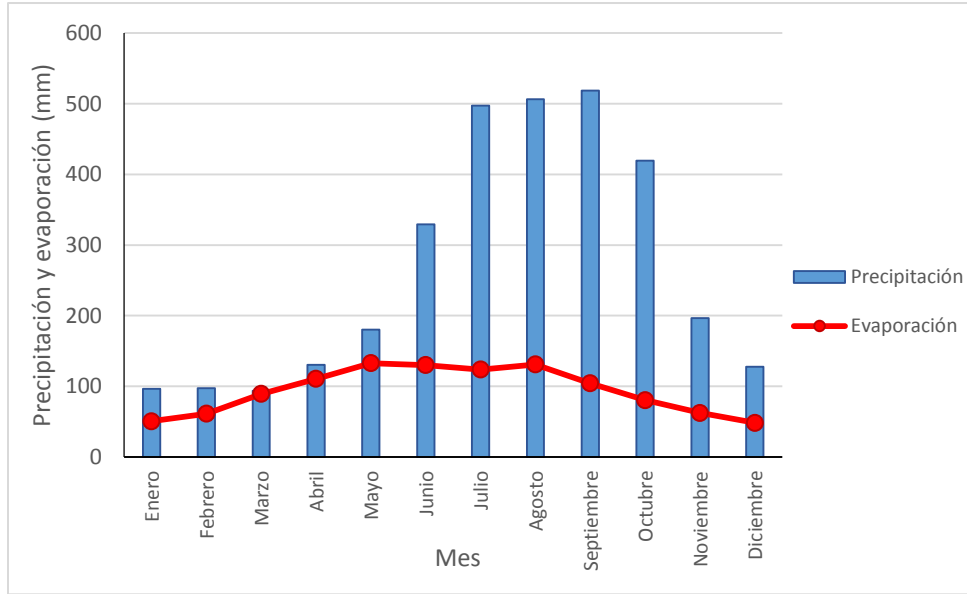
Este parámetro tiene relevancia ya que el agua que cae de la lluvia tiene diversos destinos, en donde una porción de la lluvia nunca llega a la superficie porque es interceptada por la vegetación, y se mantiene en las hojas de las plantas o árboles hasta que se evapora nuevamente. Otra porción del agua que llega al terreno caerá sobre roca impermeable desnuda o sobre superficies pavimentadas creadas por el hombre; aparte del agua que se colecta en depresiones donde permanece ahí hasta que se evapora, parte de ella escurrirá a lo largo de los cauces de avenamiento naturales o por canales superficiales. La porción restante alcanza el suelo (o roca permeable), y es precisamente la condición, y el tipo de roca y suelo, los que determinan en gran parte el destino del agua de allí en adelante. En forma general la precipitación sobre el suelo tiene tres opciones: 1) evaporarse, ya sea directamente o por transpiración de la vegetación después de ser tomada por las raíces de las plantas; 2) escurrir sobre la superficie del suelo o viajar a poca profundidad por los diferentes estratos profundos hasta alcanzar una corriente pequeña; o 3) infiltrarse en estratos más profundos o formaciones geológicas adyacentes como es el caso de la recarga de acuíferos (Prince, 2003).

Si la evaporación es mayor a la precipitación hay un déficit de humedad en el suelo que impide en ocasiones el buen desarrollo de la vegetación herbácea y de cultivos (Universidad Autónoma de Chapingo, 2006). Tomando como referencia los datos de evaporación de las estaciones meteorológicas Coamanala y Jopala, ya que no hay datos disponibles para Zacatlán; en la primera estación la evaporación media anual es de 845.5 mm, mientras que la lluvia registrada es de 1,675.3 mm, notándose que no hay déficit de humedad; sin embargo, al analizar los datos por mes registrados, puede notarse que en los meses de febrero a mayo si hay un déficit de humedad, lo cual es explicable ya que son los meses con menos precipitación y por lo tanto con menos días nublados, y en el caso de mayo registra una temperatura de las más altas, igualmente hay menos días con niebla, aspectos que sumados contribuyen a aumentar la evaporación (ver la siguiente figura).



**Figura IV. 10** Precipitación y evaporación media anual de la estación meteorológica Coamanala

Para la estación Jopala se presenta una evaporación media anual de 1,125 mm, con una precipitación de 3,257 mm, por lo que al igual que la estación anterior no se presenta un déficit de humedad. Al analizar los datos por mes se observa que la precipitación es mayor a la evaporación durante el año (ver la siguiente figura).



**Figura IV. 11** Precipitación y evaporación media anual de la estación meteorológica Jopala.

### Vientos

Por su ubicación en la Sierra Madre Oriental, el SAR presenta vientos dominantes la mayor parte del año provenientes del este (Golfo de México), a excepción de los meses de noviembre a febrero donde dominan los vientos del noreste conocidos como “nortes” (Universidad Autónoma de Chapingo, 2006).

### Riesgos de origen hidrometeorológico

La intensidad con la que ocurren los cambios climáticos en la actualidad se ha incrementado, lo que se traduce en un mayor número y una intensidad mayor de los fenómenos de tipo meteorológicos. Estudios realizados por la Organización Meteorológica Mundial exponen cifras de 50,000 y 100,000 millones de dólares en daños materiales, con la pérdida de alrededor de 250,000 vidas humanas (OMM, 1999) todo esto como resultado de inundaciones y deslizamientos.

A finales de verano y principios de otoño es frecuente la presencia de ciclones en el Atlántico, estos fenómenos toman generalmente una dirección hacia el norte, sobre el Golfo de México, provocando intensas lluvias en la Llanura Costera del Golfo y en la vertiente de la Sierra Madre



Oriental. Los ciclones ocasionalmente toman una dirección hacia el oeste y penetran a tierra desde la Península de Yucatán, chocando a veces con la Sierra o a veces continúan su recorrido por la Llanura Costera. Además de intensas lluvias, traen fuertes vientos, que ocasionan crecidas extraordinarias en las numerosas corrientes superficiales que descienden de la parte alta de la Sierra Madre. Las represas no son suficientes para controlar los caudales extraordinarios, generando con ello severas inundaciones con efectos graves de pérdida de vidas humanas, daños a la infraestructura y afectación de las actividades agrícolas y ganaderas en años recientes (Universidad Autónoma de Chapingo, 2006).

En el caso del SAR su emplazamiento dentro de la Sierra Norte de Puebla, lo vuelve susceptible a la generación de inundaciones, y de procesos de ladera por la presencia de los ciclones tropicales del Atlántico, esto se refleja en los registros de los últimos 37 años, donde la afectación se ha dado por 155 ciclones tropicales de los cuales 20 están catalogados en categoría superior a III (SMN, 2007).

#### **IV. 2.1.2. Geología**

En el ámbito fisiográfico el SAR se ubica en la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental, subprovincia Carso Huasteco (ver la siguiente figura). La Sierra Madre Oriental es un continuo de una cadena montañosa angosta y alargada, situado al oriente del país, que abarca poco más de 800 km de longitud a una amplitud de 80 km de ladera a ladera y la altitud promedio oscila en los 2000 a 3000 msnm (López-Ramos, 1979). En términos geológicos la Sierra Madre Oriental es el producto del levantamiento y deformación de rocas principalmente mesozoicas (Eguiluz de Antuñano *et al.*, 2000).

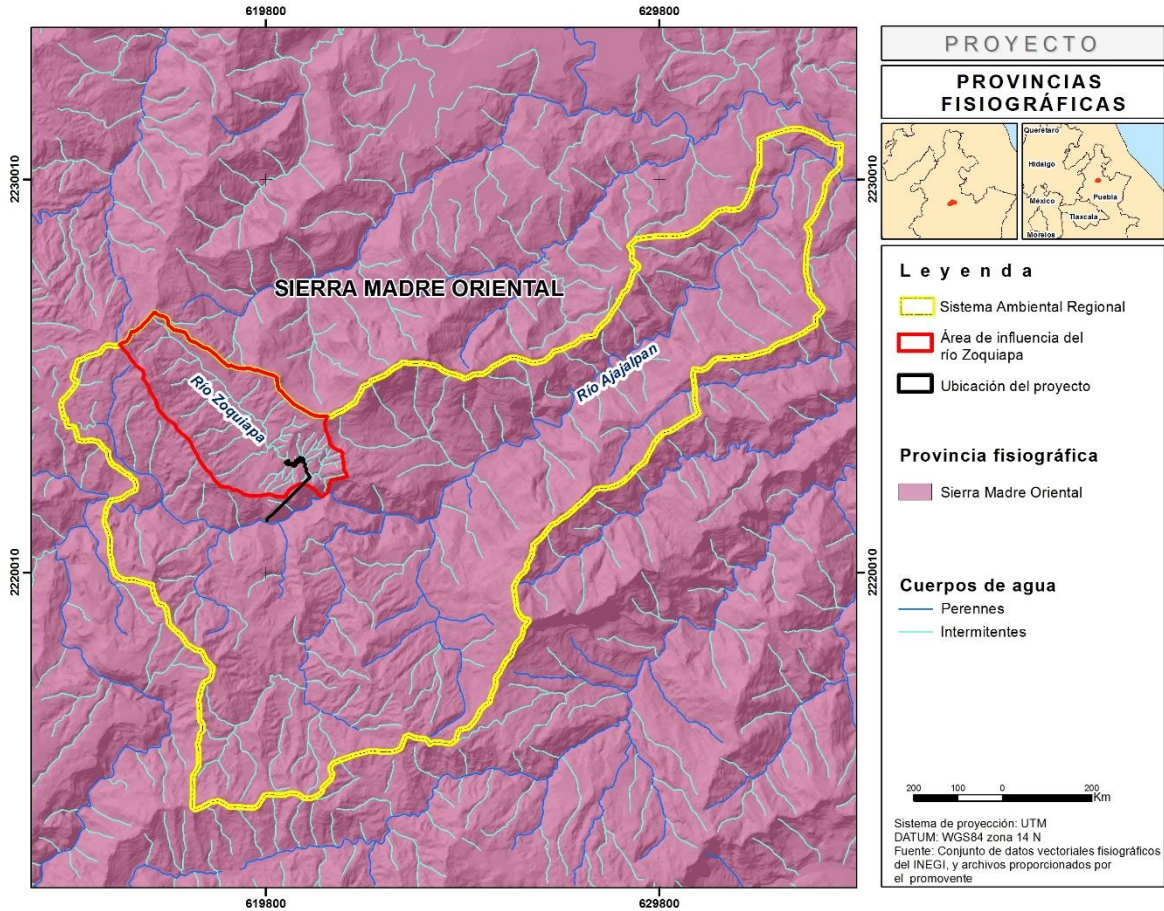


Figura IV. 12 Ubicación del SAR en la Provincia Fisiográfica Carso Huasteco.

El sustrato geológico está constituido por un basamento bastante heterogéneo que data desde la era Paleozoica hasta el Eoceno Superior, se hallan también depósitos volcánicos y derrames. Esto, en conjunto, representa un extenso cinturón de pliegues, ascensos y descensos que se originan desde el noroeste de Coahuila y Nuevo León, y se continúa hasta el sureste de Puebla, donde finalmente desaparece bajo la Faja Volcánica Transmexicana. A largo de la sierra se presenta una secuencia constituida por rocas continentales y marinas, las cuales están cubiertas en algunas partes por derrames de basaltos y depósitos piroclásticos; se estima que es una secuencia Mesozoica, que abarca desde el Jurásico hasta el Cretácico (ver la siguiente figura).

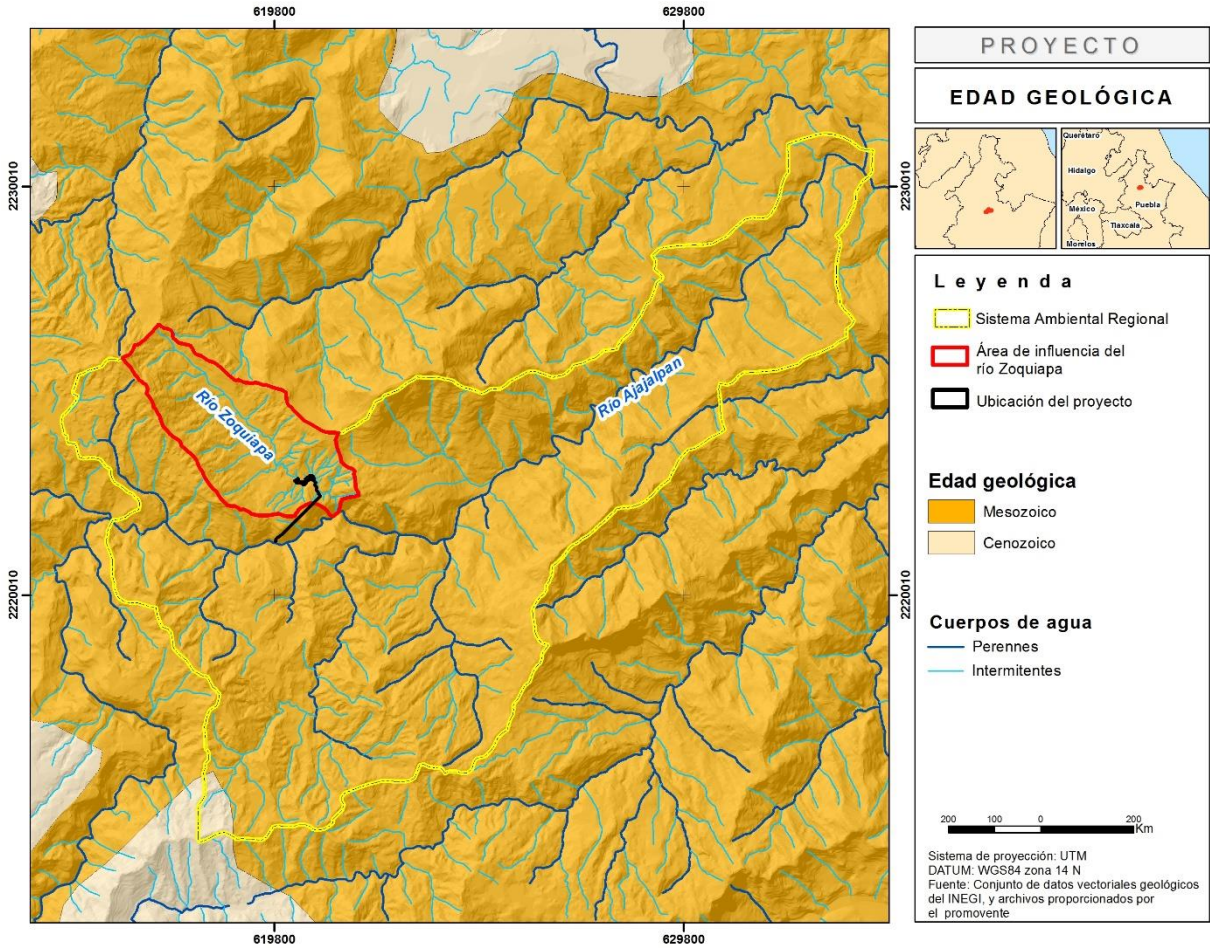


Figura IV. 13 Geología del SAR.

### Estratigrafía y Litología

Dentro del SAR existen 4 tipos de roca, tres de ellas de origen sedimentario y el otro es de origen ígneo extrusivo, cuyas edades van desde el Jurásico superior (limolitas y arenisca), cretácico inferior (calizas) y superior (calizas y lutita), así como el Neógeno (toba ácida). De estos tipos de rocas las sedimentarias ocupan la mayor extensión, teniendo como principal representante a las limolitas y areniscas, seguida por las calizas y lutitas y por último a las calizas. La presencia de tocas ígneas extrusivas dentro del SAR es mínima, observándose únicamente toba ácida (ver la siguiente tabla). A continuación se describe las unidades geológicas presentes, iniciando desde la más antigua a la más reciente (ver la siguiente figura).

Tabla IV. 3 Geología del SAR.

Clase	Tipo de roca	Ha	%
Ígnea extrusiva	Toba ácida	81.82	0.62
Sedimentaria	Limolita-arenisca	6,721.627	65.71
	Caliza-lutita	3,439.58	26.23
	Caliza	2,870.497	21.89

### ***Sedimentarias***

- Jurásico superior (Js)

Limolitas y areniscas (*lm-ar*): A esta unidad geológica se le conoce como Formación Cahuassas. La zona funcional alta y media del SAR se presenta este tipo de material. Carrillo (1959) designó con este nombre a una secuencia de areniscas, limolitas, lutitas y conglomerados de color rojizo que generalmente descansan en discordancia angular sobre sedimentos del Jurásico temprano y subyacente. Las areniscas están clasificadas como litarenitas; de grano fino a medio, de cualquier tipo de mineral o fragmento de roca (Wicander y Monroe, 2000), las rocas limolitas están constituidas por un tamaño de partícula correspondiente al limo que es más fino que las areniscas.

- Cretácico inferior (Ki)

Calizas (*cz*): Esta unidad se encuentra rodeada por rocas del Cretácico Superior. Este tipo de material se ubica en los lomeríos bajos de la zona funcional baja del SAR. El componente principal de las calizas es la calcita de mineral de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). La unidad geológica está constituida por calizas, siendo predominantes las biomicitas con intercalaciones de bandas y nódulos de pedernal color negro y ámbar, presentando en algunos sitios procesos de carstificación en la que se han identificado rasgos de “*lapiaz*” y desarrollo de “*dolinas*”. Estas rocas sobreyacen de manera concordante a otro paquete calcáreo arcilloso del Jurásico superior y se encuentran cubiertas en forma discordante por rocas del Cretácico superior.

- Cretácico superior (Ks)

Calizas y lutitas (*cz-lu*): Comprende una secuencia de rocas correspondientes a las Formaciones Agua Nueva y San Felipe. La formación de Agua Nueva fue definida por Stephenson (1921), e Imlay (1936), se compone de una serie monótona de calizas arcillosas y lutitas carbonosas en forma de placas delgadas. La Formación San Felipe fue definida por Muir (1936), se compone de series heterogéneas de calizas, el contenido de arcilla disminuye. Litológicamente es una secuencia calcáreo-arcillosa constituida por biomicritas, calizas arcillosas y lutitas. Sobreyace a rocas calcáreas del Cretácico inferior y subyace a rocas pelíticas del Cretácico superior. Este material se encuentra ubicado a lo largo del fondo del valle del río Ajajalpan.

### ***Ígneas extrusivas***

- Neógeno (Ts)

Tobas ácidas (*Ta*): Estas rocas se encuentran ubicadas en una pequeña porción al oeste del SAR. Son rocas piroclásticas cuya composición comprende tobas dacíticas, riódacíticas e ignimbritas de color ocre, con fragmentos de feldespatos y pómez, se encuentran sobre rocas sedimentarias como limolitas y areniscas y cubiertas por basaltos (Universidad Autónoma de Chapingo, 2006). Esta unidad cubre de forma discordante a rocas del Jurásico superior así como a las del Cretácico inferior.

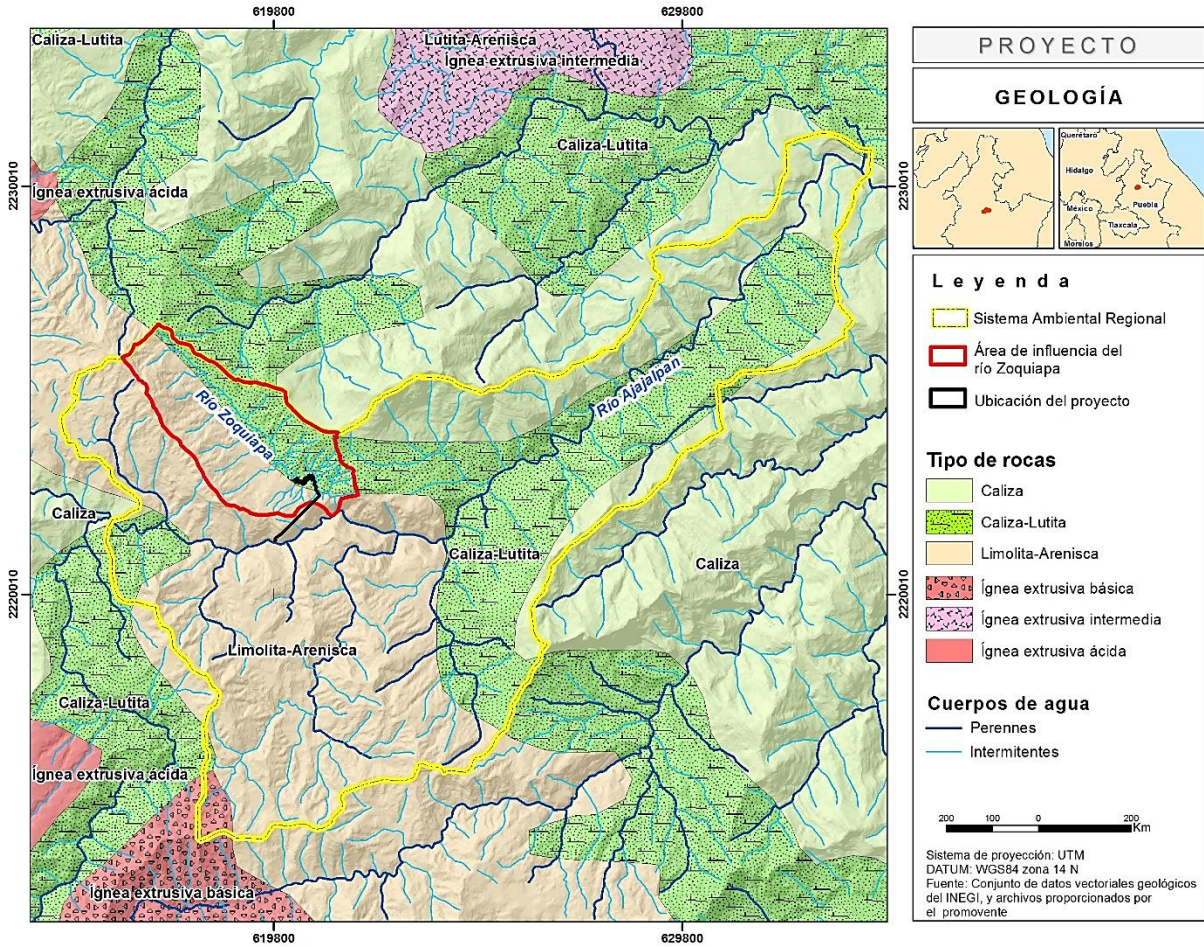


Figura IV. 14 Litología en el SAR.

### Riesgos de origen geológico

La actividad volcánica y tectónica dio como resultado una geología muy variada, que está muy íntimamente ligada a su origen y proceso de formación; en donde este escenario ofrece peculiaridades que dan origen a una compleja problemática de movimientos del terreno que afectan a las regiones montañosas.

La lluvia es uno de los principales factores que afectan la estabilidad de las laderas, muchos deslizamientos ocurren durante o después de los períodos de lluvia, además las áreas donde se registran mayores precipitaciones presentan mayores problemas de estabilidad debido entre otras cosas, a la existencia de caudales de flujo subterráneo y materiales más meteorizados (Cuanalo *et*

al., 2006). El efecto de lluvia depende fundamentalmente de la intensidad, duración y distribución de la tormenta, y el umbral de precipitación para que se presenten deslizamientos superficiales en laderas, depende de la inclinación del talud, de la infiltración y de la pérdida de cohesión aparente (Manzini y Rabuffetti, 2003).

Las lluvias torrenciales de 1999 causaron deslizamientos de laderas, rotacionales y traslacionales, flujos de suelos, derrumbes de rocas, erosión y represamiento de ríos, propiciando pérdidas humanas y económicas muy importantes afectando a varios sectores sociales, como son: educación, salud, infraestructura, transporte y comunicaciones, agropecuaria, forestal, entre otros. Por lo tanto, la zona más vulnerable en el estado de Puebla por estos fenómenos corresponde a la región montañosa, como es la Sierra Norte de Puebla y por ende el SAR del proyecto.

Durante el invierno, es frecuente la presencia de “nortes”, que son masas de aire polar que al cruzar por el Golfo de México, se cargan de humedad y al entrar a tierra ocasionan precipitaciones y descensos de la temperatura. Los nortes son otro fenómeno climático que contribuye a la aportación de humedad en el SAR (Universidad Autónoma de Chapingo, 2006).

#### **IV. 2.1.3. Geomorfología**

El sistema de topoformas presente en el SAR es el de Sierra alta escarpada (ver la siguiente figura), una sierra es definida como una montaña alargada, generalmente de más de 5 km de longitud, y/o como un conjunto de montañas con una divisoria de aguas principal que delimita dos vertiente opuestas (Lugo-Hubp, 1989). La sierra alta escarpada se distingue por poseer topoformas con una altitud mayor al entorno geográfico y pendientes abruptas. El SAR forma parte de la Sierra Norte de Puebla por lo que presenta una situación geológica particular, con relieves constituidos por rocas plegadas del Paleozoico-Cretácico cubiertas por espesores de más de 10 m, de depósitos volcánicos, pedogenizados en sus partes más superficiales. La geología del SAR representa un factor relevante que limita la estabilidad del terreno producto de una erosión asociada a un clima de abundantes precipitaciones, en donde las geoformas más antiguas corresponden a pequeñas sierras erosionadas compuestas de terrígenos de granito y calizas plegadas e intrusionadas por

cuerpos de granito, pertenecientes a la Sierra Madre Oriental (Capra *et al.*, 2006; Hernández-Madrugal *et al.*, 2007). Los suelos del SAR han sido originados por los agentes del intemperismo y desintegración, de los cuales la temperatura, la humedad y la vegetación han sido determinantes en la descomposición de minerales que integran las rocas subyacentes, dando origen a suelos cohesivos arcillosos y limosos, y suelos friccionantes como gravas, arenas y limos inorgánicos. Los suelos friccionantes como gravas, arenas y limos inorgánicos, que cubren principalmente a rocas de tipo volcánico, son susceptibles a la erosión provocada por escurrimientos de agua, además presentan inestabilidad cuando la inclinación del talud es mayor que su ángulo de fricción interna (Cuanalo y Melgarejo, 2001) . Por lo tanto, se puede decir que el relieve actual que presenta el SAR es derivado de procesos erosivos.

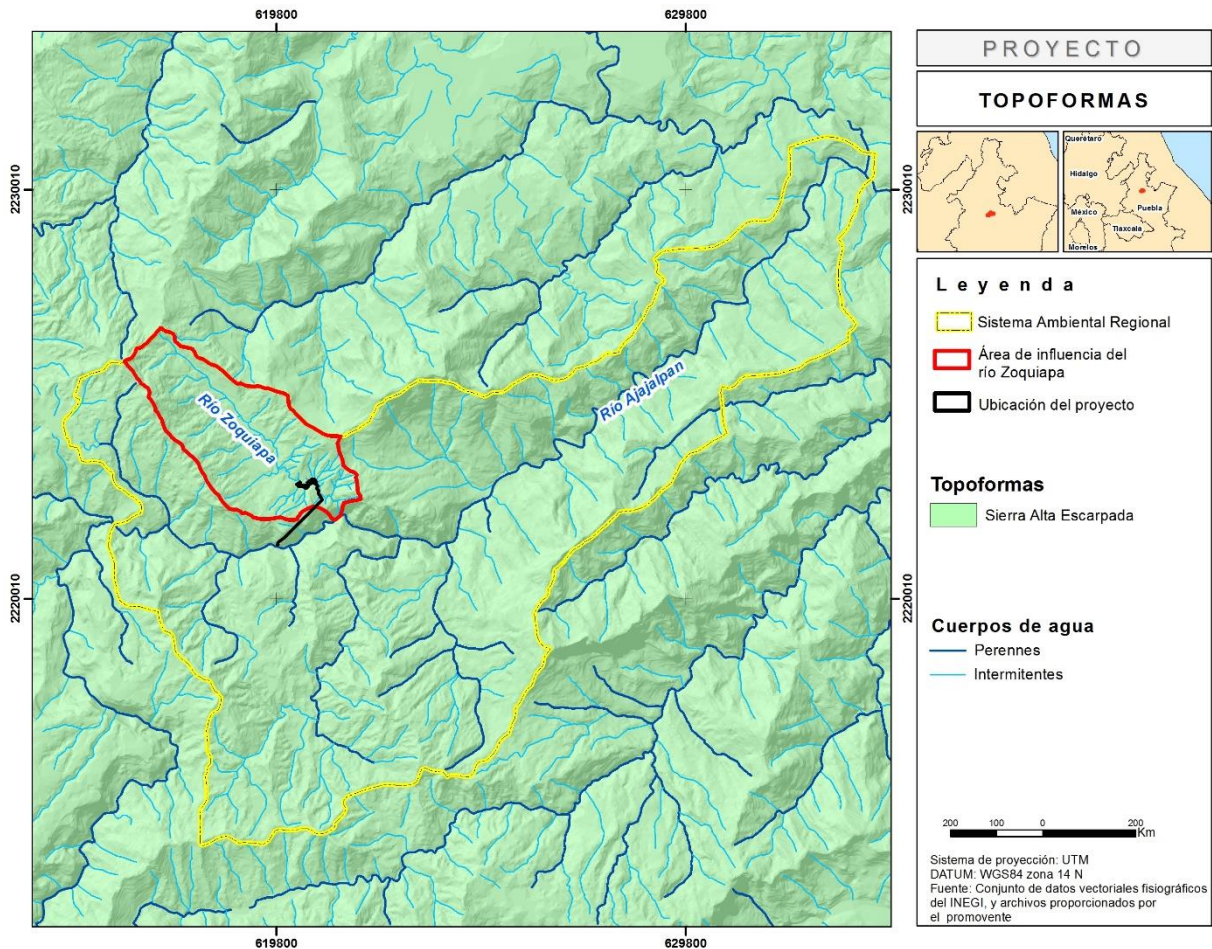


Figura IV. 15 Geofomas en el SAR.



## Altimetría

El SAR presenta un intervalo de altitud que va de los 202 a 1,828 msnm (ver la siguiente figura), se observa que va aumentando la elevación en dirección este a oeste, en donde los municipios con altitudes bajas son Francisco y San Felipe Tepatlán; los municipios con predominio de elevaciones altas son Tlapacoya, Amixtlán, Ahuacatlán y Tlaola. Todos los municipios antes señalados se localizan dentro del SAR.

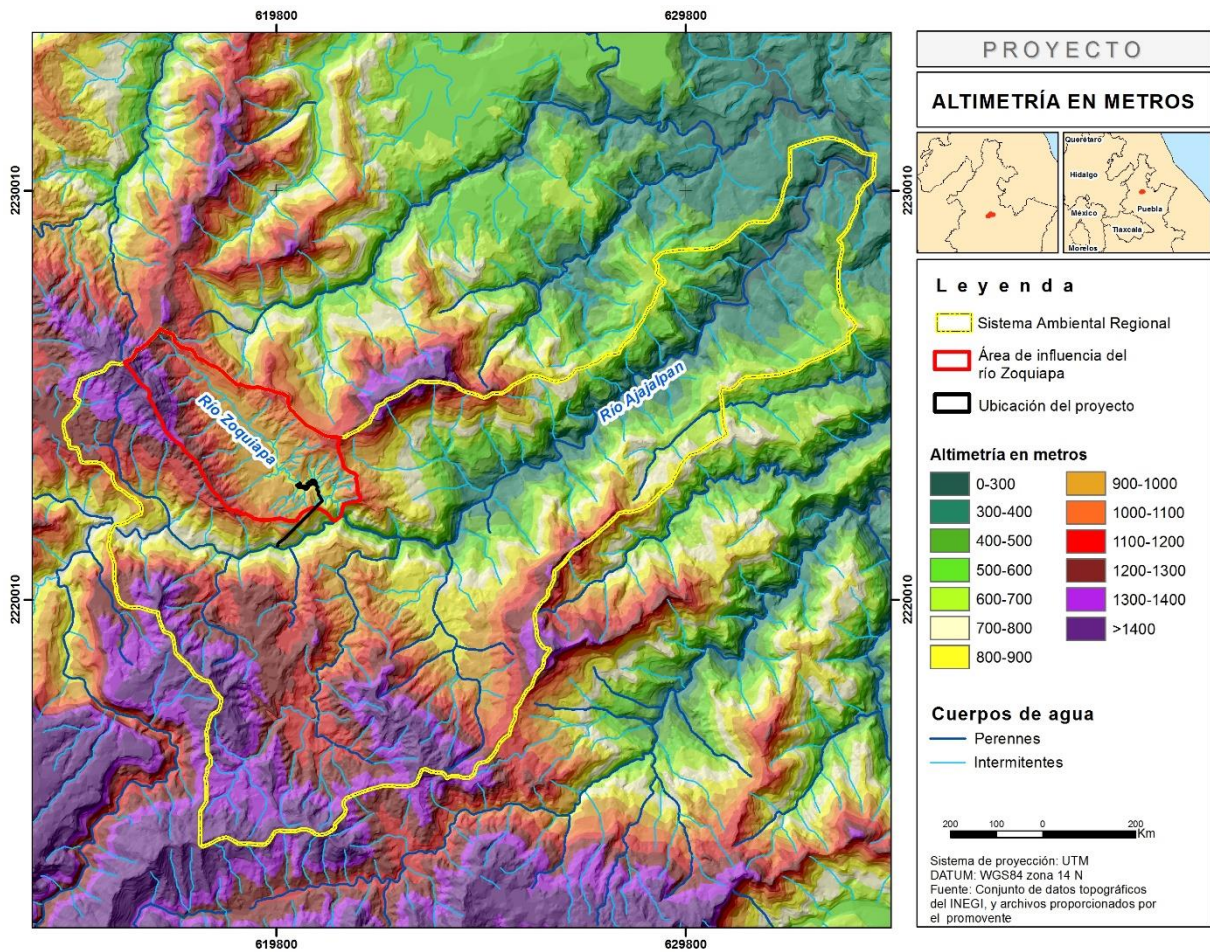


Figura IV. 16 Altimetría en el SAR.

## Pendientes

Las pendientes en el SAR son en general altas y abruptas, lo cual se debe a su geoforma de sierra alta escarpadas (ver la siguiente tabla y figura). Las zonas que presentan una inclinación menor del 3% son llamadas planas o casi planas y se distribuye alrededor de SAR, cerca de los cauces de ríos y cubriendo 150.72 ha (1.15%).

La categoría de pendientes levemente inclinadas presentan pendientes con una inclinación que va de los 3 a los 6%, al igual que la categoría anterior se distribuye en porciones pequeñas a lo largo del SAR, cubre 249.795 ha; es decir el 1.88%.

Aproximadamente 689.052 ha (5.26%) del SAR posee pendientes inclinadas con valores entre los 6 y 12%, están ubicadas a lo largo del SAR en pequeñas porciones principalmente. Mientras que las pendientes moderadamente abruptas con valores entre 12 y 30%, son muy frecuentes a lo largo del SAR y cubren 3,869.465 ha (29.51%).

Por ultimo las categorías de pendientes abruptas (30 a 50%) y moderadamente abruptas (>50%), son las más abundantes dentro del SAR, cubre 4,054.822 ha (30.93%) y 4,099 ha (31.27%) respectivamente (ver la siguiente figura).

Las pendientes más abruptas están asociadas a las áreas de mayor rango altitudinal del SAR. Ya que las pendientes dominantes en el SAR son muy pronunciadas y elevadas, las fuerzas gravitacionales tienen marcada influencia en su estabilidad, afectando el comportamiento de las masas de roca o suelos que constituyen las laderas naturales, por lo cual puede ser favorecido el proceso de erosión (Cuanalo y Melgarejo, 2001).

**Tabla IV. 4 Pendientes del SAR**

Pendiente	Ha	%
Plano o casi plano (<3)	150.72	1.15
Levemente inclinado (3-6%)	249.795	1.88
Inclinado (6-12%)	689.052	5.26
Moderadamente abrupto (12-30%)	3869.465	29.51
Abrupto (30-50%)	4054.822	30.93

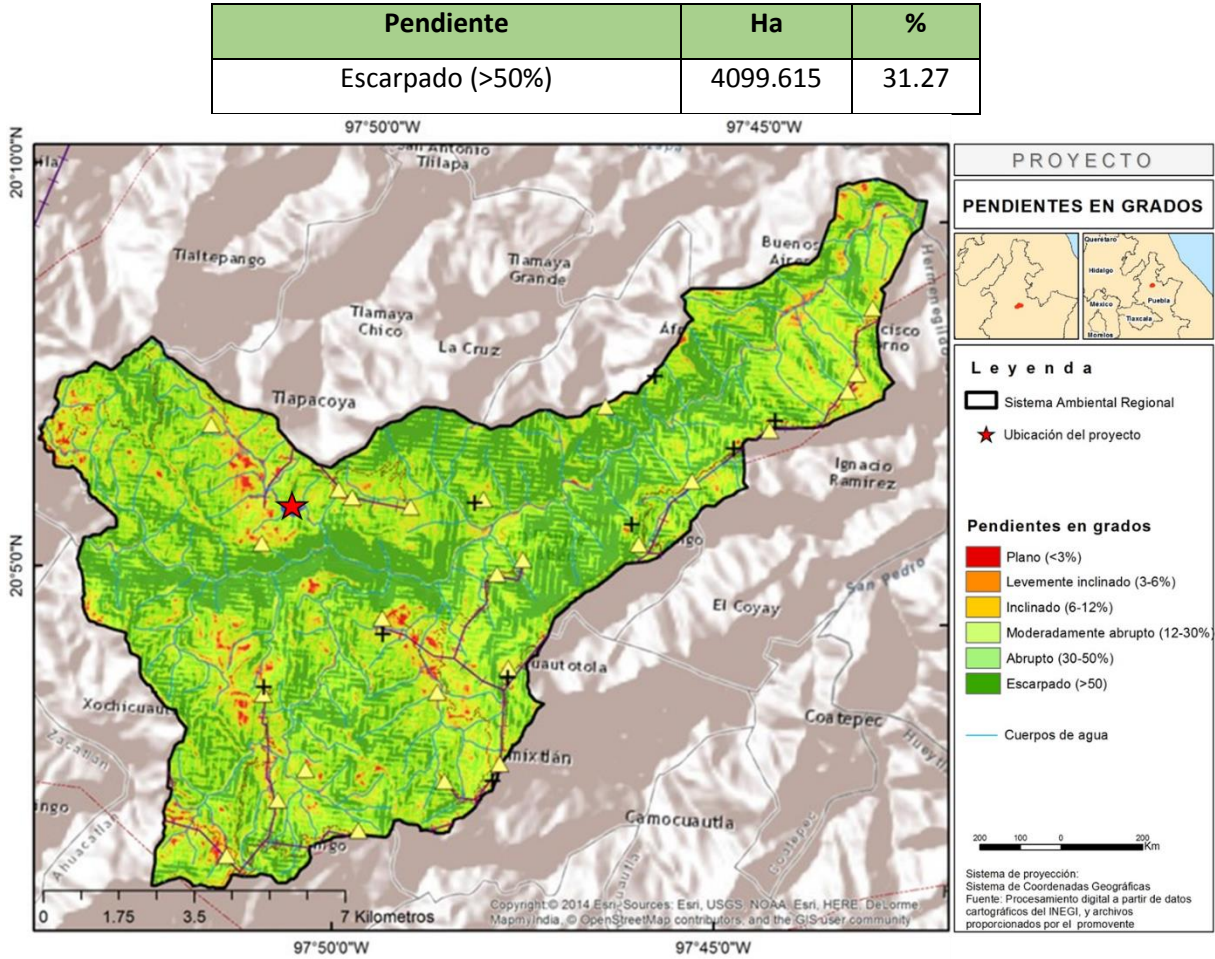


Figura IV. 17 Pendientes en el SAR.

**IV. 2.1.4. Edafología**

El suelo es la parte exterior de la corteza terrestre, esta capa se forma por la desintegración de rocas por el efecto de intemperismo. Se registraron 4 tipos de suelos para el SAR: Andosoles, Leptosoles, Luvisoles y Phaeozems (ver la siguiente tabla y figura), a continuación se presenta una descripción de estos.

**Tabla IV. 5 Tipos de suelo dominantes en el SAR.**

Tipo de suelo	Ha	%
Andosol	163.307	1.24

Tipo de suelo	Ha	%
Leptosol	6,144.908	46.86
Luvisol	6,762.044	51.57
Phaeozem	43.265	0.33

**Andosoles (AN):** Son suelos generados a partir de materiales volcánicos de colores oscuros, constituidos principalmente de cenizas, se desarrollan en sustratos volcánicos vítreos en casi todos los climas, excepto en climas muy áridos. En condiciones naturales se encuentran en superficies con hojarasca suelta, el contenido de zonas montañosas, húmedas y con una amplia variedad de vegetación. El contenido de arcilla es bajo o muy bajo, no pasa de 20 a 25%, se caracteriza por su esponjosidad y porosidad, atribuyendo estas características a la presencia de alofano. Varían de moderada a fuertemente ácidos con valores de pH de 4.5 en la superficie, con un incremento constante con la profundidad, hasta llegar a 6.0 o más ceniza relativamente inalteradas. El contenido de materia orgánica es alto, comúnmente con valores de más del 20% en el horizonte superior y la capacidad de intercambio catiónico es alta en el horizonte superior; estos suelos se desarrollan en condiciones aeróbicas y tienen un flujo de agua hacia abajo, pero debido al alto contenido de alofano tiene una elevada capacidad de retención de agua. Los sitios en donde se desarrollan estos suelos varían de planos a terrenos con pendientes muy fuertes, con un mejor desarrollo en condiciones más estables de áreas planas o con pendientes suaves. Estos suelos poseen un alto potencial para la agricultura, por lo que son altamente explotados en todas partes, exceptuando aquellas con pendientes abruptas. Estos suelos cubren 163.307 ha (1.24%) y se ubica en la parte este del SAR correspondiente a los municipios de Tlaola y Ahuacatlán.

**Leptosoles (LP):** Ocupan una superficie de 6,144.908 ha (46.86%) del SAR, se localiza hacia la parte centro y este del SAR, en los municipios de Jopala, Hermenegildo Galeana, San Felipe Tepatlán y una pequeña parte de Tlapacoya y Amixtlán. Los Leptosoles son suelos jóvenes y delgados (o con abundantes gravas, es decir pedregosos), están asociados a sitios de compleja orografía, lo cual explica que se asocie a laderas de montañas y lomeríos con pendientes fuertes, los cuales no permiten que el suelo se desarrolle, ya que el agua del escurrimiento arrastra los sedimentos hacia las partes bajas, por lo que son suelos someros y se desarrollan sobre rocas consolidadas. Se encuentran en todos los tipos climáticos y dado que son suelos que presentan roca continua o

materiales no consolidados cerca de la superficie, son de gran limitante para el desarrollo de vegetación, en donde, para su uso agrícola no son recomendables, haciéndolos difíciles de trabajar.

**Luvisoles (LV):** Son suelos que se encuentran sobre una gran variedad de materiales no consolidados, tales como terrazas aluviales o depósitos glaciales, eólicos, aluviales y coluviales. Son suelos ricos en arcilla minerales en el subsuelo, lo que les brinda un alto contenido de nutrientes y una alta capacidad de intercambio catiónico, que es de vital importancia para que los nutrientes se encuentren de manera disponible para las plantas. Se desarrollan en materiales de textura media; los valores de pH presentan un patrón interesante, variando de los 5.5 a 6.5 en el horizonte superior, disminuyendo alrededor de 4.5 a 5.0 en donde la arcilla llega al máximo, luego hay un incremento constante en el material relativamente inalterado. El horizonte enriquecido por arcillas resulta del “lavado” o lixiviación de arcillas de los horizontes superiores por acción de agua, este horizonte suele encontrarse a más de 50 cm de profundidad y los horizontes superiores presentan una textura más gruesa en donde se encuentra la máxima cantidad de materia orgánica, variado de 5 a 10%. Estos suelos se ven favorecidos por la presencia de estaciones bien marcadas, lo que permite que durante la temporada de lluvias se favorezca la migración de las arcillas y en la superficie de estos puede haber una capa de hojarasca suelta que descansa directamente sobre el suelo mineral o puede haber una maraña delgada de restos de plantas húmificadas. Se encuentran dentro de los suelos más fértiles, su potencial agrícola varía de moderado a bueno; a menudo se le utiliza para varios cultivos como son trigo, avena y maíz. Estos suelos son susceptibles a la erosión por la textura gruesa de sus horizontes superiores, por lo que durante todo el tiempo se deben aplicar métodos rigurosos de control. Se localizan en la parte centro y oeste del SAR cubriendo la mayor parte de este con 6,762.044 ha (51.57%), en los municipios de Tlaola, Ahuacatlán, Tlapacoya y cubren una pequeña parte de San Felipe Tepatlán y Amixtlán.

**Phaeozem (PH):** Su principal distintivo es una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes. Son suelos típicos de pastizales y zonas boscosas en climas templados y húmedos. En la superficie puede haber una capa delgada y suelta de hojarasca que descansa sobre un suelo mineral o bien una maraña delgada de raíces y se caracterizan por poseer menor riqueza de bases en comparación con otros suelos similares, a pesar de lo cual poseen una alta saturación

de bases en la superficial. La cantidad máxima de arcilla ocurre en el horizonte medio en donde son comunes los valores del 30 al 40%. La capacidad de intercambio catiónico es variable. Los Phaeozems se desarrollan en condiciones aeróbicas en donde hay movimiento libre de agua a través del suelo. Los materiales maternos usuales son depósitos no consolidados, incluyendo acarreos y aluviones. La textura, por lo general, es de limo, migajón arcillo-limoso o migajón arcilloso, de mineralogía variable, con un rango normal de acidez. Estos suelos están confinados a sitios planos o ligeramente ondulados y casi están por completo ausentes en pendientes moderadas o pronunciadas. Son suelos porosos y fértiles por lo cual son muy usados en la agricultura de temporal; sin embargo, las sequías periódicas y la erosión hídrica son sus principales limitantes. Se utilizan intensamente en la producción de granos (soya, trigo, cebada) y hortalizas y como zonas de agostadero cuando están cubiertos por pastos. En el SAR únicamente se localizan hacia una pequeña parte oeste en los municipios de Tlaola y Tlapacoya cubriendo 43.265 ha (0.33%).

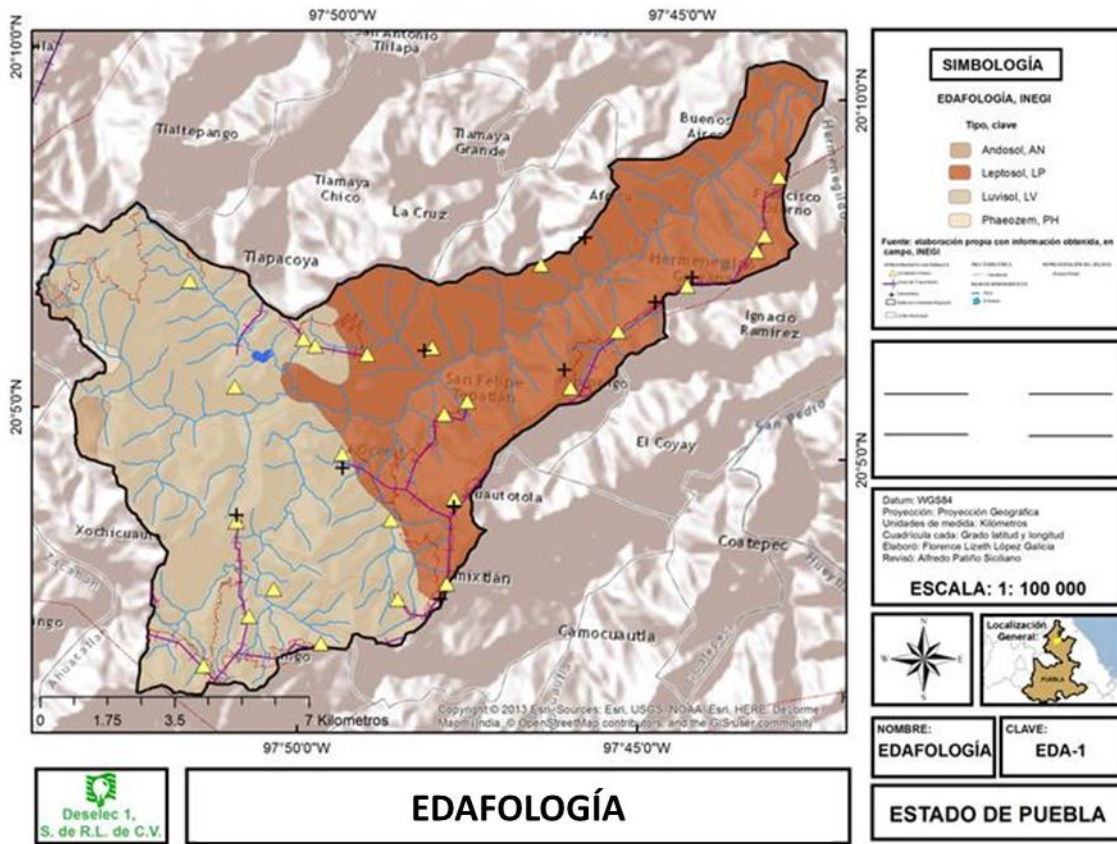


Figura IV. 18 Edafología en el SAR.

Las unidades de suelo primarias dentro del SAR previamente descritas, se agrupan en asociaciones edáficas de hasta tres tipos de suelos distribuidos dentro de una misma área, como se describe a continuación (INEGI, 2009):

- a) Suelo dominante: Grupo de suelo que ocupa el 60% o más de la unidad edáfica. Se indica el primer término con dos letras mayúsculas.
- b) Suelo secundario: Grupo de suelo que se estima, ocupa entre un 20 y 40% de la extensión de la unidad edáfica. Se representa en segundo término con dos letras mayúsculas.
- c) Suelo terciario: Grupo de suelo que se estima, ocupa 20% como máximo de la extensión de la unidad edáfica. Es representada en tercer término con dos letras mayúsculas.

El uso de asociaciones se deriva de la clasificación de los perfiles y factores ambientales (clima, geología, vegetación, uso de suelo, topografía y geomorfología). Este conjunto de factores provoca que en un pequeño espacio se puedan encontrar varios tipos de suelos. A continuación se presentan las asociaciones por tipo de suelo dominante dentro del SAR (ver la siguiente tabla y figura).

**Tabla IV. 6 Asociaciones de suelo presentes en el SAR.**

Tipo de suelo dominante	Asociación	Ha	%
Andosol	Andosol (AN) húmico (hu)+ Acrisol (AC) húmico (hu)/Textura media (2)	163.307	1.24
Leptosol	Leptosol (LP) lítico (li)+ Phaeozem (PH) calcárico (ca) epiléptico (lep)+ Regosol (RG) eútrico (eu) lítico (li)/Textura media (2)	14.912	0.11
	Leptosol (LP) calcárico (ca) Lítico (li)+ Leptosol (LP) lítico (li)+ Acrisol (AC) húmico (hu)/Textura media (2)	6,129.996	46.75
Luvisol	Luvisol (LV) húmico (hu) epiléptico (lep)+ Regosol (RG) eútrico (eu)+ Luvisol (LV) vértico (vr)/Textura media 2	6,510.171	49.65
	Luvisol (LV) húmico (hu) epiléptico (lep)+ Phaeozem (PH) hiposódico (sow)+ Luvisol (LV) vértico (vr)/Textura media (2) Pedregosa (R)	251.873	1.92
Phaeozem	Phaeozem (PH) calcárico (ca) epiléptico (lep)+ Leptosol (LP) lítico (li)+ Acrisol (AC) húmico (hu)/Textura media (2)	43.265	0.33



➤ Andosoles (AN)

Únicamente existe una asociación de Andosol húmico con Acrisol húmico. Esta asociación ocupa una pequeña parte de los municipios de Tlaola y Ahuacatlán. Los suelos de este tipo de asociación son de color oscuro o negro sobre el suelo rojizo o amarillento, son ricos en materia orgánica pero muy ácidos y pobres en nutrientes. Estos suelos tienden a tener una fertilidad baja y son susceptibles a erosionarse.

➤ Leptosoles (LP)

Existen dos asociaciones de estos suelos, la más abundante presenta Leptosol calcárico lítico con Leptosol lítico y Acrisol húmico (LPcali+LPli+ACHu/2), este tipo de suelo son jóvenes, con algo de cal a menos de 50 cm de profundidad, aparecen en áreas con pendientes abruptas y lugares que han sufrido intensos procesos de erosión. En esas condiciones si el proceso degradativo continúa, pueden desaparecer dando lugar a afloramientos generalizados de la roca subyacente, alcanzando un estado final de degradación irreversible, por ello es necesario conservarlos con la vegetación que los protege. La segunda asociación corresponde a Leptosol lítico con Phaeozem calcárico epiléptico y Regosol eútrico lítico (LPli+PHcalep+RGeuli/2), este tipo de suelos están asociados a suelos de tipo Regosoles, Cambisoles, Phaeozems que también se desarrollan en ambientes de pendientes fuertes.

➤ Luvisol (LV)

Los Luvisoles tienen dos asociaciones ambas con Luvisoles húmicos epilépticos dominantes. Las asociaciones de Luvisol húmico epiléptico con Regosol eútrico y Luvisol vértico (LVhulep+RGeu+LVvr/2) y Luvisol eútrico epiléptico con Phaeozem hiposódico y Luvisol vértico (LVhulep+PHsow+LVvr/2R), ambas tienen en común ser suelos con muchas arcillas acumuladas en el subsuelo de color rojizo o claro, el cual se encuentra ligeramente agrietado en alguna parte de la mayoría de los años y que presentan roca continua que se sitúa entre los 25 y 50 cm. Son suelos cuya fertilidad va de moderada a buena y muy susceptibles a la erosión.

➤ Phaeozem (PH)

Solo se observó una asociación de Phaeozem calcárico epiléptico con Leptosol lítico y Acrisol húmico (PHcalep+LPII+ACHu/2), son suelos ricos en materia orgánica en su capa superficial y nutrientes, que se caracteriza por ser calcáreo en todas sus capas y que presenta roca continua y dura entre los 25 y 50 cm. Son suelos con alta susceptibilidad a erosión y alta fertilidad por lo que son utilizados en la agricultura, principalmente se encuentran en sitios planos o con pendientes poco pronunciadas.

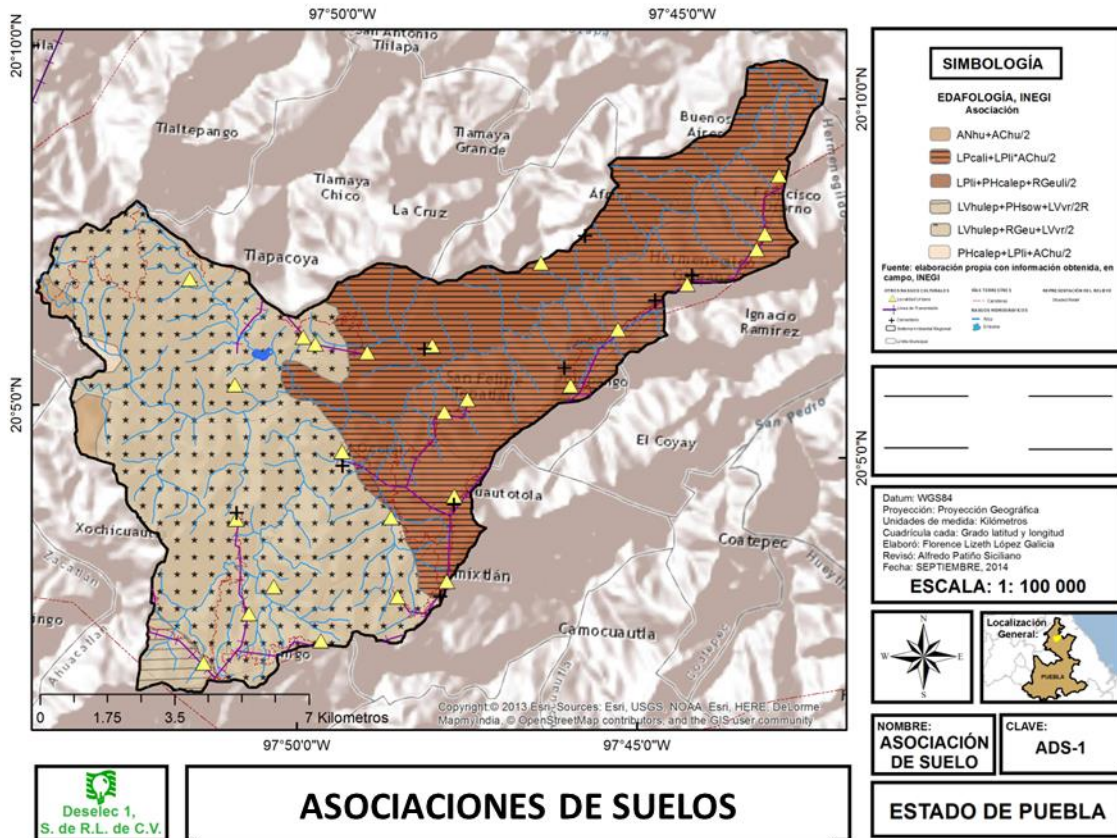


Figura IV. 19 Asociaciones edafológicas en el SAR.

#### IV. 2.1.5. Hidrología superficial

El SAR se encuentra en la Región Hidrológico-Administrativa X Golfo Centro (CONAGUA, 2010), dentro de la Región Hidrológica Tuxpan-Nautla (27), a su vez, dentro de la cuenca Río Tecolutla, y en la subcuenca Río Laxaxalpan (Tecuatepec – Apulco) (ver la siguiente figura).

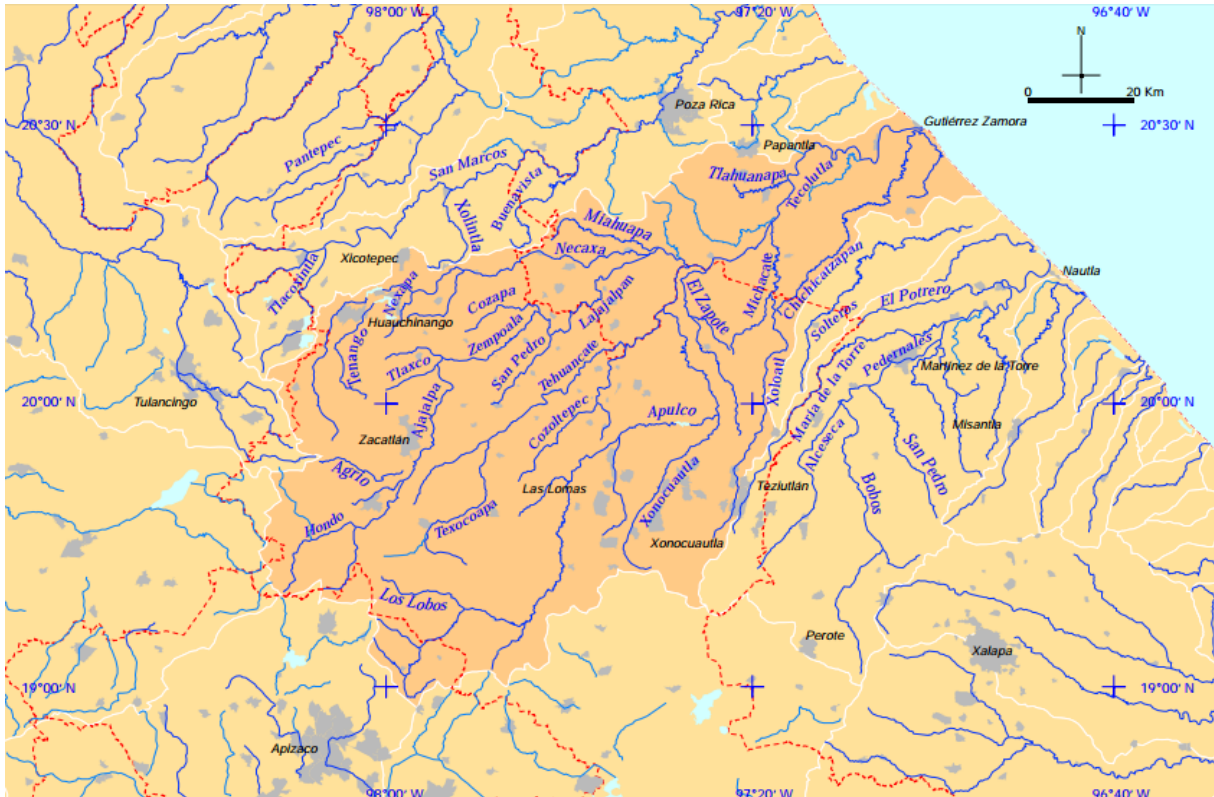


**Figura IV. 20** Región Hidrológico-Administrativa X en la que se ubica el SAR.

La región hidrológica Tuxpan-Nautla drena al Golfo de México, por lo tanto se encuentra en la porción este del país, entre las coordenadas  $-18^{\circ}57'$  y  $22^{\circ}10'$  latitud N y  $-96^{\circ}25'$  a  $98^{\circ}30'$  longitud W. Las cuencas más importantes de esta región son las de los ríos Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Nautla, Misantla y Colipa. Como ya se mencionó en párrafos anteriores, el SAR se ubica dentro de la cuenca del río Tecolutla, la cual se encuentra rodeada de Sierras, por lo que su relieve es muy accidentado propiciando pendientes muy pronunciadas. Los arroyos que dan origen a esta corriente nacen en la Sierra de Puebla en los distritos de Huauchinango, Zacatlán, Acatlán y

Teziutlán. Las principales corrientes que alimentan al río Tecolutla son el arroyo Zapata, río Coyuca y río Apulco. Los afluentes principales son los ríos Xiucayucan, Tehuantepec, Laxaxalpan; en el curso medio reciben las aportaciones del arroyo Joloapan y río Chichicotzapa.

El río Tecolutla constituye un complejo hidrográfico de gran importancia para el país y la región (ver la siguiente figura), el colector general tiene su origen en el arroyo Zapata, a una elevación de 3,500 msnm y 20 km al norte de Huamantla de Juárez (Tlaxcala), afluyen a él los arroyos Huicolotla y Los Lobos para la margen izquierda, a partir de estas confluencias recibe el nombre de río Coyula. Su curso se desarrolla a 2,000 m de altitud en el estado de Puebla, donde recibe por margen izquierdo a los ríos Tetzocuahuitic y San José y por la derecha los arroyos Texocuixpan y Tlapizqaco; en este sitio el colector se empieza a llamar río Apulco, sobre el cual se encuentra la presa de La Soledad y la central hidroeléctrica de Mazatepec. Esta corriente recibe aguas abajo por margen izquierda las aportaciones del río Zempoala (Tecuatepec), aguas debajo de la población de Tecuatepec (Veracruz) (CONAE, 1995; Pereyra y Pérez, 2005).



**Figura IV. 21** Cuenca del río Tecolutla

Agua abajo, el río Apulco confluye con el río Necaxa, que a su vez ya recibió al río Ajajalpan por margen derecha y cuyos principales afluentes son el río Tenexapa y el Chignahuapan, que confluyen y reciben a los ríos San Pedro, Zecepac, Tlaxco, Zempoala, San Mateo, etc. Antes de unirse al río Apulco el Necaxa recibe por margen derecha al río Cuajilote que cuenta con afluente principal al río Tecacán y este a su vez al río El Zapote. De la confluencia de los ríos Apulco y Necaxa, continúa el río Tecolutla propiamente (CONAE, 1995). El río Ajajalpan confluye con el río Necaxa a 1.5 km de la población de Arena.

El río Ajajalpan se ubica dentro del SAR y se localiza en la zona centro del municipio de San Felipe Tepatlán (Puebla) (ver la siguiente figura), el sureste de Jopala (puebla) y el sureste de Macatlán (Veracruz) entre altitudes que oscilan de 200 a 400 msnm. Sus afluentes son los ríos Katijit y Nakolit, que nacen en las estribaciones del cerro Yajpapan, bañando el norte y posteriormente se unen al Ajajalpan. El río Kakogman se origina en el municipio de Ahuacatlán recorre el noreste y se

une al Ajajalpan. El río Nepopualco recorre la porción meridional de oeste a este del municipio de Zacatlán, una vez fuera de él se une al Tapayula, formando el Zun, afluente del Ajajalpan.

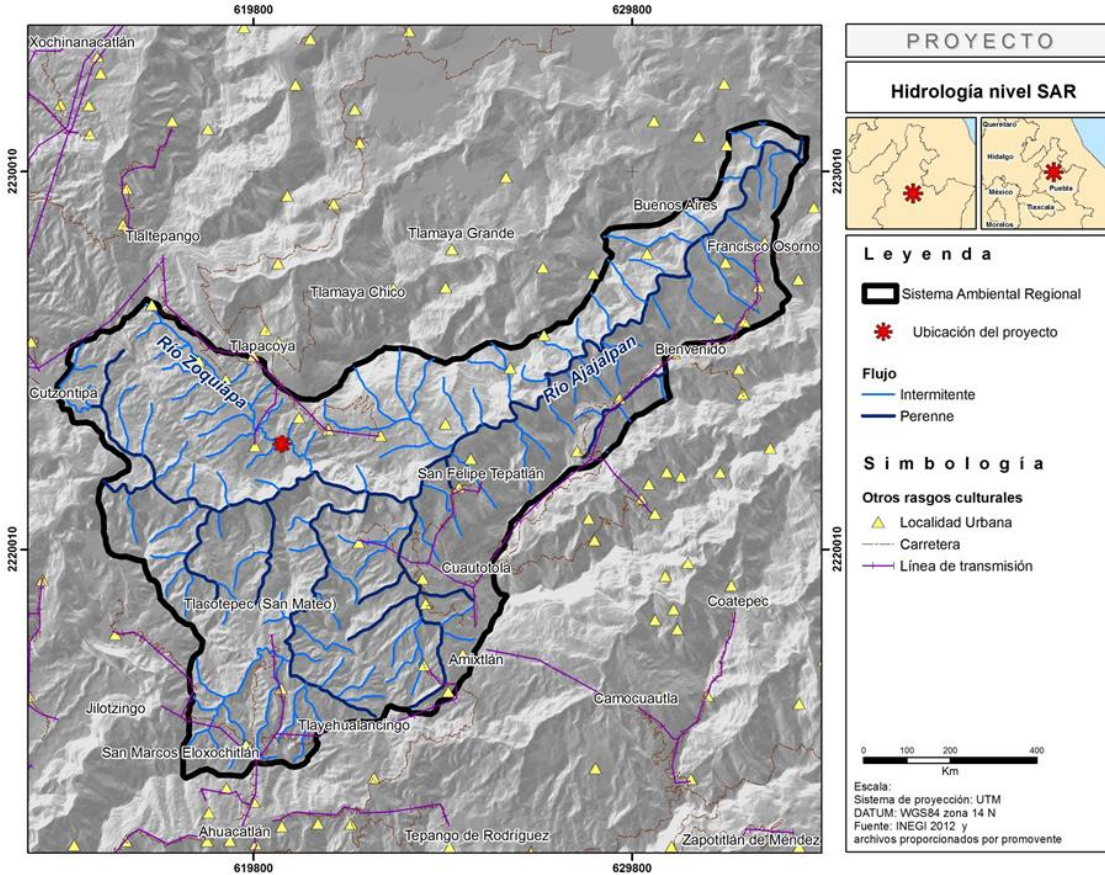


Figura IV. 22 Hidrología superficial nivel SAR.

#### IV. 2.1.6. Hidrología superficial en el área de influencia del río Zoquiapa (nanocuenca)

Tal y como señaló en los primeros apartados de la presente MIA-R, la nanocuenca ó Area de influencia representa la superficie de captación hidrológica del R. Zoquiapa, y corresponde al río donde se ubicará el proyecto. Cuenta con una superficie de 1,273 has y tan sólo representa el 9.70% de la superficie del SAR. La red hidrográfica presenta una configuración ortogonal y transversal al río Zoquiapa.

El control estructural del SAR se evidencia por el arreglo ortogonal en la red de drenaje, así como en la asimetría de las laderas del valle del río Zoquiapa, pues la ladera derecha del valle es de mayor altitud y de mayor pendiente con respecto a la otra ladera (ver la siguiente figura).

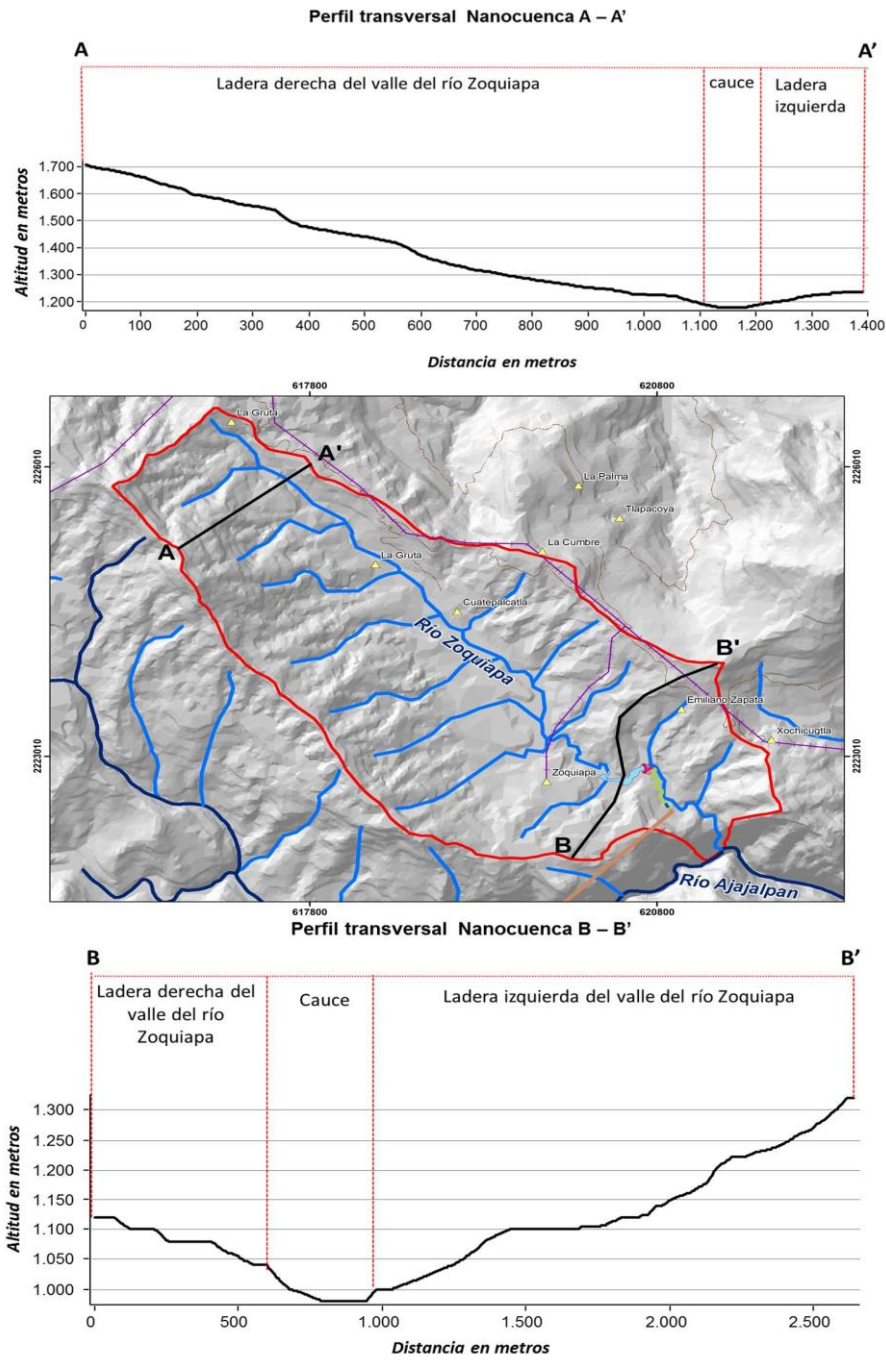


Figura IV. 23 Figura. Perfiles transversales en la nanocuencia del R. Zoquiapa

Conforme al proyecto es necesario resaltar que el embalse a conformar se localizará en la parte baja del área de influencia del río Zoquiapa, específicamente a 1.5 km aguas arriba antes de su desembocadura con el río Ajajalpa, por lo que el embalse estaría reteniendo un poco más del 80% de los escurrimientos de dicha unidad hidrológica. Sin embargo, es necesario resaltar que aguas abajo del embalse se localizan otros dos afluentes de carácter intermitente, lo que contribuirá al aporte de agua y sedimentos del río Zoquiapa. El primer afluente se localiza muy cercano a la localidad de Emiliano Zapata y desemboca en las cercanías de la cortina de la presa; y el segundo se localiza a 800 metros aguas abajo de la cortina de la presa (ver la siguiente figura).



**Figura IV. 24** Ríos intermitentes aguas abajo del embalse y la cortina.

Aun cuando no se cuentan con datos hidrométricos de los dos arroyos intermitentes en el tramo que será sujeto a regulación (ver la figura anterior), la afirmación de que el tramo del río Zoquiapa seguirá recibiendo el aporte de humedad durante la temporada de estiaje es porque adicional a los arroyos antes señalados, también se ha considerado la intensidad y distribución de las lluvias a lo largo del año, así como el porcentaje de pendiente y el tipo de suelo, lo que permite asumir que



en el tramo sujeto a regulación el aporte de humedad hacia el río Zoquiapa será de forma subsuperficial y subterránea.

Entendiéndose como *flujo subsuperficial* a la parte del agua que se desliza a través de los horizontes superiores del suelo hacia las corrientes. Una parte importante de este escurrimiento entra rápidamente a formar parte de las corrientes superficiales y la otra le toma bastante tiempo el unirse a ellas (Maderey Rascón, 2005).

El escurrimiento subterráneo por su parte, es aquél que debido a una profunda percolación del agua infiltrada en el suelo, se lleva a cabo en los mantos subterráneos y que, posteriormente por lo general, descarga a las corrientes fluviales, que en este caso sería hacia el río Zoquiapa (Maderey Rascón, 2005).

En la siguiente figura se muestra la forma en que viajan las corrientes subsuperficiales o también denominadas interflujos.

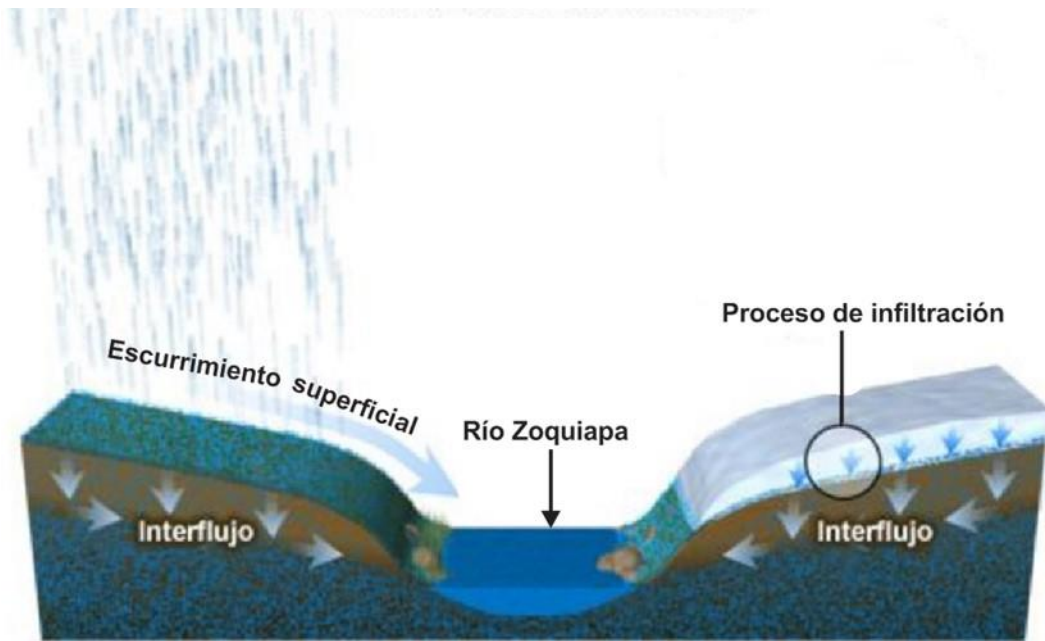


Figura IV. 25 Esquema del flujo subsuperficial.

La presencia de posibles ríos subsuperficiales se desprende del hecho de que en el tramo sujeto a regulación, las pendientes del terreno son relativamente bajas (pendientes en porcentaje de 12 a 30%), con presencia de suelos Andosoles asociados con suelos Regosoles. Las pendientes y el tipo de suelo son indicadores que sugieren que el suelo existente tiene la capacidad para permitir la infiltración y que durante la temporada de estiaje, aun cuando no exista una corriente superficial visible, sí es posible encontrar agua de forma subsuperficial que desemboca en el río Zoquiapa. Cabe señalar que en el tramo sujeto a regulación no existen aprovechamientos del río para el desarrollo de actividades, ya que no existen comunidades cercanas en ese tramo del río.

Un segundo factor que es necesario resaltar es que de acuerdo con la estación climatológica de Jopala, los registros de precipitación mensual del periodo (1961 – 2009) indican que el periodo de lluvias más importantes es de junio a octubre (ver la siguiente tabla y figura); para el resto del año también se pueden llegar a presentar lluvias, aunque éstas son mínimas comparadas con los meses de máxima cantidad de precipitación.

# MIA REGIONAL PARA EL "PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)"

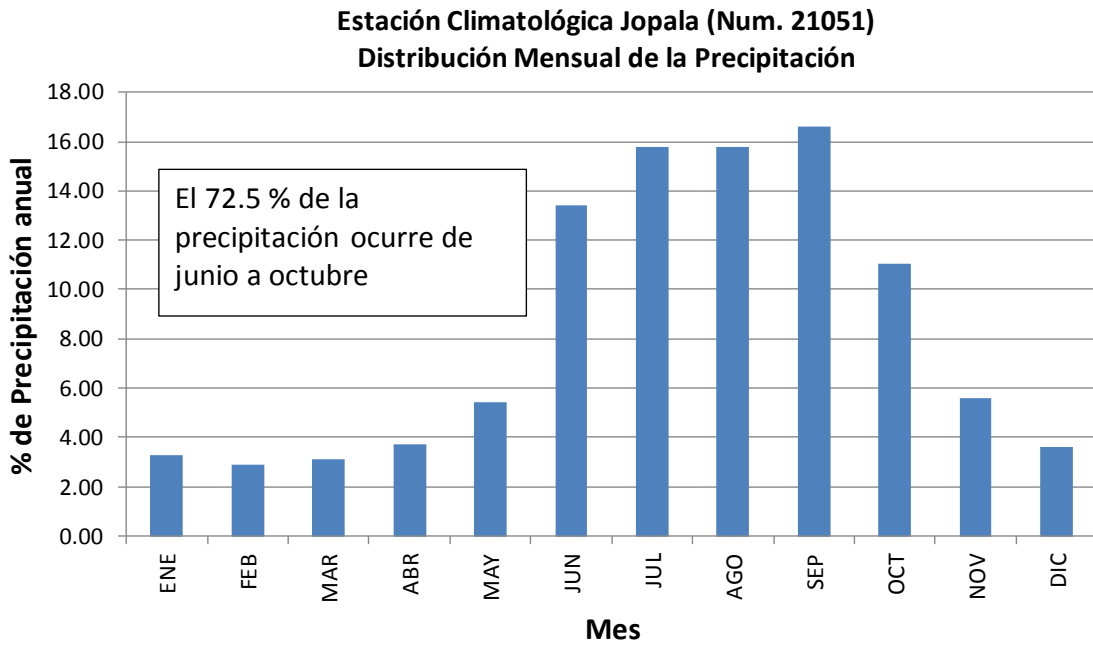
**Tabla 1.** Precipitación mensual en la estación climatológica Jopala.

COORDINACION GENERAL DEL SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL  
 PROYECTO DE BASES DE DATOS CLIMATOLOGICOS  
 ESTACION CLIMATOLOGICA JOPALA (CFE)

Número 21051

Latitud	Longitud	Altitud	
20°11' N	97°41' W	725	msnm

PRECIPITACION MENSUAL mm													PRECIPITACION MEDIA ANUAL
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1961	106.2	93.2	100.4	121.3	95.5	217.6	764.8	420.0	561.0	239.6	214.5	126.5	3060.5
1962	34.5	27.3	93.9	233.5	175.8	725.5	488.5	179.5	511.2	380.6	124.6	87.9	3062.8
1963	97.0	44.6	71.0	6.5	47.5	530.0	772.0	468.2	185.5	196.9	79.5	141.0	2639.7
1964	46.0	78.5	122.1	120.0	370.0	540.0	247.0	208.5	415.5	260.5	424.5	134.5	2967.1
1965	308.0	82.5	140.0	170.5	68.5	468.0	629.5	792.0	332.5	347.0	93.0	60.0	3491.5
1966	115.0	118.5	174.5	164.0	230.0	599.0	524.0	266.5	427.0	267.0	54.0	40.0	2979.5
1967	102.0	131.5	66.0	63.5	356.5	439.0	199.0	713.0	738.5	194.5	174.0	125.0	3302.5
1968	174.5	119.5	80.5	216.5	71.0	468.0	282.0	618.5	552.5	384.0	149.0	184.5	3300.5
1969	103.0	92.5	96.0	122.0	79.0	197.0	788.5	639.7	642.5	199.5	90.0	92.0	3141.7
1970	74.5	143.7	69.5	14.0	153.0	681.5	505.0	794.5	808.5	191.5	70.0	59.5	3565.2
1971	128.5	63.0	143.0	91.0	171.0	277.0	585.0	753.0	800.0	898.5	368.0	146.0	4424.0
1972	185.0	78.0	146.5	65.0	196.5	627.5	742.5	569.0	445.0	387.5	225.9	90.5	3758.9
1973	62.5	157.1	21.1	67.9	296.2	453.0	856.4	981.6	611.8	287.1	62.3	143.3	4000.3
1974	79.0	86.0	41.5	259.7	118.5	584.0	683.5	300.5	1098.0	202.0	295.5	115.5	3863.7
1975	89.0	72.5	36.0	46.0	110.0	340.5	317.0	716.5	517.0	424.0	131.5	109.5	2909.5
1976	174.5	79.0	324.5	77.0	256.5	729.0	790.5	620.0	920.5	401.5	156.5	105.5	
1977	129.5	86.5	43.5	77.0	81.0	337.0	460.0	243.1	184.0	446.0	197.5	93.5	2378.6
1978	62.0	87.0	148.0	33.0	257.0	582.0	345.0	361.5	358.0	401.5	210.0	68.5	2913.5
1979	103.0	107.0	108.0	202.5	160.5	369.0	233.5	448.0	409.5	67.5	165.0	104.0	2477.5
1980	104.0	49.0	85.5	110.0	138.0	327.0	264.0	222.0	558.0	210.0	117.5	134.8	2319.8
1981	125.5	111.0	87.5	142.0	147.0	753.5	410.0	714.0	438.5	324.5	74.0	326.0	3653.5
1982	92.5	151.0	117.5	246.0	162.0	239.5	167.0	454.5	227.5	350.5	203.0	96.0	2507.0
1983	108.5	59.5	58.5	51.0	67.0	135.5	967.0	582.0	535.0	264.4	145.0	173.5	3146.9
1984	157.0	60.5	39.0	47.5	537.0	277.5	872.5	455.5	711.0	211.5	94.5	61.5	3525.0
1985	86.0	223.0	169.0	116.0	137.5	572.5	604.5	403.5	342.5	358.6	181.1	115.0	
1986	63.5	36.0	50.0	105.0	170.5	657.0	442.5	213.5	432.0	490.0	303.0	130.0	3093.0
1987	35.5	59.5	117.5	65.0	204.0	343.0	736.5	511.6	538.2	358.8	185.6	116.2	
1995	106.2	93.2	100.4	121.3	175.8	435.6	511.6	511.6	538.2	322.3	254.1	137.5	
1996	39.5	132.9	84.0	138.1	42.5	390.3	286.6	622.9	408.5	358.8	185.6	116.2	
1997	106.2	93.2	100.4	114.4	277.0	225.9	418.7	163.3	543.1	465.4	332.7	106.6	2946.8
1998	56.3	32.9	73.5	89.5	0.6	95.9	545.2	356.6	1068.9	823.4	383.2	65.1	3591.1
1999	57.2	40.4	79.7	99.2	152.1	322.4	384.2	494.5	454.1	628.3	186.8	81.9	2980.8
2000	63.5	102.1	127.3	301.0	199.3	815.4	254.9	813.7	293.0	454.8	226.0	143.7	3794.7
2003	171.2	65.1	100.4	121.3	175.8	435.6	511.6	511.6	538.2	358.8	185.6	116.2	
2004	97.2	62.2	231.8	236.8	237.9	654.8	511.6	511.6	538.2	358.8	185.6	116.2	3742.6
2005	106.2	93.2	100.4	62.9	391.0	438.0	909.7	919.3	272.8	358.8	185.6	116.2	
2006	106.2	93.2	117.4	11.0	170.0	240.1	363.3	409.0	499.5	437.7	275.2	192.5	2915.1
2007	124.9	121.4	86.7	115.1	64.9	176.3	356.3	764.7	810.7	345.5	171.6	96.5	3234.6
2008	177.6	120.1	12.7	301.9	116.0	548.8	596.5	259.5	552.0	334.7	105.8	62.7	3188.3
2009	88.6	180.0	50.6	104.5	170.5	174.1	135.5	474.8	708.1	358.8	185.6	116.2	2747.3
MINIMA	34.5	27.3	12.7	6.5	0.6	95.9	135.5	163.3	184	67.5	54	40	
MAXIMA	308	223	324.5	301.9	537	815.4	967	981.6	1098	898.5	424.5	326	4424.0
MEDIA	106.17	93.18	100.39	121.25	175.75	435.58	511.58	511.58	538.15	358.77	185.64	116.19	3254.23
DESVEST	51.58	41.3	57.38	76.79	106.99	190.04	224.29	213.08	212.68	156.15	89.53	48.08	
Ulluvia %	3.26	2.86	3.08	3.73	5.40	13.39	15.72	15.72	16.54	11.02	5.70	3.57	



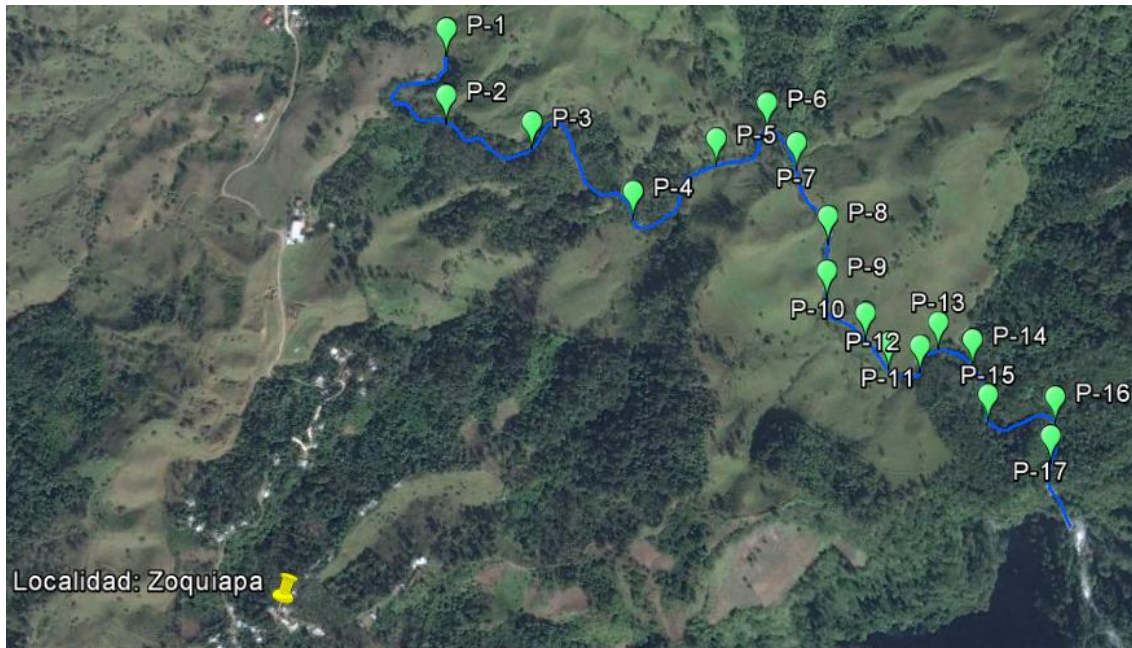
**Figura IV. 26.** Estación Climatológica Jopala. Distribución mensual de la precipitación.

Finalmente, cabe resaltar que los aportes más significativos de agua y sedimentos hacia el río Zoquiapa en el tramo sujeto a regulación serán durante los meses de lluvia. Durante los meses de estiaje además de los posibles aportes de agua subsuperficial o de interflujo también se sumará el caudal ecológico.

De acuerdo con las estimaciones del caudal ecológico (ver cálculos dentro del capítulo II de la MIA-R) durante los meses de menor precipitación (diciembre-abril), y por lo tanto de menor volumen escurrido (0.391 – 0.509 hm<sup>3</sup>), el gasto ecológico será del 10% correspondiente a 0.016 m<sup>3</sup>/s como el valor mínimo de gasto ecológico, y se presentará durante los meses de febrero y marzo. Durante los meses de mayor precipitación se prevé un gasto ecológico máximo del 51.6% (equivalente a 0.518 m<sup>3</sup>/s) y se presentará durante el mes de septiembre. Por lo anterior, se prevé que habrá un aporte del 10% del volumen de escurrimiento durante la época de estiaje, por lo que en el tramo de regulación todo el tiempo estará escurriendo agua hacia la parte baja de la cuenca.

#### IV. 2.1.7. Calidad del agua

Las características físico-químicas del río Zoquiapa se determinaron mediante el levantamiento de muestras, y la interpretación correspondiente de los resultados. La distribución de los puntos de muestreo se realizó al interior del área de influencia del río Zoquiapa (nanocuenca) específicamente a lo largo del río Zoquiapa (ver la siguiente figura).



**Figura IV. 27.** Ubicación espacial de los puntos de muestreo.

Los parámetros utilizados para medir la calidad del agua en el río Zoquiapa fueron los siguientes: pH, oxígeno disuelto; temperatura; y conductividad eléctrica. Dichos parámetros presentaron ligeras variaciones en cada uno de los sitios de muestreo, lo que se atribuye a que a lo largo del río cambian las condiciones ambientales. Aunado a lo anterior, también se midió la velocidad de la corriente.

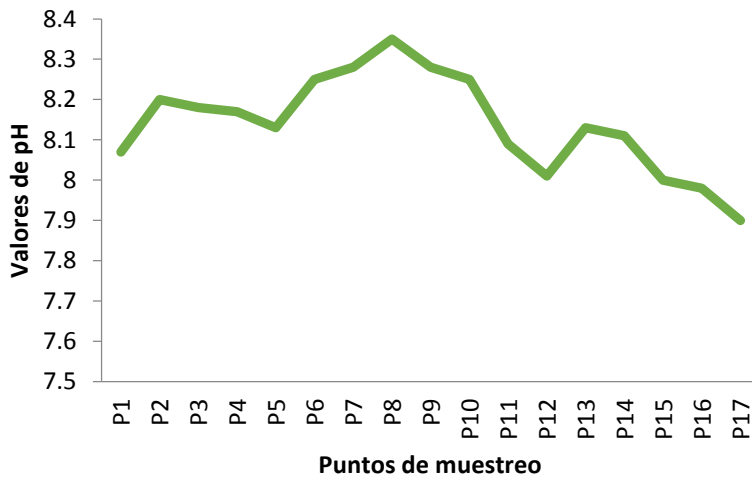
Los resultados de cada uno de los parámetros medidos en los puntos de muestreo fueron los siguientes:

- **pH**

Por lo general las aguas naturales, no contaminadas, exhiben un pH en el rango de 5 a 9, y de acuerdo a los valores obtenidos en campo, el pH del río oscila entre 7.9 y 8.35, lo que lo sitúa dentro del rango de las aguas no contaminadas.

El comportamiento general de la característica de pH no fue constante en cada punto; sin embargo, los valores de pH, que oscilaron entre 7.9 (valor más bajo) y 8.35 (valor más alto), indican que entre los puntos más disimiles existe un diferencia de 0.45. Estos resultados sugieren que el agua del cauce del río Zoquiapa presenta un patrón de condiciones de pH ligeramente alcalino.

En la siguiente figura se muestran los resultados en los sitios de muestreo.



**Figura IV. 28.** Comportamiento de las condiciones de pH a lo largo del cauce del río caracterizado.

- **Temperatura**

Es uno de los parámetros físicos más importantes del agua, ya que por lo general influye directamente en la actividad biológica, absorción de oxígeno, desinfección, sedimentación y filtración. Este parámetro puede variar continuamente por múltiples factores, principalmente ambientales.

Para el caso del río Zoquiapa, de acuerdo a los análisis de los valores obtenidos en campo, la temperatura fue la que mayor fluctuación presentó, el valor registrado de temperatura máxima fue de 22 °C mientras que el valor mínimo registrado fue de 14.6 °C.

- **Oxígeno disuelto**

Niveles bajos, o su ausencia en el agua, puede indicar contaminación elevada o condiciones sépticas, por ello se le puede considerar como un indicador de contaminación.

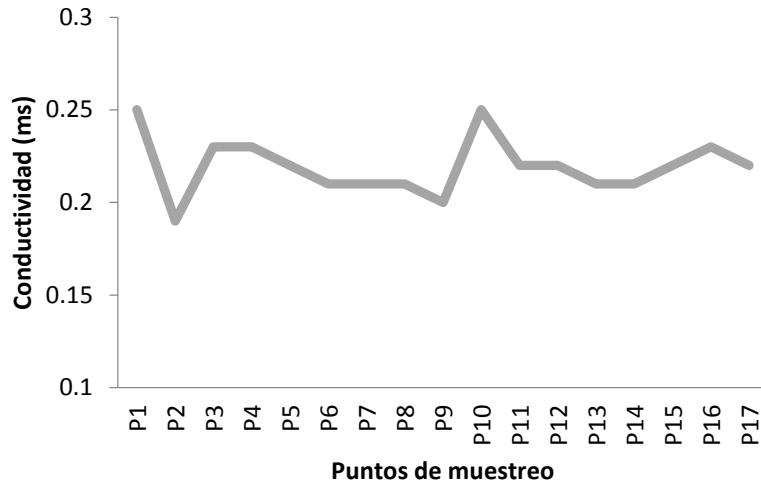
Las aguas superficiales no contaminadas, si son corrientes, suelen estar saturadas de oxígeno disuelto, pero su contenido depende de varios factores, tales como: la aireación, plantas verdes presentes en el agua, temperatura y hora del día.

Con respecto a las condiciones de oxígeno disuelto en el río Zoquiapa se observó que a lo largo del río la variación máxima, entre el valor máximo (9.8 mg/L) y el mínimo (7.2 mg/L), fue de 2.6 mg/L (ver la siguiente tabla). Esto sugiere que existe de manera general un determinado grado de oxigenación que es representativo.

- **Conductividad**

La conductividad eléctrica del agua es un indicador indirecto de la cantidad total de sólidos disueltos en el agua.

Los valores de conductividad eléctrica presentaron un patrón de comportamiento más homogéneo, ya que entre el valor de conductividad más alto (EC = 0.25 ms) y el más bajo (EC = 0.19 m/s) existe una diferencia de 0.6 ms (ver siguiente figura).



**Figura IV. 29.** Comportamiento de las condiciones de conductividad a lo largo del cauce del río caracterizado.

Los resultados de las variables fisicoquímicas, en cada uno de los puntos de muestreo, se resumen en la siguiente tabla.

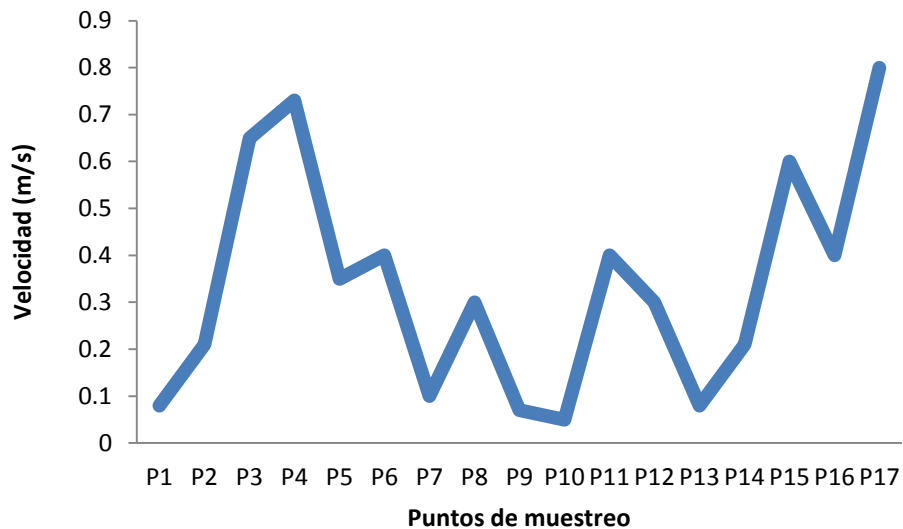
**Tabla IV. 7.** Valores de las propiedades fisicoquímicas del agua registradas en cada uno de los puntos de muestreo.

Punto	Variables fisicoquímicas			
	pH	O <sub>2</sub> Disuelto (mg/L)	Temperatura °C	Conductividad (m/s)
P-1	8.07	9.2	17.6	0.25
p-2	8.2	8.3	21.3	0.19
p-3	8.18	8.1	20.8	0.23
P-4	8.17	7.8	21.1	0.23
P-5	8.13	7.2	21.8	0.22
P-6	8.25	8.2	21.5	0.21
P-7	8.28	8.4	22	0.21
P-8	8.35	9	21.2	0.21
P-9	8.28	9.1	20.5	0.2
P-10	8.25	8.8	20.5	0.25
P-11	8.09	8.5	19.7	0.22
P-12	8.01	9.4	15.4	0.22



Punto	Variables fisicoquímicas			
	pH	O <sub>2</sub> Disuelto (mg/L)	Temperatura °C	Conductividad (m/s)
P-13	8.13	8.7	20.5	0.21
P-14	8.11	8.7	21	0.21
P-15	8	8.2	20.1	0.22
P-16	7.98	9.3	16.6	0.23
P-17	7.9	9.8	14.6	0.22

En cuanto a la velocidad de la corriente del río Zoquiapa, se presentó una fluctuación de velocidad que va de los 0.05 m/s a los 0.8 m/s, registrándose cinco valores mínimos de velocidad, y dos valores de velocidad máxima (ver la siguiente figura).



**Figura IV. 30.** Comportamiento de los valores de velocidad en los puntos de muestreo.

Conforme a los resultados obtenidos en los puntos de muestreo del río Zoquiapa, se tiene que las características físicas del río están determinadas, y estrechamente vinculadas por la conformación topográfica de la cuenca y no presentan un patrón homogéneo de condiciones físicas.

Con respecto a la calidad del agua, los valores de pH (7.9 – 8.35), oxígeno disuelto (7.2 - 9.8 mg/L) y conductividad eléctrica (0.19 – 0.25 m/s), permitieron establecer que no existe una gran diferencia entre los valores de cada uno de los parámetros, por lo que se concluye que la calidad del agua del río Zoquiapa es buena.

#### **IV. 2.1.8. Aporte de sedimentos en la cuenca del río Zoquiapa**

Adicional a los indicadores de calidad del agua antes señalados, también se estimó la cantidad de sedimentos que aporta el área de influencia del río Zoquiapa (nanocuenca). Esta estimación sirvió de base para calcular la eficiencia de atrape de sedimentos del vaso de la presa, dicho cálculo se incluye en el capítulo II de la presente MIA-R.

Existe una diferencia entre el cálculo de la erosión de suelos y el aporte de sedimentos. El primero generalmente se designa con la letra “A” y corresponde a la cuantificación de material sólido que se pone en movimiento en un cierto período (tormenta, mes, año, etc.) como producto de la erosión hídrica. El segundo designado como “AS”, corresponde al material sólido real que aporta una cuenca a su salida (en un cierto periodo). La diferencia entre estos dos conceptos estriba en que el segundo toma en cuenta el redepósito de material sólido dentro de la cuenca y en el primero no, por lo tanto,  $A > AS$ . En ambos casos (A y AS), las unidades son las mismas y pueden ser expresados en  $m^3/km^2$ -año,  $ton/km^2$ -año, o en otras equivalentes.

Los resultados de la aplicación de los criterios empíricos empleados para calcular el aporte de sedimentos en la cuenca fueron los siguientes:

##### **Criterio USBR1**

En la tabla siguiente se muestran los valores promedio del aporte de sedimentos para cuencas de diferentes tamaños:

**Tabla IV. 8. Valores promedio del aporte de sedimentos.**

Aporte de sedimentos según el área de la cuenca <sup>1</sup>	
Tamaño de la Cuenca	(AS) aporte medio de sedimentos
(km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> -año)
<25.9	1810
25.9 a 259.0	762
259.0 a 2590.0	481
> 2590.0	238

Como ya fue mencionado el área de la cuenca es de **12.73 Km<sup>2</sup>**, por lo cual se tiene:

$$AS = (12.73) (1810) = 23,041.30 \text{ m}^3/\text{año}$$

Donde:

AS = Aporte de sedimentos en m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>-año

#### **Criterio USBR2**

El USBR2 propone un segundo criterio para evaluar el aporte de sedimentos, que se basa en mediciones realizadas en varias cuencas del suroeste de los Estados Unidos de Norteamérica. La ecuación propuesta es la siguiente:

$$AS = 1421.8 (Ac)^{-0.229}$$

Donde:

AS = aporte de sedimento en m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>-año

Ac = área de la cuenca en km<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Gottschalk, D. J., 1964, “Reservoir sedimentation”. Section 17, part 1, Handbook of applied Hydrology, Edt. Ven Te Chow, Mc Graw Hill Co., New York, USA.

Sustituyendo valores.

$$AS= 1421.8 (12.73)^{-0.229} = 794.02 \text{ m}^3/\text{km}^2\text{-año}$$

$$AS= (794.02) (12.73) = 10,107.91 \text{ m}^3/\text{año}$$

Promedio entre ambos criterios USBR 1 y USBR 2, > 16, 574.60 m<sup>3</sup>/año

Por lo anterior, el volumen total de sedimentos aportados por la cuenca del río Zoquiapa es del **16,574.60 m<sup>3</sup>/año (100%)**.

#### **IV. 2.1.9 Hidrología subterránea**

Dentro del SAR no se han registrado pozos de extracción. La permeabilidad es la capacidad de una roca para permitir la circulación del agua a través de ella. Esta propiedad depende de la forma, acomodo y distribución granulométrica de las partículas constituyentes, del grado de compactación y cementación de las mismas, factores que controlan, a su vez, el tamaño y conexión de los intersticios. Es importante señalar que una elevada porosidad no implica necesariamente una elevada permeabilidad, por el contrario, en algunas rocas mientras mayor es la porosidad, menor son su permeabilidad; para que una roca sea favorable como acuíferos, no basta que contenga un gran volumen de agua almacenada, es necesario, además que permita su fácil circulación hacia las captaciones (CONAGUA, 2009).

De acuerdo con la clasificación de unidades geohidrológicas, en el SAR se encuentra material consolidado con posibilidades bajas. La cual está conformada principalmente por rocas sedimentarias de origen marino y continental y en algunas áreas por rocas ígneas extrusivas. En el caso de las rocas sedimentarias, su origen procede del Jurásico superior y tienen un alto contenido de arcillas, siendo por lo tanto de baja impermeabilidad; las rocas calcáreas del Cretácico inferior, son calizas altamente kársticas, la cual es una condición propicia para la formación de acuíferos; sin embargo, debido a la topografía accidentada no favorecen la infiltración; las calizas y lutitas del Cretácico superior se presentan en forma alternada, predominando las primeras, permitiendo se infiltre agua al sistema de manera periódica (Universidad Autónoma de Chapingo, 2006).

## IV.2.2. Medio Biótico

### Regiones Prioritarias CONABIO

Con el fin de ubicar el proyecto en relación a las áreas de interés ecológico, a continuación se describen la Regiones Prioritarias, establecidas por la CONABIO, más próximas al SAR definido para el proyecto.

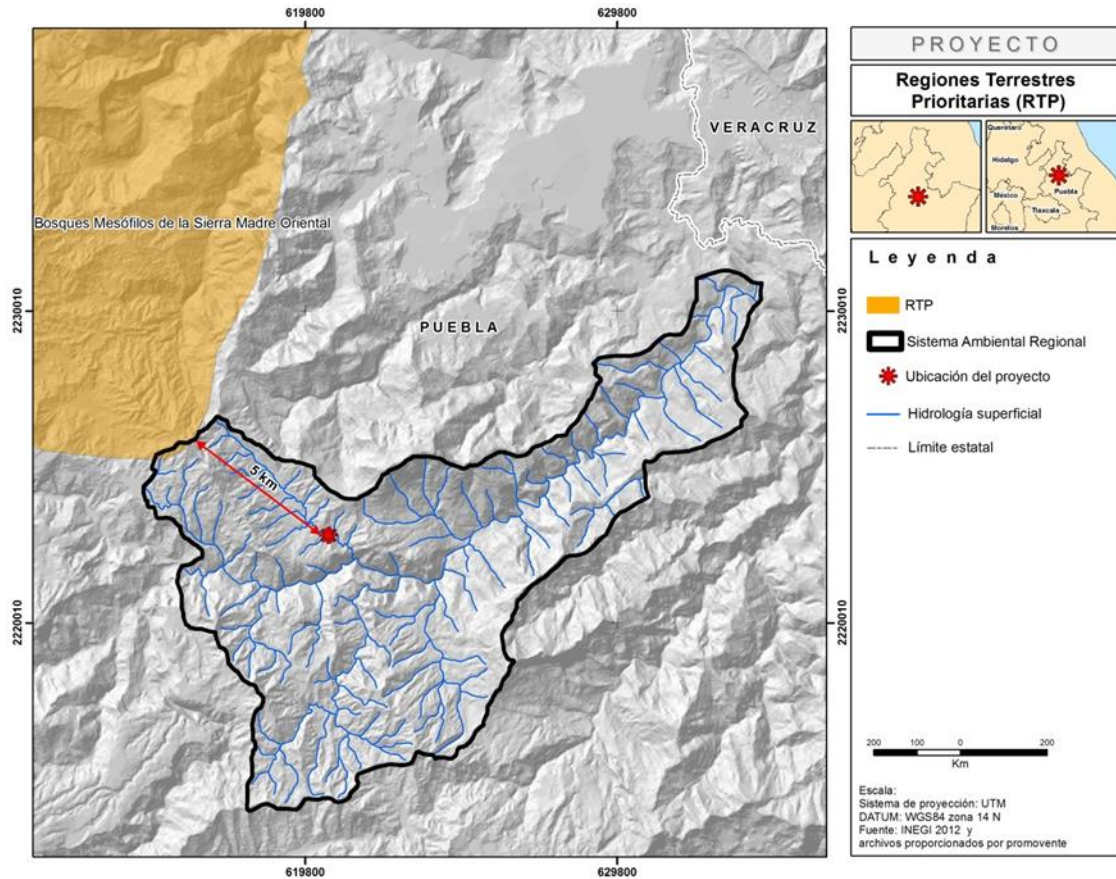
### Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)

- RTP 102 – Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental

Se trata de una región prioritaria para la conservación debido a que integra a los bosques mesófilos representativos de la Sierra Madre Oriental.

Para esta RTP se ha identificado como una de las problemáticas ambientales que el bosque mesófilo de montaña presenta diferentes estados de fragmentación. Al sur de la RTP el bosque mesófilo se encuentra asociado a vegetación secundaria y con pastizales inducidos. La parte central de esta RTP presenta mayor fragmentación del bosque mesófilo hacia la zona de Huayacocotla en donde se reporta *Magnolia macrophylla var dealbata* (especie amenazada y de distribución restringida). Esta especie se localiza en las áreas de vegetación de bosque de pino-encino. Presenta además poblaciones grandes de helechos arborescentes, así como algunas turberas asociadas con flora rara.

El SAR del proyecto queda inmerso dentro de esta RTP 102 en una superficie de 34.97 ha, lo que tan solo representa el 0.0089 % (ver la siguiente figura). En este sentido es posible afirmar que la RTP y el SAR no presentan interacción, pues prácticamente la superficie donde se emplaza la RTP y el SAR es en el límite del parteaguas, por ende el proyecto no tendrá ninguna injerencia sobre el mismo. En la siguiente figura se puede observar que sólo una mínima parte de un extremo del SAR se emplaza dentro de la RTP; sin embargo, es posible aseverar que por cuestión de escalas, es que el SAR se encuentra dentro de la RTP.



**Figura IV. 31.** Regiones Terrestres Prioritarias en las inmediaciones del SAR.

- RTP – 105 Cuetzalan

Esta región se definió como prioritaria para la conservación por la existencia de bosques mesófilos de montaña presentes en las cañadas y la selva alta perennifolia en las partes bajas. Sin embargo, dados los requerimientos ambientales de ambos tipos de vegetación hay un nivel de fragmentación muy grande y la coexistencia con bosques de encino y de éste en asociación con pino, así como grandes extensiones perturbadas. El único manchón significativo de selva alta se ubica entre las cotas de 200 y 400 msnm y el bosque mesófilo se presenta en las laderas entre los

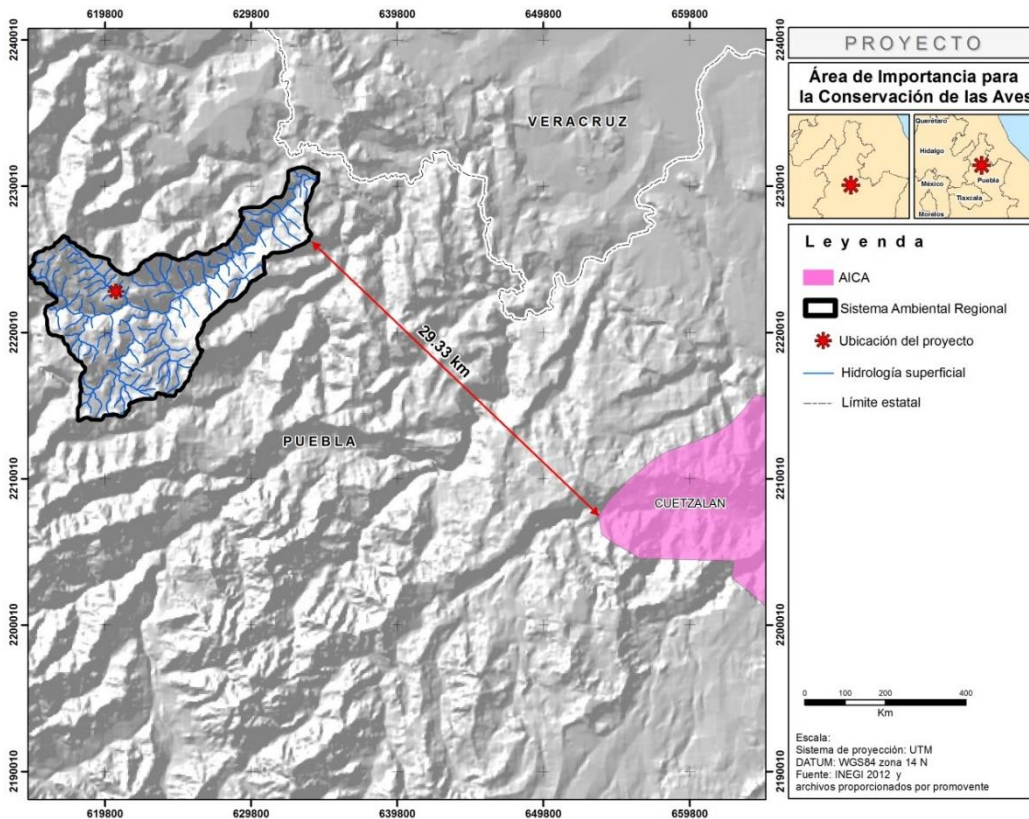
1,200 y 1,800 msnm. La distancia aproximada entre el SAR y esta región es de 17.98 km, por lo que el proyecto no tendrá incidencia en ésta RTP.

### Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)

- Cuetzalan (A1-38)

Se sitúa dentro de la Sierra Norte del estado de Puebla y está formada por cadenas montañosas, cañada, valles y tierras bajas que permiten la existencia de tipos de vegetación muy variados. Los pocos estudios que se han realizado en la zona han permitido el reconocimiento de la gran riqueza avifaunística y de herpetofauna, incluyendo especies bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo a la **NOM-059-SEMARNAT-2010**. Otro factor importante para la propuesta de esta zona como AICA, es el buen estado de conservación de la vegetación.

La distancia entre el SAR y esta AICA es de 29.33 km (ver la siguiente figura), por lo que el proyecto no incide ni tendrá interacción alguna con en esta área.



**Figura IV. 32.** Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) en las inmediaciones del SAR.

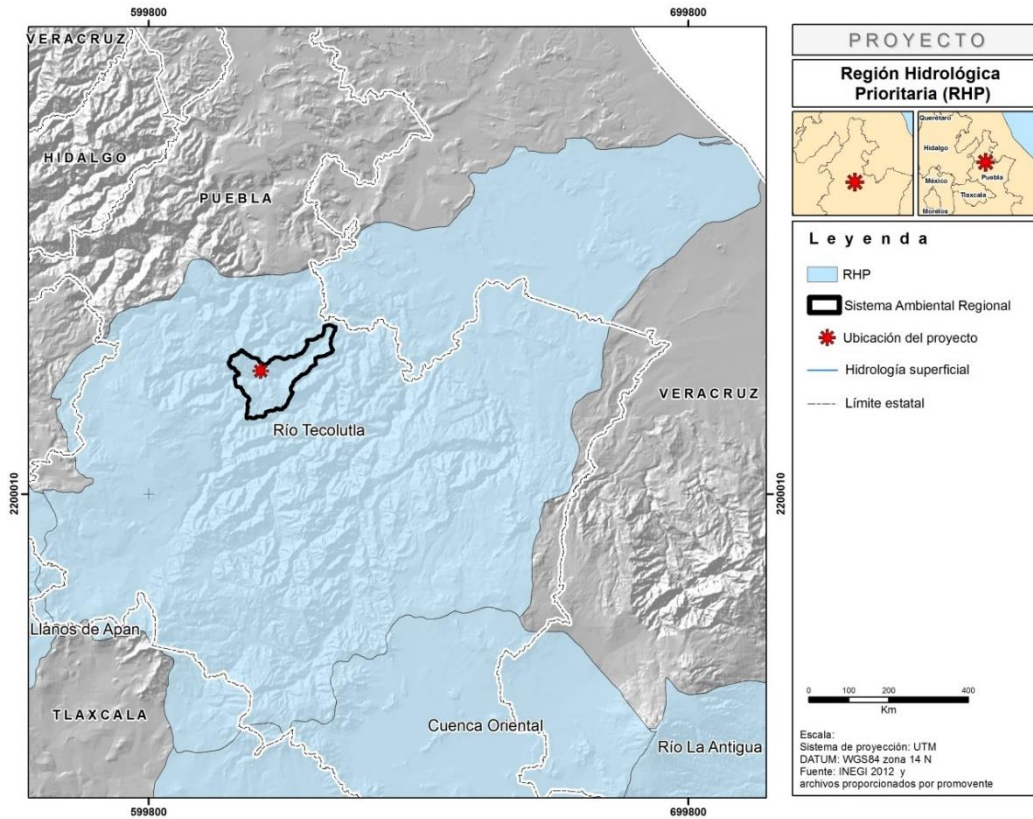
### **Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)**

- Río Tecolutla ( RHP 76)

Esta Región Hidrológica se encuentra rodeada por las sierras de Huachinango al este y Zacapoaxtla al sur; presenta suelos pobres, poco profundos con pendientes pronunciadas, son del tipo Regosol, Luvisol, Feozem, Vertisol y Cambisol. Los recursos hídricos son: **lénticos:** presa Necaxa, estuario, laguna costera, marismas y **lóticos:** ríos Tecolutla, Necaxa, Laxaxalpan, Apulco y Tejcotal, así como algunos arroyos.

Es importante mencionar que el SAR, con una superficie de 13,113.524 ha, queda totalmente inmerso dentro de esta RHP 76, y en porcentaje equivale al 1.64% del total de dicha región prioritaria (ver la siguiente figura).





**Figura IV. 33.** Región Hidrológica Prioritaria Río Tecolutla.

**IV.2.2.1 Vegetación presente en el SAR**

De acuerdo con la capa de uso de suelo y vegetación de la Serie V de INEGI, se incluyen cuatro tipos de vegetación y cinco usos de suelo en el SAR. Cabe destacar que la agricultura de temporal permanente registra la mayor superficie (27.68%), seguido de vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña (15.97%), pastizal cultivado (14.72%), agricultura de temporal anual (14.61%), y vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña (10.03%). En la siguiente tabla se desglosa la superficie y el porcentaje de la vegetación en el SAR.

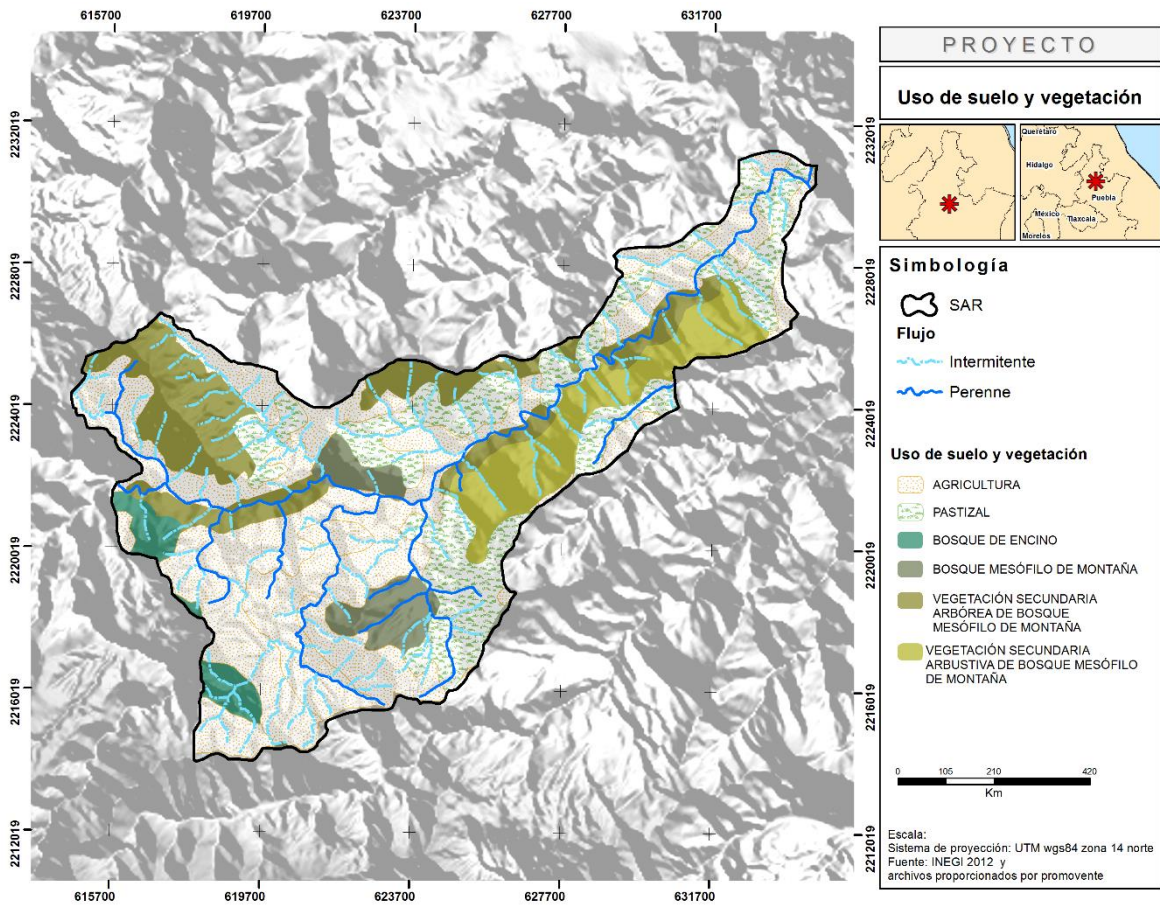
**Tabla IV. 9. Tipos de vegetación y uso de suelo presentes en el SAR.**

Vegetación y uso de suelo	Superficie ocupada dentro del SAR	
	ha	%
Agricultura de temporal anual	1915.915	14.61

Agricultura de temporal anual y permanente	291.623	2.22
Agricultura de temporal permanente	3630.262	27.68
Bosque de encino	392.961	3.00
Bosque mesófilo de montaña	651.074	4.96
Pastizal cultivado	1930.677	14.72
Pastizal inducido	891.407	6.80
Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña	2094.056	15.97
Vegetación secundaria arbustiva de bosque mesófilo de montaña	1315.546	10.03
<b>Total</b>	<b>13113.52</b>	<b>100</b>

Como se muestra en la siguiente figura, los usos de suelo como la agricultura<sup>2</sup> y el pastizal ocupa una superficie continua en el SAR, y en cuanto a la vegetación se encuentra en un estado fragmentado.

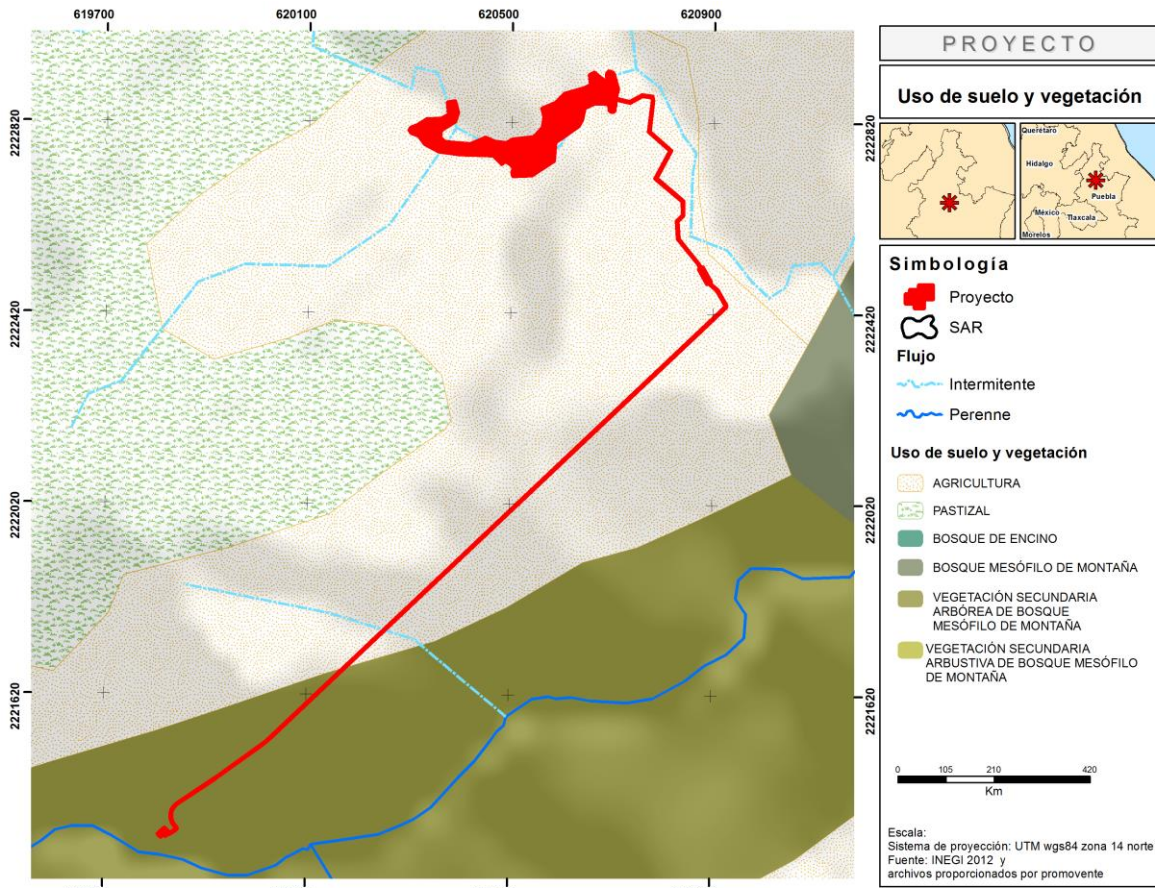
<sup>2</sup> Para una mejor representación de los usos de suelo en el mapa, se agruparon todos los tipos de agricultura (agricultura de temporal anual, agricultura de temporal anual y permanente y agricultura de temporal permanente) en una categoría, así también como el uso de suelo de pastizal (pastizal cultivado y pastizal inducido).



**Figura IV. 34.** Vegetación y Usos de Suelo en el SAR. En la Carta de INEGI no es posible observar la vegetación riparia, debido a la escala de la carta; sin embargo, se puede encontrar alrededor de los cuerpos de agua, en condición perturbada debido a las actividades humanas.

**IV.2.2.2 Vegetación presente en el área del proyecto**

De acuerdo con la Carta de uso de suelo y vegetación de INEGI serie V, el área donde se pretende realizar el proyecto presenta un uso de suelo de agricultura con vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña (ver la siguiente figura).



**Figura IV. 35.** Vegetación presente en el área del proyecto.

### **IV.2.2.3 Análisis de la vegetación**

Cabe indicar que derivado de los muestreos de la vegetación, se identificaron un total de cuatro tipos de vegetación en el SAR (bosque mesófilo de montaña, bosque de quercus, selva alta perennifolia y vegetación riparia), que difieren a los tipos de vegetación representados por INEGI en su carta de uso de suelo y vegetación serie V, lo cual es comprensible debido a la escala de representación y la falta de corroboración de la vegetación en su carta.

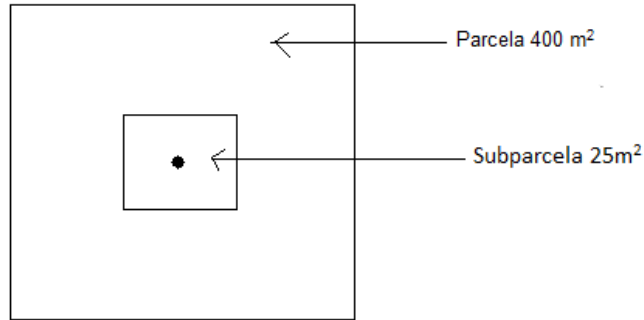
Conforme a lo anterior, en los siguientes apartados se muestran las técnicas de muestreo y los resultados obtenidos.

#### **IV.2.2.3.1 Muestreo**

De manera ineludible, el asunto del muestreo de la vegetación conduce a relación de los conceptos de homogeneidad /heterogeneidad del sistema ecológico que pretende representarse a través de esos muestreos. Así, entre más heterogéneo es un sistema, mayor número de registro se requieren para representar, lo opuesto ocurre cuando el sistema tiende a la homogeneidad.

El tamaño de los cuadros de muestreo que han de usarse se puede encontrar en los métodos propuestos por diferentes autores, o instituciones, con la experiencia en el tema. Baste, por ejemplo, decir que CONAFOR recomienda cuadrados de 20x20 m para el estrato arbóreo, y para el arbustivo cuadrados de 10x10 m.

Para la obtención de la información de los tipos de vegetación que se identificaron en el SAR, se utilizó el método de “cuadrantes”, el cual consiste en trazar una parcela de 400 m<sup>2</sup> (20x20m) tendido en dirección a la pendiente para el estrato arbóreo. En cada cuadrante, o parcela, se midió la altura de los individuos y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles dentro del cuadrante. Para el caso del estrato arbustivo, dentro de éste mismo cuadrante se utilizó una subparcela de 25 m<sup>2</sup> (5x5m) (ver la siguiente figura), en donde se obtuvo la cobertura de cada uno de los arbustos dentro de la subparcela. Para el estrato herbáceo únicamente se recolectaron ejemplares distintos a las gramíneas.



**Figura IV. 36. Diagrama de la unidad de muestreo (cuadrante de 400 m<sup>2</sup>).**

Asimismo, para cada cuadrante se tomaron datos como: coordenadas, altitud, localidad, fecha, número de muestreo, pendiente, tipo de vegetación y observaciones generales. Los sitios de muestreo de vegetación se seleccionaron al azar, en función a la representatividad de los tipos de vegetación presente en el SAR y en el área del proyecto (ver la siguiente tabla).

**Tabla IV. 10. Coordenadas de los Sitios de muestreo en el SAR y en el área del proyecto.**

Tipo de vegetación	Número de muestreo	X	Y	Sitios de muestreo
Bosque mesófilo de montaña	1	620945	2222254	AP
Bosque mesófilo de montaña	2	620522	2222789	AP
Bosque mesófilo de montaña	3	620397	2222862	AP
Vegetación riparia	4	620378	2222856	AP
Vegetación riparia	5	620565	2222729	AP
Vegetación riparia	6	620709	2222877	AP
Vegetación riparia	7	620683	2222875	AP
Vegetación riparia	12	618275	2221278	AP

Tipo de vegetación	Número de muestreo	X	Y	Sitios de muestreo
Vegetación riparia	14	619489	2221299	AP
Bosque mesófilo de montaña	16	619821	2221707	AP
Vegetación riparia	17	619498	2221297	AP
Bosque de Quercus	21	619513	2221777	AP
Bosque de Quercus	8	618490	2216076	SAR
Bosque de Quercus	9	618136	2216523	SAR
Vegetación riparia	10	618308	2221208	SAR
Bosque mesófilo de montaña	11	621434	2222892	SAR
Selva alta perennifolia	13	618277	2221206	SAR
Selva alta perennifolia	15	624671	2222420	SAR
Bosque mesófilo de montaña	18	618101	2221997	SAR
Bosque mesófilo de montaña	19	626055	2224115	SAR
Bosque mesófilo de montaña	20	627770	2225715	SAR
Bosque de Quercus	22	624275	2222377	SAR

En la siguiente figura se muestra la ubicación espacial de los sitios de muestreo en el SAR y en el área del proyecto.

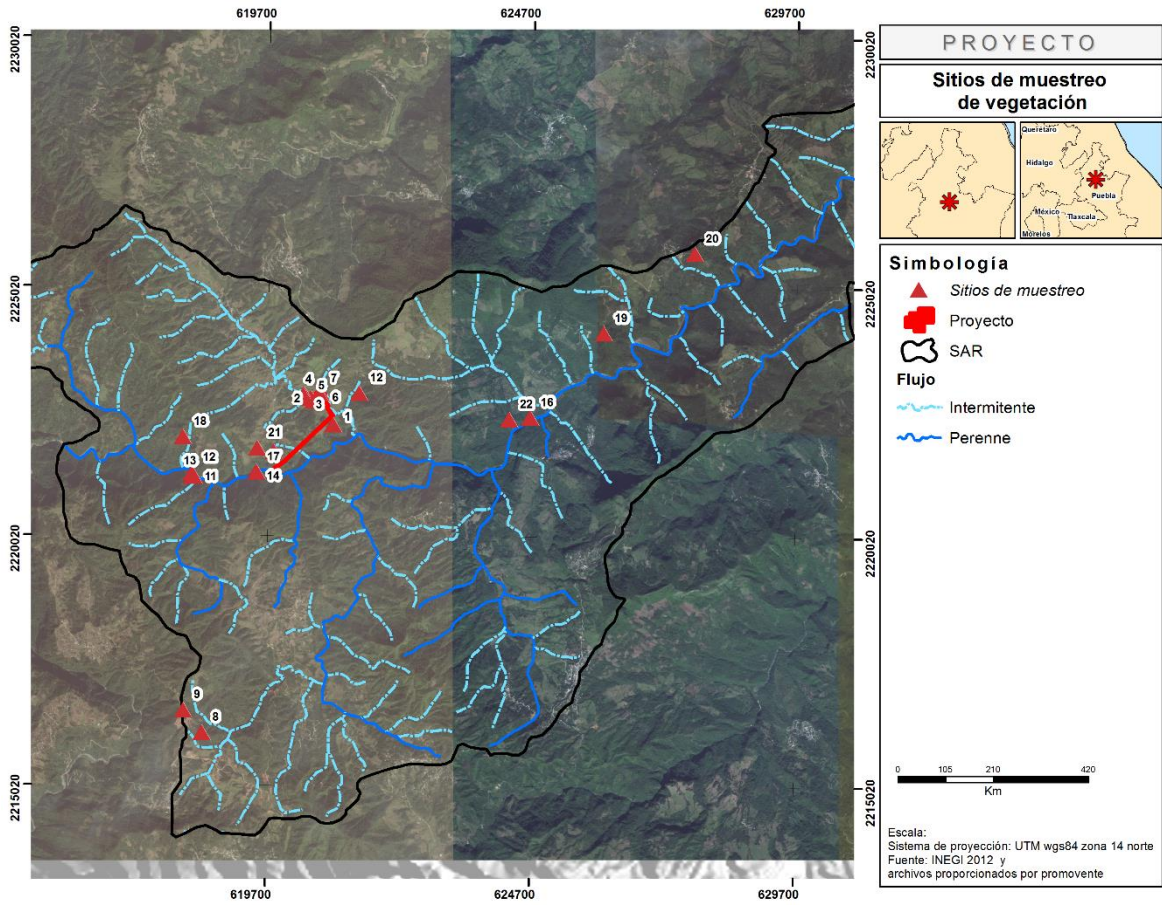


Figura IV. 37. Ubicación espacial de los sitios de muestreo en el SAR.

En la siguiente figura se representan espacialmente, aquellos puntos de muestreo realizados en el área del proyecto.



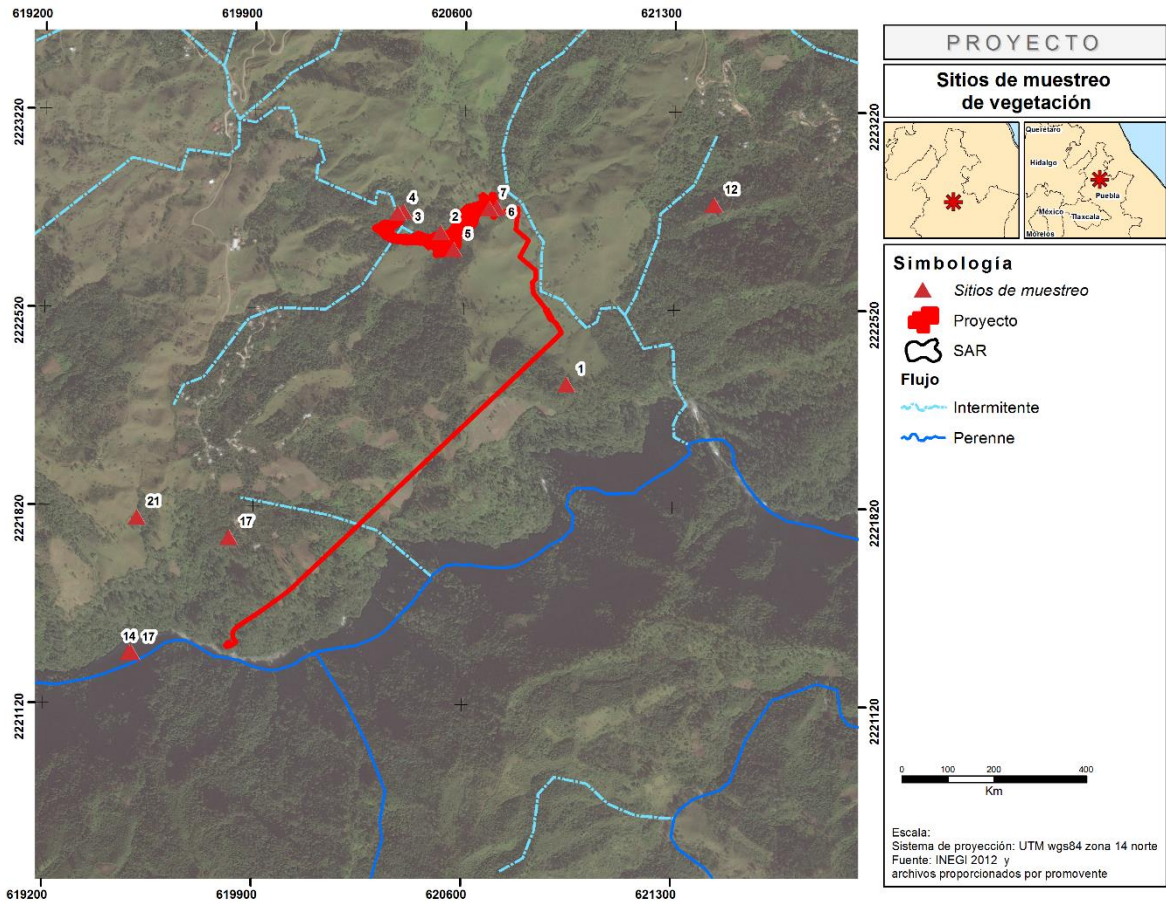


Figura IV. 38. Muestreros de vegetación en el área del proyecto.

#### IV.2.2.3.2 Curvas de acumulación de especies en los tipos de vegetación

El empleo de las curvas de acumulación de especies, nos permitió realizar una comparación entre los cuatro tipos de vegetación para estimar el número de especies en el SAR. Cabe destacar que debido a la naturaleza del proyecto se realizó un mayor esfuerzo de muestreos en la vegetación más susceptible a afectar (bosque mesófilo de montaña y vegetación riparia).

Los tipos de vegetación en los que se observó un mayor número de especies fue el bosque mesófilo de montaña y vegetación riparia (ver las siguientes figuras). Por lo que se puede considerar que son los tipos de vegetación más ricos en especies y bien representados de acuerdo a las curvas de acumulación de especies.

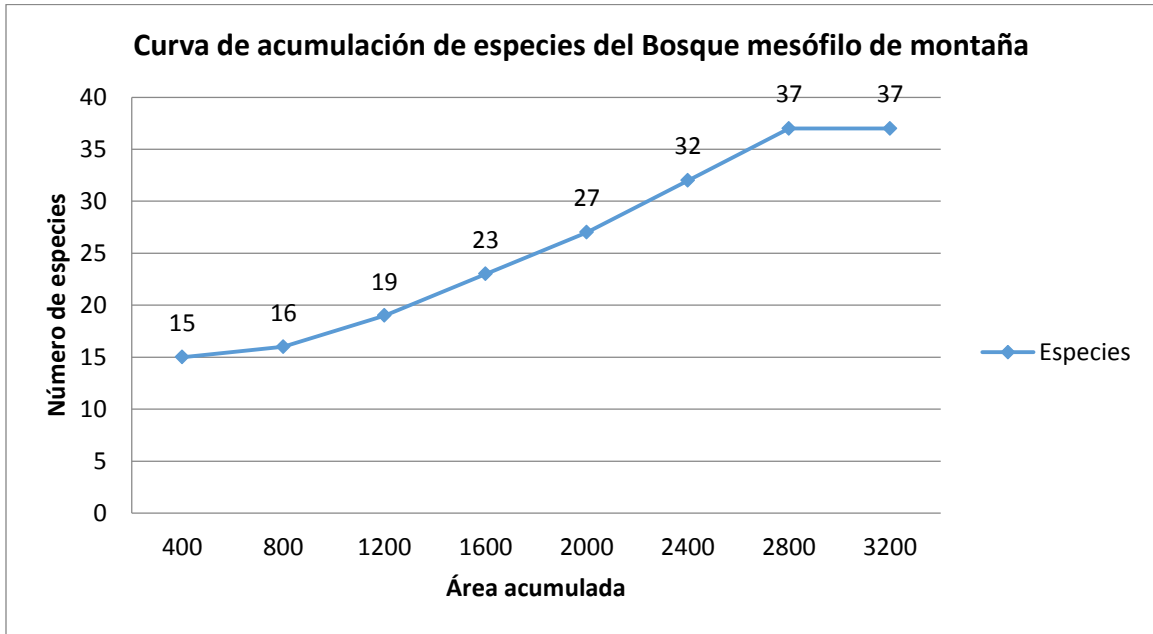


Figura IV. 39. Curva de acumulación de especies del Bosque mesófilo de montaña para el SAR.

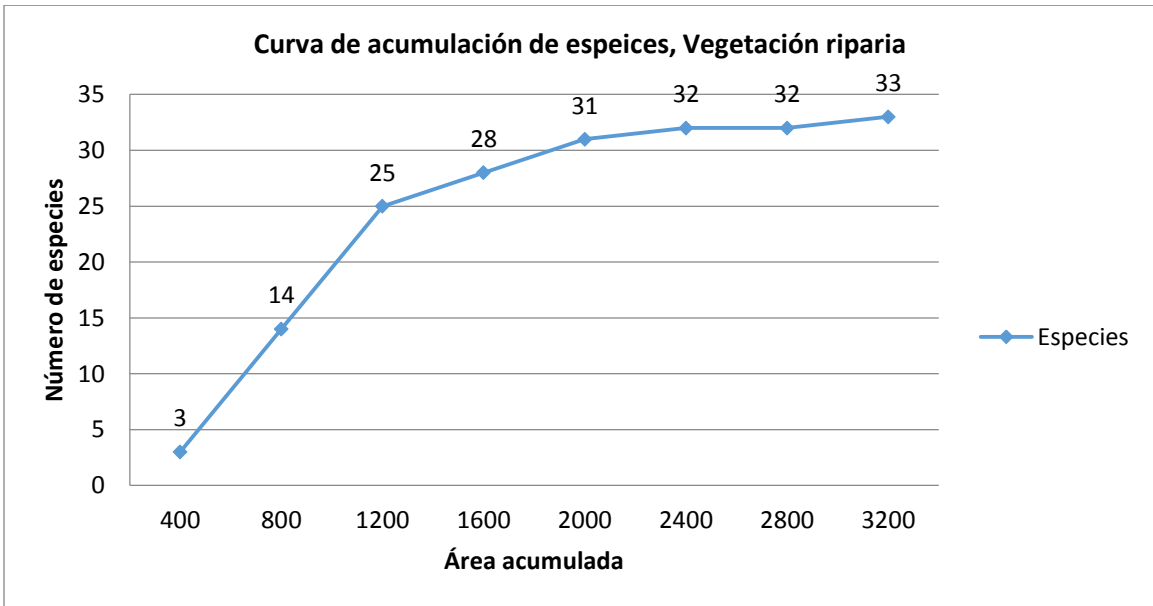
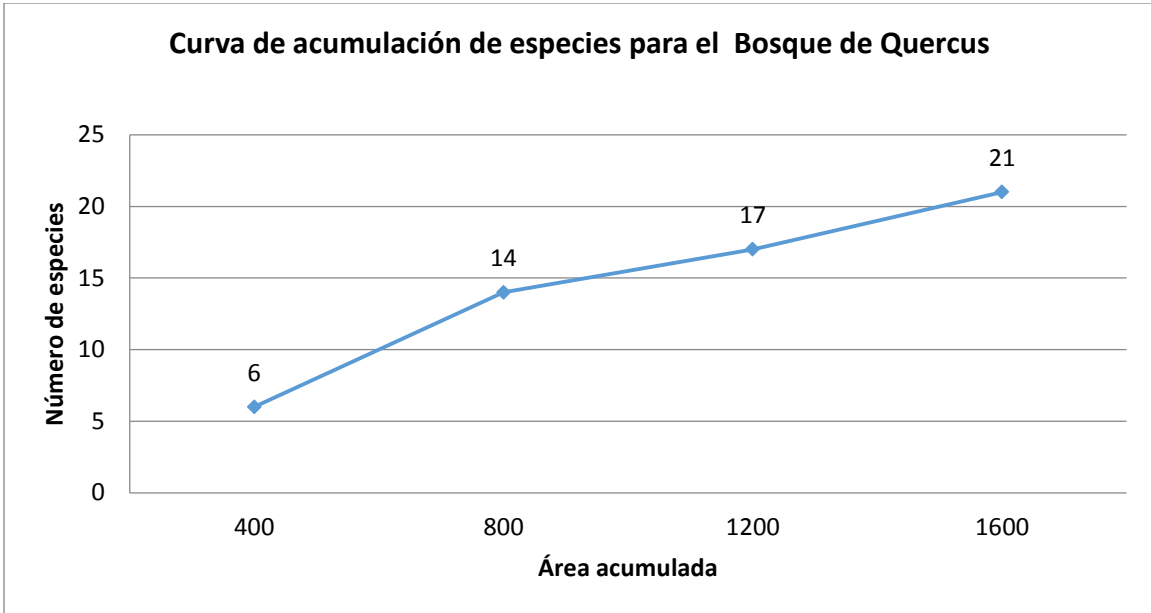


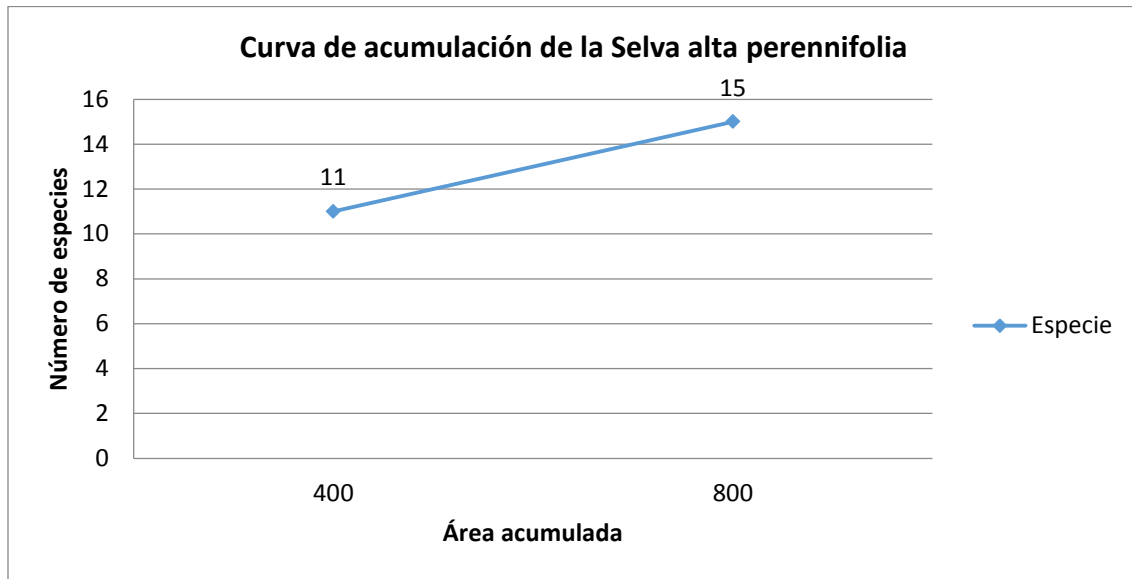
Figura IV. 40. Curva de acumulación de especies de la vegetación riparia dentro del SAR.

El Bosque de quercus (ver la siguiente figura), registró un total de 21 especies, por lo que su riqueza de especies no es tan abundante como en el Bosque mesófilo de montaña o la vegetación riparia.



**Figura IV. 41.** Curva de acumulación de especies para el Bosque de Quercus dentro del SAR.

El tipo de vegetación con la menor riqueza de especies fue la selva alta perennifolia (ver la siguiente figura). En la cual se registró un total de 15 especies.



**Figura IV. 42.** Curva de acumulación de especies de la Selva alta perennifolia dentro del SAR.

Es importante aclarar que el tamaño y la composición de un inventario de especies en un lugar, o tipo de vegetación determinado, varía con el tiempo, así como su escala espacial de trabajo y de las características espacio-ambientales del área de muestreo, por lo que nunca se puede llegar a tener un inventario completo, lo que significa que en algunos tipos de vegetación no se alcanzaría la curva de acumulación de especies. Como ejemplo se tiene a la vegetación de selva alta perennifolia, la cual se observó que en el SAR ha sido la más afectada por las actividades humanas, como la cafecultura, y por lo tanto esta variable puede afectar la representatividad de muestreo.

#### IV.2.2.3.3 Índices de valor de importancia (IVI)

Para obtener el índice de valor de importancia (IVI) para los 4 tipos de vegetación (bosque mesófilo de montaña, bosque de quercus, selva alta perennifolia y vegetación riparia), presentes en el SAR, se determinaron la dominancia relativa, la densidad relativa y la frecuencia relativa de cada una de las especies.

En el caso del estrato arbóreo, se calculó área basal ( $AB_R$ ), mientras que para el estrato arbustivo se calculó la cobertura ( $C_R$ ). Ambos datos son un reflejo de la dominancia de las especies.

Para el cálculo del área basal ( $AB_R$ ) que se define como “el área del tronco de la planta o la suma de las áreas de los tallos, si la planta tiene varios”. El área basal absoluta ( $AB_A$ ) de la  $sp_1$  ( $m^2$ ) se calcula con la fórmula del área del círculo (Ecuación 1):

$$AB_A = \pi \times r^2$$

Perímetro<sup>2</sup>/  $\pi \times 4$

Ecuación 1

Por tanto, el área basal total de la especie es la suma del área de todos los individuos, y así con la ecuación 2 se puede calcular el área basal relativa ( $AB_R$ ) de la  $sp_1$ .

$$AB_R = \frac{AB_{A_i}}{\sum_n AB_{A_i}} \times 100$$

Ecuación 2

Para el cálculo de la cobertura relativa ( $C_R$ ) que se define como “la superficie ( $m^2$ ) que cubre del suelo la copa de la planta”, primero fue necesario obtener la cobertura absoluta ( $C_A$ ) por especie, la cual se obtuvo utilizando la ecuación 3, mientras que para estimar la cobertura relativa de cada especie se utilizó la ecuación 4.

$$C_A = \left( \frac{D_1 + D_2}{4} \right)^2 \times \pi$$

Ecuación 3

$$C_R = \frac{C_{A_i}}{\sum_n C_{A_i}} \times 100$$

Ecuación 4

Donde  $D_1$  es el diámetro mayor de la copa (m) y  $D_2$  es el diámetro perpendicular a  $D_1$  (m)

Para el cálculo de la densidad relativa ( $D_R$ ), primero se obtuvo la densidad absoluta ( $D_A$ ) por especie que se define como “el número de individuos de la especie por área total muestreada”, a partir de ésta se obtuvo la  $D_R$  (Ecuación 5).

Ecuación 5

$$D_R = \frac{D_{A_i}}{\sum_n D_{A_i}} \times 100$$

Por último se estimó la frecuencia absoluta ( $F_A$ ), que se define como “la cantidad de veces que la especie  $i$ , aparece en el total de las unidades muestrales”. A partir de éste dato, se obtuvo la frecuencia relativa ( $F_R$ ) de cada especie, utilizando la ecuación 6.

Ecuación 6

$$F_R = \frac{F_{A_i}}{\sum_n F_{A_i}} \times 100$$

Por último, para obtener el índice de valor de importancia relativa por cada especie se utilizó la ecuación 7.

Ecuación 7

$$IVI = AB_R + F_R + D_R$$

El valor de cada una de las características es un porcentaje que varía de 0 a 100, por lo tanto la escala del valor de importancia va de 0 a 300. Las especies con mayor valor de importancia ejemplifican aquellas que canalizan la mayor parte de los recursos disponibles.

**IV.2.2.3.4 Análisis de los Índices de valor de importancia (IVI) en el SAR**

➤ **Estrato arbóreo**

La mayoría de las especies reportadas para la **selva alta perennifolia** (ver la siguiente tabla), son registradas en otros trabajos como características de esta comunidad, (Pennington y Sarukhán, 2005; Rodríguez, 2005; Rzedowski, 1978); sin embargo, suelen ser consideradas como especies que aparecen en los procesos inmediatos a la degradación, como son: *Trema micrantha*, *Croton draco*, *Guazuma ulmifolia*, *Heliocarpus appendiculatus*, o bien como componentes que delatan un proceso más cercano a la condición original, *Bursera simaruba*. Otras especies son ejemplo del uso intencionado para algún fin, como es el caso de *Inga vera*, pero todas acusan un estado degradado del ecosistema original.

Destaca que la especie con el mayor valor de importancia, (IVI), sea *Inga vera*, una de las especies más usadas como árbol sombra para proteger a los cultivos de café, junto con *Croton draco*, corroborando lo anterior con los valores de importancia para esta comunidad.

**Tabla IV. 11. Índices de valor de importancia de la selva alta perennifolia, estrato arbóreo, en el SAR.**

Especie	Abundancia	Ind /Ha	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
<i>Inga vera</i>	14	372.340	29.787	10.526	15.431	55.745
<i>Guazuma ulmifolia</i>	3	79.787	6.383	5.263	23.070	34.716
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	5	132.979	10.638	5.263	15.142	31.043
<i>Pleuranthodendron lindenii</i>	4	106.383	8.511	5.263	13.899	27.673
<i>Trema micrantha</i>	4	106.383	8.511	10.526	6.495	25.532
<i>Cecropia obtusifolia</i>	4	106.383	8.511	10.526	6.455	25.492
<i>Croton draco</i>	2	53.191	4.255	10.526	2.443	17.225
<i>Inga jinicuil</i>	3	79.787	6.383	5.263	4.903	16.549
<i>Ostrya virginiana</i>	2	53.191	4.255	5.263	4.100	13.618
<i>Ardisia revoluta</i>	1	26.596	2.128	5.263	3.130	10.521

Especie	Abundancia	Ind /Ha	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
<i>Bursera simaruba</i>	1	26.596	2.128	5.263	1.734	9.125
<i>Cestrum sp.</i>	1	26.596	2.128	5.263	1.397	8.787
<i>Annona rensoniana</i>	1	26.596	2.128	5.263	0.713	8.103
<i>Dendropanax arboreus</i>	1	26.596	2.128	5.263	0.614	8.004
<i>Urera caracasana</i>	1	26.596	2.128	5.263	0.474	7.865
Totales	47	1250	100	100	100	300

Del cálculo de los valores de importancia del **bosque mesófilo de montaña** (ver la siguiente tabla), destaca que es la comunidad con más especies, entre las que destacan: *Quercus sartorii*, *Liquidambar styraciflua*, *Carpinus caroliniana*, *Alsophila firma*, por mencionar algunos de los elementos característicos.

Es notoria que la caracterización de este hábitat coincide plenamente con las características que para él han formulado diversos autores, (Miranda, 1947, Puig, 1976, Rzedowski, 1978), donde las especies más conspicuas tienen afinidad boreal, *Quercus*, quien es el género que obtiene los primeros valores de importancia. Del resto de las especies, algunas corresponden a los estratos bajos del arbolado teniendo marcada afinidad meridional y asiática, *Clethra mexicana*, *Persea effusa*. Indicando que esta comunidad, en general, no sólo por las especies con altos valores de importancia, sino en su conjunto, mantienen una coherencia con su denominación.



**Tabla IV. 12. Índices de valor de importancia del bosque mesófilo de montaña, estrato arbóreo, en el SAR.**

Especie	Abundancia	Ind /Ha	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
<i>Quercus sartorii</i>	28	35.282	11.290	4.918	14.965	31.173
<i>Quercus corrugata</i>	18	22.681	7.258	4.918	10.279	22.455
<i>Quercus skinneri</i>	9	11.341	3.629	3.279	14.814	21.722
<i>Ficus tecolutensis</i>	1	1.260	0.403	1.639	17.833	19.875
<i>Trichospermum mexicanum</i>	24	30.242	9.677	3.279	3.496	16.452
<i>Brunellia mexicana</i>	25	31.502	10.081	1.639	4.648	16.368
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	15	18.901	6.048	3.279	3.570	12.898
<i>Croton draco</i>	9	11.341	3.629	6.557	1.202	11.388
<i>Cecropia obtusifolia</i>	8	10.081	3.226	6.557	1.363	11.147
<i>Pleuranthodendron lindenii</i>	9	11.341	3.629	4.918	1.404	9.951
<i>Alsophila firma</i>	7	8.821	2.823	4.918	1.035	8.776
<i>Ficus cotinifolia</i>	4	5.040	1.613	1.639	5.151	8.403
<i>Liquidambar styraciflua</i>	3	3.780	1.210	4.918	2.187	8.315
<i>Clethra mexicana</i>	9	11.341	3.629	3.279	1.320	8.228
<i>Carpinus caroliniana</i>	9	11.341	3.629	1.639	1.939	7.207
<i>Persea effusa</i>	11	13.861	4.435	1.639	0.528	6.603
<i>Trema micrantha</i>	8	10.081	3.226	1.639	1.542	6.408
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	2	2.520	0.806	3.279	2.230	6.315
<i>Pinus pseudostrobus</i>	6	7.560	2.419	1.639	1.854	5.913
<i>Inga vera</i>	3	3.780	1.210	3.279	1.188	5.676
<i>Hampea nutricia</i>	5	6.300	2.016	3.279	0.350	5.645
<i>Persea americana</i>	3	3.780	1.210	1.639	2.105	4.954
<i>Zinowiewia aff. integerrima</i>	3	3.780	1.210	3.279	0.169	4.657
<i>Ostrya virginiana</i>	4	5.040	1.613	1.639	1.112	4.364
<i>Gliricidia sepium</i>	3	3.780	1.210	1.639	0.834	3.683

Especie	Abundancia	Ind /Ha	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
<i>Salix humboldtiana</i>	2	2.520	0.806	1.639	1.068	3.514
<i>Syzygium jambos</i>	4	5.040	1.613	1.639	0.033	3.285
<i>Psychotria elata</i>	4	5.040	1.613	1.639	0.020	3.272
<i>Parmentiera aculeata</i>	3	3.780	1.210	1.639	0.258	3.107
<i>Leucaena leucocephala</i>	2	2.520	0.806	1.639	0.449	2.894
<i>Alnus acuminata</i>	1	1.260	0.403	1.639	0.441	2.483
<i>Miconia argentea</i>	1	1.260	0.403	1.639	0.220	2.263
<i>Bursera simaruba</i>	1	1.260	0.403	1.639	0.157	2.200
<i>Saurauia scabrada</i>	1	1.260	0.403	1.639	0.102	2.144
<i>Cnidoscolus multilobus</i>	1	1.260	0.403	1.639	0.087	2.130
<i>Clethra macrophylla</i>	1	1.260	0.403	1.639	0.035	2.078
<i>Miconia trinervia</i>	1	1.260	0.403	1.639	0.011	2.054
Totales	248	313	100	100	100	300

El **bosque de Quercus**, registró un total de 21 especies, entre las que destacan *Alsophila firma* por ser la más abundante relativamente en este tipo de vegetación, además de que es considerada una especie sujeta a protección especial de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (ver la siguiente tabla). De las especies del género *Quercus*, se registraron un total de 6 especies.

Tabla IV. 13. Índices de valor de importancia del bosque de *quercus* (estrato arbóreo) en el SAR.

Especie	Abundancia	Ind /Ha	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
<i>Pinus montezumae</i>	15	54.191	8.671	8	23.179	39.849
<i>Alsophila firma</i>	33	119.220	19.075	4	5.854	28.929
<i>Quercus affinis</i>	21	75.867	12.139	4	7.870	24.009
<i>Quercus xalapensis</i>	11	39.740	6.358	4	13.297	23.655
<i>Quercus acutifolia</i>	12	43.353	6.936	4	10.251	21.187
<i>Quercus sartorii</i>	6	21.676	3.468	8	7.158	18.626
<i>Quercus candicans</i>	12	43.353	6.936	8	3.501	18.438
<i>Pinus patula</i>	10	36.127	5.780	4	7.182	16.963
<i>Clethra mexicana</i>	9	32.514	5.202	8	1.888	15.090
<i>Hampea nutricia</i>	13	46.965	7.514	4	3.105	14.619
<i>Cedrela odorata</i>	4	14.451	2.312	4	6.788	13.101
<i>Celtis iguanaea</i>	11	39.740	6.358	4	0.182	10.541
<i>Pleuranthodendron lindenii</i>	5	18.064	2.890	4	2.513	9.403
<i>Trema micrantha</i>	2	7.225	1.156	4	3.804	8.960
<i>Zinowiewia aff. integerrima</i>	2	7.225	1.156	4	1.065	6.221
<i>Gaultheria acuminata</i>	2	7.225	1.156	4	0.735	5.891
<i>Quercus oleoides</i>	1	3.613	0.578	4	1.094	5.672
<i>Quercus glaucoides</i>	1	3.613	0.578	4	0.424	5.002
<i>Liquidambar styraciflua</i>	1	3.613	0.578	4	0.081	4.659
<i>Alnus acuminata</i>	1	3.613	0.578	4	0.022	4.600
<i>Vernonia karwinskiana</i>	1	3.613	0.578	4	0.007	4.585
Totales	173	625	100	100	100	300

Los valores de importancia de la **vegetación riparia** (ver la siguiente tabla), indican que a excepción de *Salix humboldtiana*, la mayoría de las especies son consideradas parte de la vegetación secundaria de la Selva alta perennifolia por ejemplo *Trema micrantha*, *Cecropia*

*obtusifolia*, o bien del Bosque mesófilo de montaña por ejemplo *Saurauia scabrada*. Es importante mencionar que la especie con la mayor abundancia relativa es *Heliocarpus appendiculatus*, la cual se caracteriza por ser pionera en bosques tropicales alterados. También se registró un individuo de *Ostrya virginiana*, la cual es una especie sujeta a protección especial de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Tabla IV. 14. Índices de valor de importancia de vegetación riparia (estrato arbóreo) en el SAR.**

Especie	Abundancia	Ind /Ha	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	45	236.345	37.815	12.121	35.831	85.768
<i>Saurauia scabrada</i>	21	110.294	17.647	9.091	22.977	49.715
<i>Trema micrantha</i>	15	78.782	12.605	12.121	7.816	32.542
<i>Croton draco</i>	6	31.513	5.042	9.091	3.744	17.877
<i>Cecropia obtusifolia</i>	4	21.008	3.361	9.091	3.642	16.094
<i>Salix humboldtiana</i>	3	15.756	2.521	6.061	6.817	15.398
<i>Trichospermum mexicanum</i>	5	26.261	4.202	3.030	4.668	11.900
<i>Ostrya virginiana</i>	1	5.252	0.840	3.030	5.346	9.217
<i>Alchornea latifolia</i>	5	26.261	4.202	3.030	1.117	8.349
<i>Inga vera</i>	1	5.252	0.840	3.030	2.519	6.390
<i>Trophis mexicana</i>	2	10.504	1.681	3.030	1.024	5.735
<i>Cestrum sp.</i>	2	10.504	1.681	3.030	0.916	5.627
<i>Platanus mexicana</i>	1	5.252	0.840	3.030	1.548	5.418
<i>Hampea nutricia</i>	2	10.504	1.681	3.030	0.492	5.203
<i>Cnidoscolus multilobus</i>	1	5.252	0.840	3.030	0.292	4.163
<i>morfoespecie 2</i>	1	5.252	0.840	3.030	0.292	4.163
<i>morfoespecie 4</i>	1	5.252	0.840	3.030	0.265	4.136
<i>Zinowiewia aff. integerrima</i>	1	5.252	0.840	3.030	0.243	4.114

Especie	Abundancia	Ind /Ha	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
<i>morfoespecie 3</i>	1	5.252	0.840	3.030	0.227	4.097
<i>Piper sp.</i>	1	5.252	0.840	3.030	0.223	4.093
Totales	119	625	100	100	100	300

➤ **Estrato arbustivo**

En la mayor parte del SAR, es evidente el cambio de uso de suelo original por el agropecuario, destacando el cultivo de café, pudiéndose constatar que la especie con el valor de importancia más alto en la **selva alta perennifolia** (ver la siguiente tabla), es *Coffea arabica*; la cual presenta la abundancia relativa más alta y por lo tanto el IVI más elevado (Ricketson y Pipoly, 2009).

**Tabla IV. 15. Índices de valor de importancia de la Selva alta perennifolia (estrato arbustivo) del SAR.**

Especies	Abundancia	Ind/Ha	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
<i>Coffea arabica</i>	16	525	59.259	14.286	63.727	137.272
<i>Ardisia revoluta</i>	4	131	14.815	14.286	11.621	40.721
<i>Morfoespecie 35</i>	2	66	7.407	14.286	8.310	30.003
<i>Morfoespecie 38</i>	2	66	7.407	14.286	5.623	27.316
<i>Morfoespecie 39</i>	1	33	3.704	14.286	3.573	21.562
<i>Morfoespecie 44</i>	1	33	3.704	14.286	3.573	21.562
<i>Renealmia mexicana</i>	1	33	3.704	14.286	3.573	21.562
Totales	27	885	100	100	100	300

\*Donde: Ind/Ha= Individuos por hectárea; IVI= Índice de Valor de Importancia.

Destaca que para el **bosque mesófilo de montaña** (ver la siguiente tabla), todas las especies registradas son propias de sitios perturbados, o de vegetación secundaria, destacando *Croton ciliatoglandulifer*, especie que tiene uso en la medicina tradicional, además de ser usada como forraje para el ganado bovino para fomentar el aumento en la producción de leche.

**Tabla IV. 16. Índices de valor de importancia de Bosque mesófilo de montaña, estrato arbustivo, del SAR.**

Especie	Abundancia	Ind/Ha	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
<i>Croton ciliatoglandulifer</i>	4	131	50	81.746	20	151.746
<i>Miconia argentea</i>	1	33	12.5	15.561	20	48.061
<i>Miconia borbialis</i>	1	33	12.5	1.086	20	33.586
<i>Miconia mexicana</i>	1	33	12.5	0.936	20	33.436
<i>morfoespecie 50</i>	1	33	12.5	0.670	20	33.170
Totales	8	262	100	100	100	300

\*Donde: Ind/Ha= Individuos por hectárea; IVI= Índice de Valor de Importancia.

Para el **Bosque de Quercus** (ver la siguiente tabla), dos especies destacan por sus altos valores, *Psychotria sp.* y *Eupatorium aff glabratum*, ambas de uso local por la población, de la primera se refiere que son usadas para leña, construcción y medicina, (Martínez *et al.*, 2007), y la segunda es una especie característica de Bosques de Pino, encino y mesófilos de montaña (Rzedowski, 2001).

**Tabla IV. 17. Índices de Valor de importancia de bosque de quercus, estrato arbustivo, del SAR.**

Especie	Abundancia	Ind/Ha	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
<i>Psychotria sp.</i>	6	197	15.385	12.5	60.414	88.298
<i>Eupatorium aff glabratum</i>	19	623	48.718	12.5	20.907	82.125

<i>Morfoespecie 42</i>	1	33	2.564	12.5	11.257	26.321
<i>Miconia mexicana</i>	4	131	10.256	12.5	0.667	23.423
<i>Solenophora pirana</i>	4	131	10.256	12.5	0.329	23.086
<i>Pteridium aquilinum</i>	3	98	7.692	12.5	1.496	21.688
<i>Calliandra sp.</i>	1	33	2.564	12.5	4.302	19.366
<i>Didymopanax aff morototoni</i>	1	33	2.564	12.5	0.629	15.693
Totales	39	1279	100	100	100	300

\*Donde: Ind/Ha= Individuos por hectárea; IVI= Índice de Valor de Importancia.

En el estrato arbustivo de la **vegetación riparia** (ver la siguiente tabla), fue donde hubo más morfoespecies y por tanto un sitio con mayor diversidad que en la zona de embalse. La especie que ocupa el primer lugar de importancia, *Conostegia sp.*, es característica de zonas de perturbación de Bosques mesófilos y diversas selvas.

Tabla IV. 18. Índices de valor de importancia de la Vegetación riparia, estrato arbustivo, del SAR.

Especie	Abundancia	Ind/Ha	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	IVI
<i>Conostegia sp.</i>	10	328	25	20.000	15.796	60.796
<i>Morfoespecie 35</i>	8	262	20	13.333	19.454	52.787
<i>Morfoespecie 36</i>	6	197	15	6.667	22.594	44.260
<i>Morfoespecie 37</i>	5	164	12.5	6.667	14.356	33.522
<i>Morfoespecie 38</i>	3	98	7.5	6.667	12.272	26.439
<i>Morfoespecie 40</i>	2	66	5	13.333	7.179	25.512
<i>Morfoespecie 41</i>	2	66	5	13.333	2.510	20.843
<i>Piper sp</i>	2	66	5	6.667	3.116	14.783
<i>Saurauia scabrida</i>	1	33	2.5	6.667	1.994	11.160
<i>Urera baccifera</i>	1	33	2.5	6.667	0.730	9.897
Totales	40	1311	100	100	100	300

\*Donde: Ind/Ha= Individuos por hectárea; IVI= Índice de Valor de Importancia.

#### IV.2.2.3.5 Índices de Diversidad

La diversidad puede ser medida por medio de su riqueza específica o estructura. Los métodos empleados para el presente estudio se enfocaron en su estructura, inclinándose por aquellos índices de abundancia proporcional, entre los que destacan los índices de dominancia, Índice de Simpson, índices de equidad, Índice de Shannon-Wiener, (Moreno, 2011).

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies, (Moreno, 2011).

El índice de Simpson, (D), pertenece a los índices de abundancia proporcional, o dominancia, y manifiesta la probabilidad que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. El índice está fuertemente influido por la importancia de las especies más abundantes, siendo menos



sensible a la riqueza de especies. En tanto el índice aumente, dominancia, la diversidad disminuye, así el índice es expresado como el inverso de la dominancia,  $1-\lambda$ , (Magurran, 1988; Moreno, 2011).

El índice de Shannon-Wiener, ( $H'$ ), pertenece a los índices de equidad. Este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenece un individuo escogido al azar de una colección. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos, (Magurran, 1988; Moreno, 2011).

Para el análisis de la diversidad de las comunidades vegetales presentes en el SAR, se calcularon dichos valores mediante el programa PAST.

Los valores de diversidad para el estrato arbóreo (ver la siguiente tabla), de los índices de Shannon y Simpson, indican que de todas las comunidades el Bosque mesófilo de montaña obtiene los valores más altos, esto se confirma al observar los valores de importancia para esta asociación, pues en ellos se nota que ni una de las especies destaca de las demás, sino como lo ejemplifica el índice de equidad, J, para esta comunidad el valor es cercano a la unidad, lo que indica una distribución homogénea de las densidades de las especies. Además el bajo valor en el índice de dominancia de Simpson, D, corrobora su alta diversidad.

**Tabla IV. 19. Índices de diversidad para el estrato arbóreo en el SAR.**

	Riqueza (S)	Dominancia (D)	Índice de Simpson ( $S=1-D$ )	Índice de Shannon ( $H'$ )	Shannon máximo ( $\ln S$ )	Equidad (J)
Bosque Mesófilo de Montaña	37	0.055	0.944	3.176	3.610	0.879
Selva Alta Perennifolia	15	0.136	0.863	2.34	2.708	0.864
Bosque de <i>Quercus</i>	21	0.091	0.908	2.627	3.044	0.863
Vegetación Riparia	20	0.199	0.800	2.126	2.995	0.709

Las siguientes comunidades con altos valores de diversidad fueron la Selva alta perennifolia y el Bosque de *Quercus*K. Si atendemos al índice de equidad, la primera comunidad sería la que obtuviese el valor más alto en homogeneidad y por consiguiente en diversidad, pero si se compara con los valores de dominancia, resulta que es el Bosque de *quercus* obtiene el valor más bajo y por ende el valor más alto en diversidad. A este respecto habría que recordar que ambos índices, Shannon-Wiener y Simpson, evalúan distintas características para el ecosistema dependiendo de las proporciones de los individuos más numerosos, o de la probabilidad que de alguno de ellos se escogido al azar. Por ello es preciso observar los valores que arroja el índice de importancia para ambas comunidades.

Es evidente que para el Bosque de *quercus*, las diferentes especies que lo componen pertenecen al componente primario y que buena parte de estas son del género *Quercus*, y por tanto se podría decir que los componentes de esta asociación ejemplifican la denominación con la que es identificada por INEGI, (2010). Además que se observa que los valores de importancia de la mayoría de las especies no discrepan de manera abrupta entre ellas, lo que indicaría una homogeneidad en sus distribuciones, dominancia y densidades.

En cambio la mayoría del componente arbóreo de la Selva alta perennifolia sí mantiene una estrecha relación con ambientes perturbados, pues son consideradas propias de comunidades secundarias, como ejemplo baste mencionar que la especie que ocupa el valor más alto de importancia, *Inga vera*, es una de ellas.

El valor más bajo para los índices de diversidad lo obtiene la vegetación riparia, esto se corrobora al observar los valores de importancia donde destaca *Heliocarpus appendiculatus*, quien descolla de las otras especies de forma abrupta. Por si fuese poco, la mayoría de las especies que componen esta asociación pertenecen a la vegetación secundaria de distintos tipos de comunidades.

De los análisis de los índices de diversidad del estrato arbustivo, dos comunidades destacan por los altos valores en equidad (J): Bosque mesófilo de montaña y la vegetación riparia, seguida del Bosque de *quercus* y por último la Selva alta perennifolia (ver la siguiente tabla). Lo cual indica que en las dos primeras, las especies se encuentran repartidas de manera más homogénea, no así las restantes.

Tabla IV. 20. Índices de diversidad por tipo de vegetación (estrato arbustivo) en el SAR.

Tipo de Vegetación	Riqueza (S)	Dominancia ( $\lambda$ )	Índice de Simpson (S)	Índice de Shannon (H)	H' máxima	Equidad de Pielou (J)
Bosque mesófilo de montaña	5	0.3125	0.687	1.386	1.609	0.861
Selva alta perennifolia	7	0.388	0.611	1.344	1.945	0.691
Bosque de Quercus	8	0.2899	0.71	1.584	2.079	0.762
Vegetación riparia	10	0.155	0.845	2.04	2.3	0.886

La vegetación riparia, con el valor más alto de equidad, representa el bloque con el mayor número de especies con valores de importancia sin marcadas diferencias entre ellas, esto se ve reflejado por el más bajo valor en el apartado de dominancia ( $\lambda$ ) de todas las comunidades. Indicando que ni una especie es dominante en la comunidad, pues aun las especies con altos valores de importancia son rebasadas en valores relativos por separado, indicando que hay un equilibrio entre esos valores por especie, no hay desproporciones.

El Bosque mesófilo de montaña, ocupa el segundo lugar en equidad, indicando, por sí solo este valor, que en el sistema las especies están repartidas homogéneamente, esto se refuerza con un valor bajo en dominancia, que es el segundo más bajo para el presente estudio.

Esta comunidad, Bosque mesófilo de montaña, presenta una especie, *Croton ciliatoglandulifer*, con valores de importancia tan altos como el resto de las especies, pero en comparación con esas, el resto mantiene los mismos valores de dominancia, es decir cobertura, no así los de frecuencia y densidad, porque esa especie es favorecida por los pobladores para uso medicinal y forrajero.

El Bosque de quercus obtiene valores de equidad más bien bajos, esto quizá se deba a que el género, *Psychotria* sp., es usado para leña, construcción y medicinal, y ello pueda redundar en un mayor valor de

importancia debido a su selección intencionada. La otra especie, *Eupatorium aff glabratum*, es quizá una especie que se ve favorecida por el cuidado de la primera.

El estrato arbustivo en la Selva alta perennifolia es ampliamente dominado por *Coffea arábica*, arbusto que significa ingresos económicos para los habitantes de la zona, en detrimento de la diversidad vegetal de este ecosistema.

#### IV.2.2.4 Especies de flora en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

De acuerdo con el trabajo de campo realizado en el SAR, se identificaron aquellas especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (ver la siguiente tabla).

**Tabla IV. 21. Especies encontradas en el SAR incluidas en NOM-059-SEMARNAT-2010.**

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CATEGORÍA DE RIESGO EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010	CITES (APÉNDICE)
Cedro rojo	<i>Cedrela odorata</i>	Pr	III
Palo lechillo	<i>Carpinus caroliniana</i>	A	-
Tanca'pa'n	<i>Alsophila firma</i>	Pr	II
Corril	<i>Ostrya virginiana</i>	Pr	-

\*Donde: P (En Peligro de Extinción), A (Amenazada), Pr (Sujeta a Protección Especial).

La especie *Cedrela odorata*, es nativa de México y presenta una amplia distribución en México, e incluso en otros países como Brasil, Venezuela, Colombia, y Perú. Actualmente esta especie es muy apreciada por el color de su madera y su calidad.

*Carpinus caroliniana* es una especie nativa de México, más no endémica, actualmente se distribuye en México y Estados Unidos. En los estados de los que se tiene registro de esta especie son Chiapas, Michoacán, Hidalgo, Oaxaca, Tamaulipas y Veracruz.

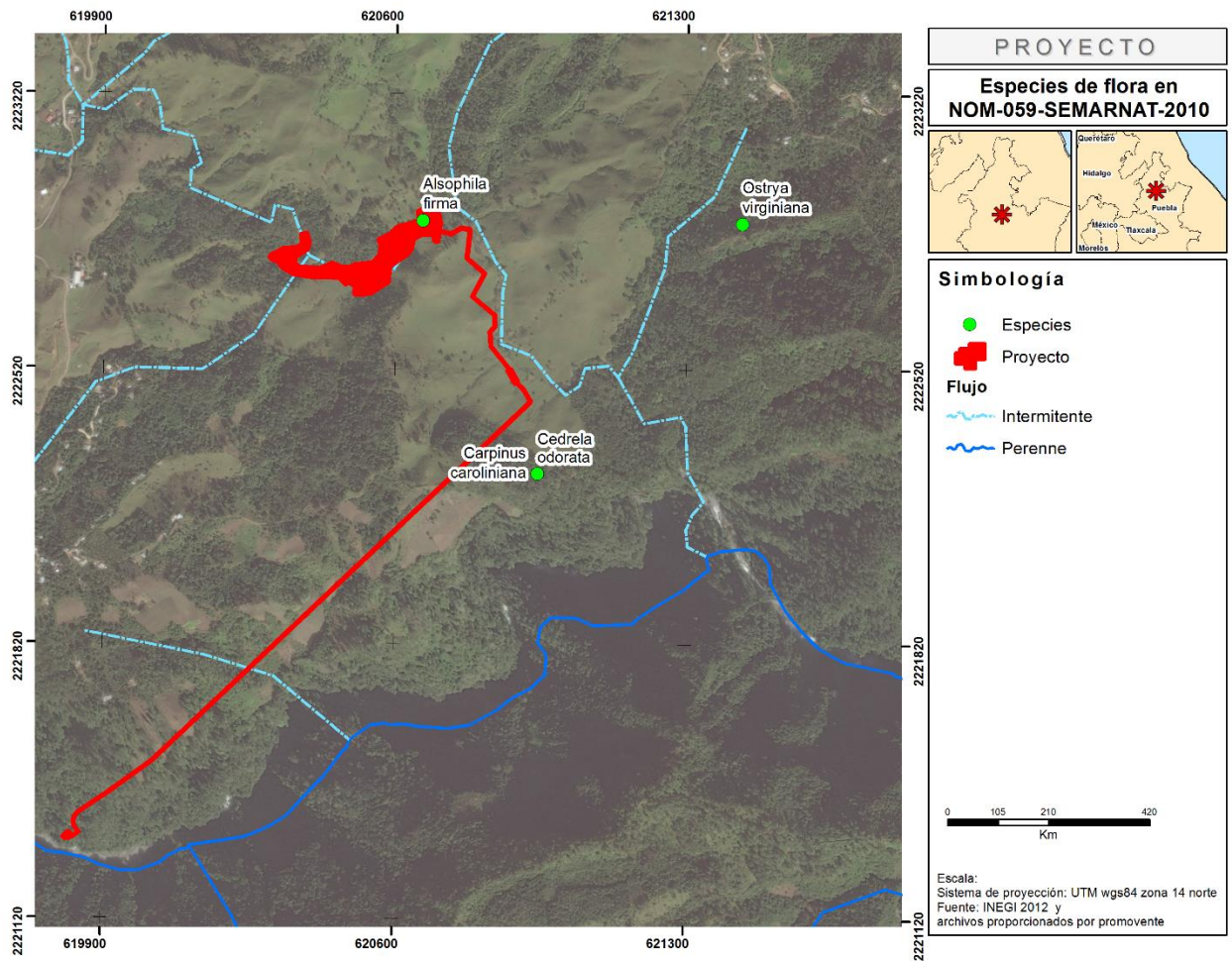
*Ostrya virginiana* es una especie ampliamente distribuida en México, y no endémica. A esta especie se le puede encontrar en bosques de encino, de pino o bosque mesófilo de montaña.

La especie *Alsophila firma* es considerada nativa de México y presenta una amplia distribución (también se encuentra en países de Centroamérica y Ecuador). Esta especie habita en el bosque mesófilo de montaña, bosque de *Alnus*, bosque de *Liquidámbar*, bosque de *Quercus*, bosque subcaducifolio, selva mediana subperennifolia, ecotonía de selva mediana subperennifolia-bosque mesófilo de montaña, ecotonía de bosque mesófilo de montaña-selva baja perennifolia, en cañadas y orillas de arroyos.

De acuerdo a los tipos de vegetación presente en el SAR, en el Bosque mesófilo de montaña se registraron las 4 especies en riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010; en el Bosque de encino se registró a *Alsophila firma* y *Cedrela odorata*. En la vegetación riparia y en la Selva alta perennifolia se registró solo a *Ostrya virginiana*. Por lo que el Bosque mesófilo de montaña es el ecosistema más importante dentro del SAR debido a la cantidad de especies de flora y en NOM-059-SEMARNAT-2010 que se registraron.

En la siguiente imagen se presenta la ubicación espacial de las especies registradas en el área del proyecto y en categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Como se puede observar la especie que es más vulnerable de acuerdo a la ubicación y naturaleza del proyecto es *Alsophila firma*.

*Cedrela odorata* y *Carpinus caroliniana* se registraron en el mismo punto de muestreo, de acuerdo con la vegetación muestreada y la carta de uso de suelo, la vegetación donde se registraron fue en el bosque mesófilo de montaña.



**Figura IV. 43.** Especies de flora registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

#### IV.2.2.5 Fauna

La composición faunística de un ecosistema es fundamental para un buen equilibrio y funcionamiento del mismo (Gaston y Spicer, 2004). Los grupos de vertebrados representan el flujo de energía a través de las redes tróficas que establecen entre sí y para con la flora. Los vertebrados por su variedad forman parte de todos los niveles tróficos de consumidores (Primarck, 2002).

Aunado a esto pueden ser considerados como bioindicadores del estado de conservación de un ecosistema o hábitat determinado, como es el caso de los anfibios quienes debido a su baja tolerancia a agentes contaminantes, y a los cambios climáticos, permiten monitorear las condiciones en pequeñas extensiones de terreno. Por otra parte, la poca vagilidad que presentan los reptiles, permite monitorear la salud y condiciones de pequeños ecosistemas o parches de vegetación (MacDonald, 2002); caso contrario ocurre con las aves debido a su gran capacidad de desplazamiento entre ambientes e inclusive regiones, permite monitorear la calidad de diferentes ecosistemas que pueden cubrir las necesidades de este grupo, ya sea reproducción, área de cacería y zonas de percha con poca perturbación. Por otro lado, la presencia de mamíferos medianos y grandes indican una buena salud del ambiente, es decir, reflejan abundancia de alimento, amplia cobertura vegetal nativa y valores bajos de aprovechamiento (cacería) y perturbación (degradación del hábitat) (del Coro-Arizmendi, 2003).

El uso de los vertebrados terrestres para determinar el impacto de una obra, o bien el estado de conservación de un paisaje o ambiente, radica en que tienen una capacidad de desplazamiento diferencial (Peterson *et al.*, 1999), lo cual permite emplear estos grupos como indicadores para determinar las condiciones ambientales y poder monitorear los impactos que tienen las actividades humanas sobre los ecosistemas.

El primer paso para establecer las medidas de conservación y aprovechamiento en zonas determinadas, es elaborar un inventario faunístico y florístico, en el cual se incluya la mayor cantidad posible de componentes, así como determinar las condiciones que se establecen entre estos componentes bióticos y su relación con los componentes abióticos, con el fin de proponer medidas de conservación o mitigación que beneficien a los ecosistemas.

#### **IV.2.2.5.1. Metodología de trabajo**

Para llevar a cabo el inventario de los vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) en el SAR, se procedió de dos formas distintas:

- 1) Se elaboró un listado de especies con distribución potencial para el área del proyecto, lo cual se define como el área que podría ocupar el taxón en estudio, dadas sus exigencias ecológicas (Morrone, 2009),

los listados se basaron en bibliografía específica para la zona, informes técnicos, estudios faunísticos de zonas aledañas al área del SAR, artículos científicos, bases de datos de colecciones, y registros para el área de Sierra Norte de Puebla. Esta lista fue cotejada con los Catálogos de Autoridades Taxonómicas de CONABIO, con el fin de actualizar el nombre científico en caso de existir diferencias con el reportado, y en caso de cambios en la nomenclatura recientes (Howell y Webb, 1995; Flores-Villela y Canseco-Márquez, 2005; Liner y Casas-Andreu, 2008; Frost 2011). Así mismo se obtuvo su categoría de riesgo dentro de la legislación mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) y el nivel de amenaza con que está evaluado cada taxón dentro de la IUCN.

2) Se realizaron muestreos sistemáticos en campo para registrar las especies presentes y su abundancia. El muestreo en campo fue dirigido hacia puntos previamente establecidos, basados en el tipo de vegetación reportado por la capa de uso de suelo y vegetación de INEGI, y los registrados en el trabajo de campo, la interpretación de imágenes satelitales y la accesibilidad al terreno, buscando una representación del SAR, incluyendo todos los tipos de vegetación de la zona y diferentes gradientes altitudinales (ver la siguiente tabla). Los transectos fueron de distancia variables, siguiendo caminos, cañadas, veredas y ambientes particulares dependiendo de la fauna en estudio.

Adicionalmente se consultó a los pobladores de los diferentes sitios de muestreos sobre la fauna observada en la región, debido a que ellos conocen los hábitats y comportamiento de la fauna silvestre local, y hacen uso de ella (caza de subsistencia y deportiva, entre otros).

En la siguiente tabla se presenta las coordenadas de los 29 muestreos realizados para la fauna en el SAR.



Tabla IV. 22. Sitios de muestreos de fauna.

Sitio de muestreo	Coordenadas (UTM)		msnm
	X	Y	
1	616771.005	2224737.98	1663
2	617662.003	2223679.98	1386
3	619813.007	2222737.98	1053
4	620521.007	2222750.98	994
5	619498.000	2221297.00	789
6	619489.000	2221299.00	788
7	618308.000	2221208.00	790
8	618275.000	2221278.00	794
9	621702.008	2222902.98	1153
10	624275.000	2222377.00	542
11	624404.000	2222384.00	493
12	624648.008	2222385.98	412
13	624839.000	2222458.00	396
14	625209.000	2223629.00	539
15	626075.000	2224246.00	858
16	626975.000	2224913.00	771
17	628708.000	2226306.00	701
18	630055.000	2228499.00	664
19	625101.003	2221347.98	763
20	624123.002	2219866.97	951
21	624371.004	2218867.97	1001
22	624347.009	2218472.97	1033
23	624206.033	2218068.80	1037
24	625356.007	2217753.98	1187
25	619728.870	2214867.35	1490
26	618113.920	2216825.66	1566

Sitio de muestreo	Coordenadas (UTM)		msnm
	X	Y	
27	618549.370	2217300.67	1687
28	615978.845	2220521.99	1348
29	616402.459	2220645.51	1374

Los muestreos realizados en el SAR se ubicaron de manera que estuvieran bien representados (ver la siguiente figura).

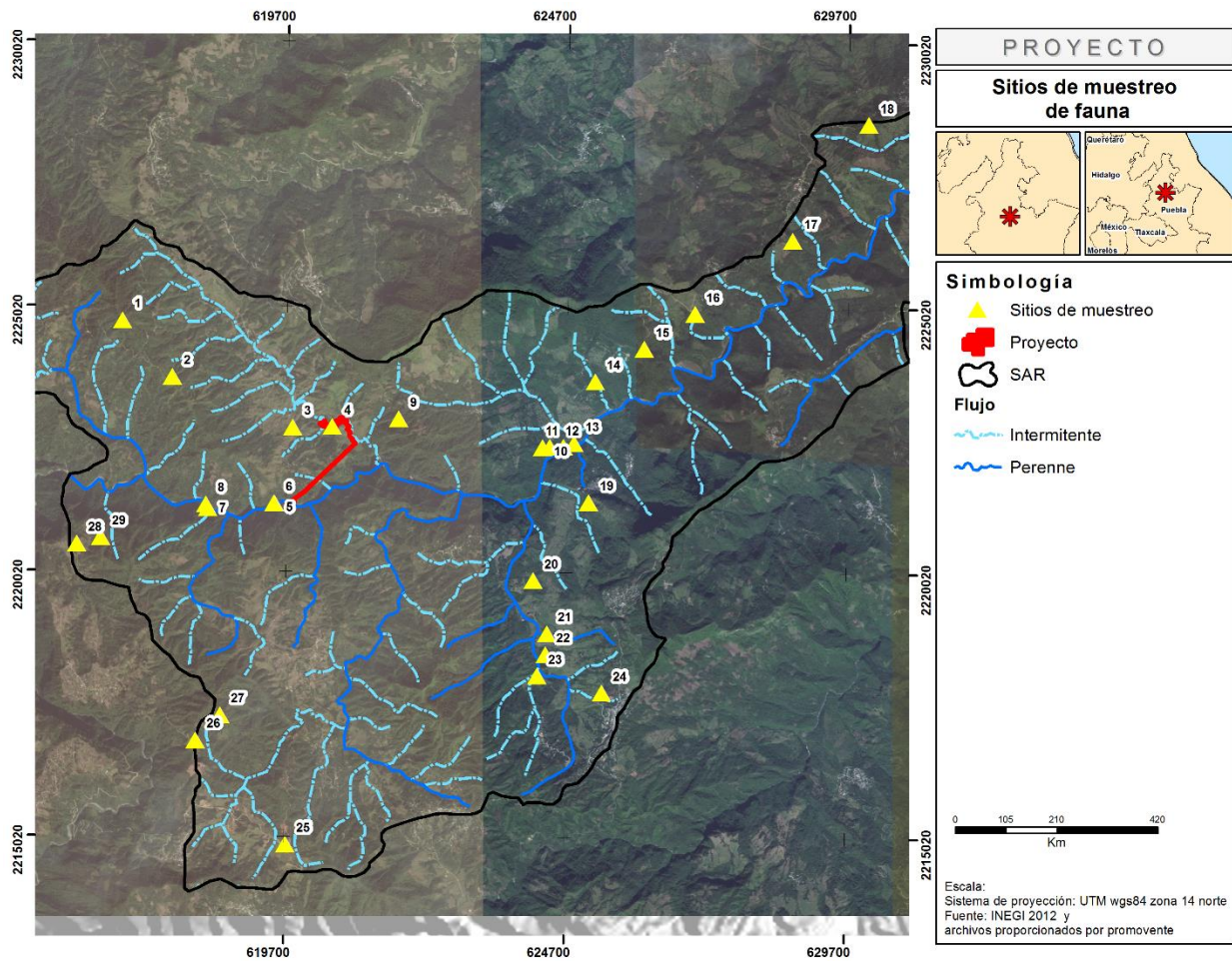


Figura IV. 44. Sitios de muestreos de fauna.

En específico para el área del proyecto, se muestra en la siguiente figura la ubicación de los sitios de muestreo de fauna. Cabe destacar que los muestreos se enfocaron a las áreas de agricultura, de vegetación, del embalse del proyecto, así como en el flujo hidrológico aguas abajo del proyecto.

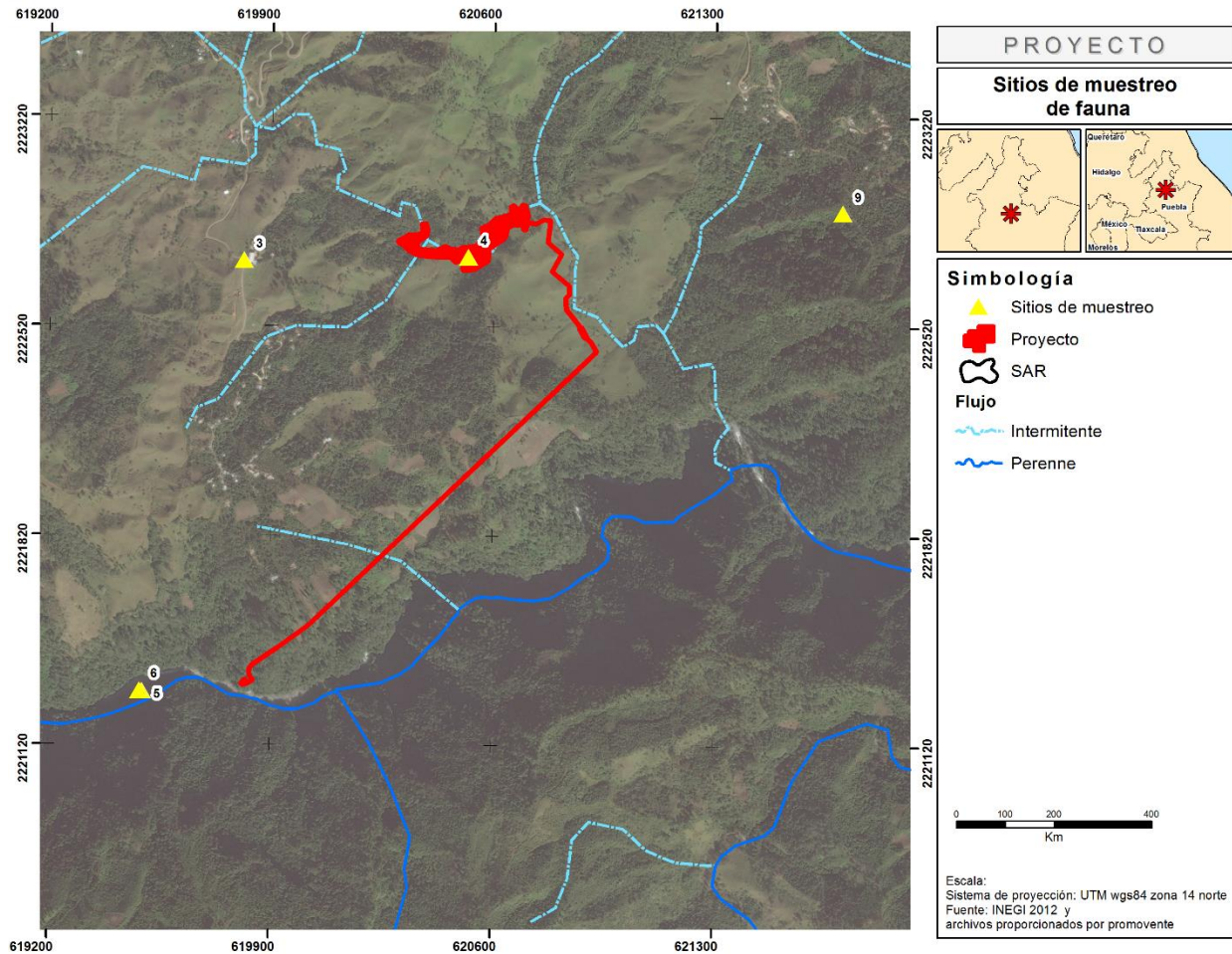


Figura IV. 45. Sitios de muestreos de fauna en el área del proyecto.

➤ **Muestreo de Anfibios y Reptiles**

Los muestreos de anfibios y reptiles se llevaron a cabo en jornadas de 6 horas, en horarios de actividad de estos grupos, los cuales incluyen las horas de mayor incidencia solar, y en horarios nocturnos para el caso de anfibios. Para ello se realizaron colectas oportunistas, encuentros visuales y transectos lineales a lo largo de la extensión de los tipos de vegetación, cuerpos de agua y en los ambientes adyacentes, así como en otros hábitats que se verán potencialmente modificados. De todos los organismos registrados se anotó la siguiente información: hora del día, latitud, longitud, altitud, microhábitat, tipo de vegetación y observaciones puntuales, esto con el fin de tener un monitoreo estándar y comparable con otros estudios, futuros monitoreos y el diseño de un programa de manejo y conservación de fauna para el proyecto.

La identificación de las especies, se realizó mediante bibliografía especializada, como artículos científicos, revisiones taxonómicas, y listados faunísticos para el SAR y la zona de influencia del proyecto. Los datos de las especies encontradas en el área del proyecto fueron tabulados y organizados por grupo taxonómico. La lista de especies encontradas fue revisada con la lista de especies de anfibios y reptiles presentes en la norma mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, esto con el fin de determinar, en su caso, su categoría de riesgo a nivel nacional y con la IUCN para incluir el estatus de amenaza a nivel internacional de estas especies.

➤ **Muestreo de aves**

Para generar la lista de aves que potencialmente se distribuyen en la zona se realizó una revisión de literatura relevante sobre la distribución y ocurrencia de las aves de la Sierra Norte de Puebla. Esta lista permitió al observador una mayor familiarización con la avifauna local. Se realizó un muestreo intensivo para detectar el mayor número de especies de aves presente en los ecosistemas y agroecosistemas que conforman el polígono del SAR mediante métodos directos, es decir, con observaciones directas y escucha de vocalizaciones a lo largo de transectos seleccionados de acuerdo a la accesibilidad y vegetación de la zona (ver la siguiente tabla). Esto permitió una ágil identificación y cuantificación de especies. Se priorizó realizar el muestreo unos minutos después de la salida del sol, ya que este es el tiempo en que las aves son más activas y por tanto más posible detectarlas y visualizarlas. Sin embargo, el muestreo no se limitó a este periodo,

los sitios se visitaron y recorrieron hasta las 18:00 horas del día registrando todas las especies detectadas durante la estancia en los sitios de muestreo. El número de horas de muestreo por vegetación/ambiente fue de entre 4.5 y 6 horas, variación que se dio por los traslados para arribar a las diferentes localidades. Posteriormente se revisó información bibliográfica para complementar el listado con las especies de distribución potenciales según la distribución y hábitat (Howell y Webb 1995, Birdlife Internacional 2010).

Para las detecciones visuales se empleó como herramienta binoculares Bushnell, Falcon instafocus 10 x 50 y guías de campo especializadas (Sibley, 2000; van Perlo, 2006). Así mismo, el reconocimiento de vocalizaciones también se empleó para la identificación y registro. La nomenclatura taxonómica es de acuerdo a la American Ornithology Union (AOU 1998 y 2013), mientras que los nombres comunes son de acuerdo a lo propuesto por Escalante *et al.* (2014).

**Tabla IV. 23. Coordenadas de los transectos recorridos para la observación de las aves por tipo de vegetación.**

Transecto	Coordenadas (UTM)		msnm
	X	Y	
1	616701.190	2224214.15	1462
	616771.005	2224737.98	1663
2	617223.430	2223939.23	1404
	617662.003	2223679.98	1386
3	619813.007	2222737.98	1053
	620311.580	2222985.62	1000
4	620296.780	2222799.62	994
	620694.020	2222897.19	988
5	619760.780	2221897.87	1041
	619498.000	2221297.00	789
6	619489.000	2221299.00	788
	619033.190	2221148.66	817
7	618795.910	2221045.54	802
	618308.000	2221208.00	790
8	618275.000	2221278.00	794
	618278.740	2221136.21	826
9	621473.930	2223284.60	1119
	621702.008	2222902.98	1153
10	624238.550	2222474.85	566
	624281.920	2222319.84	513
11	624277.110	2222467.49	552
	624404.000	2222384.00	493
12	624663.040	2222549.97	424
	624670.570	2222363.17	409
13	624662.870	2222380.46	409
	624981.360	2222521.56	391

MIA REGIONAL PARA EL “PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)”

Transecto	Coordenadas (UTM)		msnm
	X	Y	
14	625013.840	2223606.08	607
	625240.740	2223629.62	535
15	25875.060	2224389.50	875
	626075.000	2224246.00	858
16	626893.810	2224956.63	997
	626983.690	2224907.00	763
17	628499.940	2226576.00	744
	628715.810	2226296.68	697
18	629682.000	2228464.99	645
	630065.480	2228564.71	629
19	625024.950	2221522.96	763
	625109.900	2221041.12	797
20	624089.840	2220290.21	936
	624141.950	2219805.72	955
21	624129.260	2219536.97	968
	624310.000	2218832.72	1021
22	624280.420	2218818.30	1034
	624444.510	2218343.11	1047
23	624196.100	2218461.58	1031
	624206.320	2218054.04	1038
24	624756.220	2218343.27	1067
	625429.430	2217253.88	1053
25	620043.880	2214375.43	1536
	619297.240	2215160.82	1502
26	618111.950	2216834.72	1549
	618162.760	2216742.90	1547
27	618173.150	2216852.84	1574
	618551.870	2217300.93	1687

Transecto	Coordenadas (UTM)		msnm
	X	Y	
28	616001.620	2219981.68	1377
	615984.800	2220581.45	1350
29	616184.440	2220523.89	1381
	616483.860	2220598.04	1371

➤ **Muestreo de mamíferos**

Los mamíferos silvestres no se pueden observar tan fácilmente como las aves, durante el desempeño de sus actividades. Aunque algunos mamíferos se alimentan en el día, gran parte de ellos llevan una vida nocturna activa o han sido obligados por el hombre a esperar las horas avanzadas de la tarde o las primeras horas de la noche o de la madrugada para salir de refugios. Por lo cual observarlos resulta más difícil que otros grupos, así como su captura; se requiere del conocimiento de sus hábitos, lugares de crianza y necesidades alimenticias. Para este grupo se emplearon métodos directos (colecta de los ejemplares a través de trampas y a mano) e indirectos en campo para su observación y captura.

Para mamíferos de pequeña talla como son los roedores se utilizaron trampas de golpe (Victor y Museum Special), colocadas en transectos lineales a distancias regulares (10 metros entre cada una), y fueron cebadas con una mezcla de crema de cacahuete, junco y vainilla, las cuales son atractivas para éstos. Se colocaron al atardecer en áreas fuera de la vista de caminos cerca de madrigueras, troncos y rocas que sirven como refugio para los animales y se recuperaron al día siguiente, muy temprano, para evitar la descomposición de los ejemplares así como la acción de depredadores. Los especímenes colectados fueron procesados e identificados. Para la captura de musarañas se colocaron 2 trampas Pitfall (ver la siguiente figura) a lado de troncos en descomposición, caídos y de madrigueras cuya revisión se hizo cada dos horas.

Para murciélagos se usaron 4 redes de niebla de 6 X 3 metros (ver la siguiente figura). Las mallas fueron puestas desde las 18:00 horas hasta las 22:00 horas instaladas en los hábitats representativos y revisadas de acuerdo con la actividad observada en la red.



Para la captura de los mamíferos medianos y gran tamaño se realizó la búsqueda activa de ejemplares así como la identificación de raspaderos, echaderos, madrigueras, rastros, huellas y excretas (ver la siguiente tabla). La identificación de los mamíferos se realizará mediante claves taxonómicas (Hall, 1981; Medellín *et al.*, 1997 y Álvarez *et al.*, 1994; Aranda, 2012).

**Tabla IV. 24. Puntos de Trampeo de mastofauna.**

Trampa	Clave de la trampa	Coordenadas (UTM)		msnm
		X	Y	
Trampas Victor Museum	TG-1	619945.472	2222017.96	1124
		619955.672	2222013.19	1124
	TG-2	619121.000	2221570.00	984
		619081.000	2221541.00	972
	TG-3	624277.000	2222429.00	550
		624280.000	2222470.00	551
	TG-4	625020.750	2223207.80	511
		625054.000	2223217.00	505
	TG-5	624990.000	2223920.00	636
		624983.320	2223986.91	650
	TG-6	624194.758	2218068.75	1038
		624228.096	2218150.50	1030
	TG-7	618194.314	2216953.60	1596
		618248.289	2217024.51	1608
	TG-8	616312.064	2220589.51	1388
		616373.183	2220642.69	1375
Pitfall	TP-1	619640.000	2221420.00	807
Redes de niebla	R1	617663.272	2223649.50	1396
	R2	620706.000	2222108.00	1032
	R3	620747.000	2222140.00	1031
	R4	624267.000	2222439.00	555
	R5	624668.720	2222369.03	409

Trampa	Clave de la trampa	Coordenadas (UTM)		msnm
		X	Y	
	R6	624962.000	2222549.00	391



**Figura IV. 46.** Trampa Pitfall y red de niebla.

Por último se procedió a tomar fotos de los especímenes de los diversos grupos de interés en el muestreo (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), así como de los hábitats en donde fueron observados para conformar un anexo fotográfico por tipo de uso de suelo y vegetación de acuerdo con la capa de INEGI (INEGI, 2010). También se elaboraron fichas descriptivas de las especies observadas en campo que incluye información sobre características descriptivas de la especie, distribución, estatus dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y lista roja de UICN, características ecológicas y amenazas. En el caso de la avifauna únicamente se realizaron las fichas para especies avistadas incluidas en la norma oficial mexicana, debido a que su diversidad y abundancia es mayor que los otros grupos.

### **Análisis de Datos**

Para reconocer qué tan diverso es el SAR, se analizó la diversidad alfa que nos indica el número y abundancia de especies en un hábitat determinado (Magurran, 1988). Para este caso se analizó por grupo taxonómico (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) y en cada uno de los diferentes tipos de

vegetación presentes; esto a partir de los datos recabados de abundancia de especies por tipo de vegetación, la cual se registró como el número total de individuos y la diversidad con números efectivos de especies, debido a que son medidas que cumplen con requerimientos matemáticos como la duplicación lo cual permite la comparación directa (Moreno *et al.*, 2011; Pineda-López y Verdú-Franco, 2013).

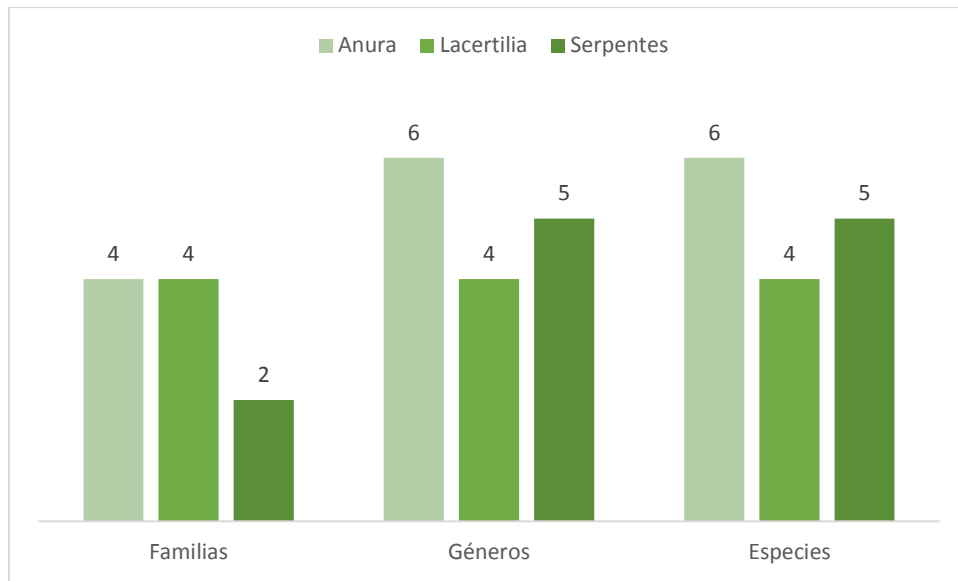
Para lo anterior, fue necesario obtener ciertos índices de diversidad, los cuales incorporan en un solo valor a la riqueza específica y a la equitatividad de una comunidad, esto significa que el valor aislado de un solo índice no permite reconocer la importancia relativa de ambos componentes (Pineda-López y Verdú-Franco, 2013). Se calcularon los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y el de equitatividad ( $J'$ ) los cuales toman en cuenta la abundancia de cada especie y que tan uniformemente se encuentran distribuidas (Magurran, 1988). Estos índices fueron calculados mediante el software PAST v. 2.17 (Hammer y Harper, 2013).

El índice ( $H'$ ) de Shannon-Wiener mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar provenientes de una comunidad, de la que se conoce el número total de especies  $S$ , Por lo tanto,  $H' = 0$  cuando la muestra contenga solo una especie, y,  $H'$  será máxima cuando todas las especies  $S$  estén representadas por el mismo número de individuos en la comunidad; por otro lado el índice de equidad ( $J'$ ) Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1 de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

IV.2.2.5.2 Resultados

➤ **Anfibios y Reptiles**

El muestreo realizado en el SAR, registró un total de 15 especies de anfibios y reptiles. La composición taxonómica de la herpetofauna muestreada se encuentra en la siguiente figura.



**Figura IV. 47.** Composición taxonómica de los órdenes de anfibios y reptiles observados en el SAR.

En la siguiente tabla se presenta la lista de las especies registradas en el SAR y su categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Destaca la ausencia de salamandras y tortugas.

Tabla IV. 25. Lista de especies observadas de anfibios y reptiles en el SAR.

Orden	Familia	Género y Especie	Nombre Común	Nom-059-SEMARNAT-2010
Anura	Bufo	<i>Anaxyrus compactilis</i>	sapo de meseta	-
Anura	Bufo	<i>Incilius nebulosus</i>	sapo nebuloso	-
Anura	Craugastoridae	<i>Craugastor mexicanus</i>	rana ladrona mexicana	-
Anura	Hylidae	<i>Ecnomiohyla miotympanum</i>	rana de árbol de orejas chicas	-
Anura	Hylidae	<i>Plectrohyla arborescandens</i>	rana de árbol de bromelia	Pr
Anura	Ranidae	<i>Lithobates berlandieri</i>	rana leopardo	Pr
Lacertilia	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus variabilis</i>	lagartija escamosa de panza rosada	-
Lacertilia	Polychrotidae	<i>Anolis laevis</i>	anolis blanco	-
Lacertilia	Scincidae	<i>Scincella silvicola</i>	encinela de Taylor	A
Lacertilia	Teiidae	<i>Holcosus undulatus</i>	ameiva arcoíris	-
Serpentes	Colubridae	<i>Conopsis lineata</i>	culebra de tierra punteada	-
Serpentes	Colubridae	<i>Lampropeltis triangulum</i>	culebra real coralillo	A
Serpentes	Colubridae	<i>Pliocercus elapoides</i>	serpiente falsa coralillo	-
Serpentes	Colubridae	<i>Rhadinaea decorata</i>	culebra café adornada	-
Serpentes	Viperidae	<i>Bothrops asper</i>	nauyaca	-

\* Donde: Pr = sujeto a protección especial y A = amenazada.

De las especies observadas en campo, y conforme a la tabla anterior, las siguientes se encontraron en la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Lithobates berlandieri* y *Plectrohyla arborescandens*, son consideradas bajo la categoría Pr (sujetas a protección especial), mientras

que *Plectrohyla charadricola*, *Scincella silvicola* y *Lampropeltis triangulum* están consideradas como amenazadas.

En el área del proyecto se registraron un total de dos especies de anuros, dos de lagartijas y una víbora (ver la siguiente tabla). De las especies antes mencionadas dos se encuentran dentro de la categoría de amenazada (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

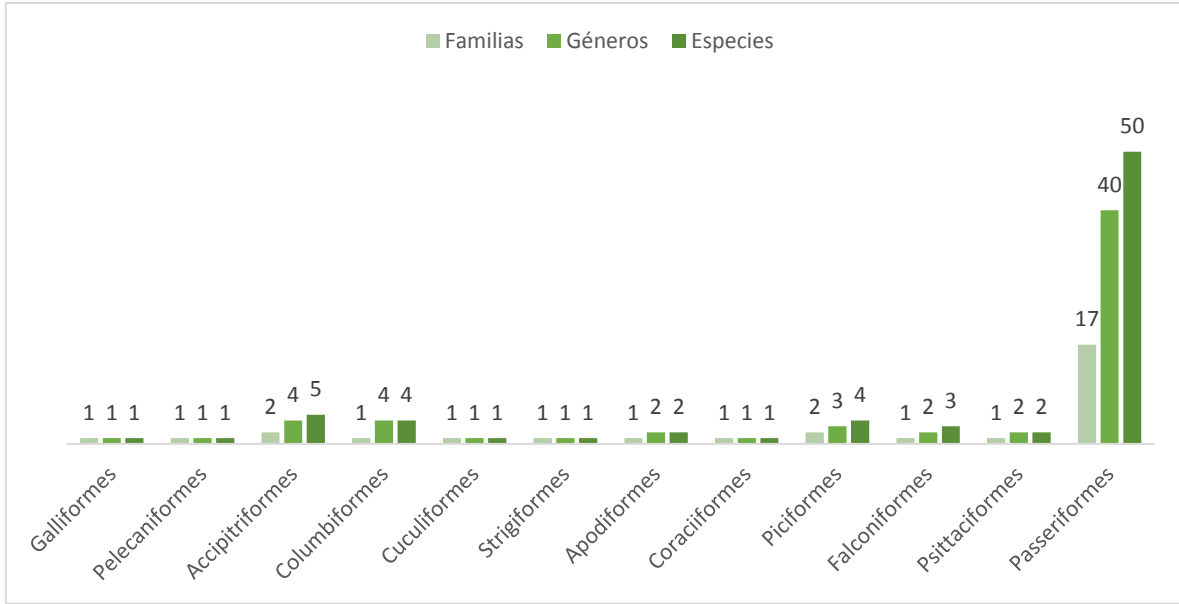
**Tabla IV. 26. Lista de especies observadas de anfibios y reptiles en el área del proyecto.**

Orden	Familia	Género y Especie	Nombre Común	Nom-059-SEMARNAT-2010
Anura	Hylidae	<i>Ecnomiohyla miotympanum</i>	rana de árbol de orejas chicas	-
Anura	Hylidae	<i>Plectrohyla arborescandens</i>	rana de árbol de bromelias	Pr
Lacertilia	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus variabilis</i>	lagartija escamosa de panza rosada	-
Lacertilia	Scincidae	<i>Scincella silvicola</i>	encinela de Taylor	A
Serpentes	Viperidae	<i>Bothrops asper</i>	nauyaca	-

\* Donde: Pr = sujeto a protección especial y A = amenazada.

### ➤ Aves

Se registraron 75 especies identificadas por observación, vocalización y conducta. Se cuantificó un total de 12 órdenes, 30 familias, 62 géneros y 75 especies. Por otra parte, en relación a su distribución 14 son de distribución neártica, 11 de tropical y 50 de extensa. De acuerdo a su condición migratoria 59 especies son residentes, 15 migratorias y 1 transitoria. En la siguiente tabla se describe el número de familias, géneros y especies de cada uno de los órdenes registrados. Cabe destacar que el orden Passeriformes registró el mayor número de especies.



**Figura IV. 48.** Composición taxonómica de las especies observadas de aves en el SAR.

De las especies registradas en este estudio, se incluyen en la NOM-059-SEMARNAT-2010 a las especies *Psittacara holochlorus*, *Myadestes unicolor*, *Catharus frantzii* y *Turdus infuscatus* con la categoría de amenazadas (A), y a *Chondrohierax uncinatus*, *Buteo platypterus*, *Aulacorhynchus prasinus*, *Eupsittula nana*, *Cinclus mexicanus*, *Myadestes occidentalis* y *Psarocolius montezuma* con la categoría de protección especial (Pr) (ver la siguiente tabla).

**Tabla IV. 27.** Lista de especies de aves confirmadas en el SAR.

Orden	Familia	Género y Especie	Nombre Común	Nom-059-SEMARNAT-2010
Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	chachalaca vetula	-
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	garza ganadera	-
Accipitriformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	zopilote común	-
Accipitriformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	zopilote aura	-
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Chondrohierax uncinatus</i>	gavilán pico de gancho	Pr

MIA REGIONAL PARA EL “PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)”

Orden	Familia	Género y Especie	Nombre Común	Nom-059-SEMARNAT-2010
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo platypterus</i>	aguililla ala ancha	Pr
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	aguililla cola roja	-
Columbiformes	Columbidae	<i>Columba livia</i>	paloma doméstica	-
Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas flavirostris</i>	paloma morada	-
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina passerina</i>	tortola coquita	-
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	paloma ala blanca	-
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Cuculillo canela	-
Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium gnoma</i>	tecolote serrano	-
Apodiformes	Trochilidae	<i>Colibri thalassinus</i>	colibrí oreja violeta	-
Apodiformes	Trochilidae	<i>Eugenes fulgens</i>	colibrí magnífico	-
Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Chloroceryle americana</i>	martín-pescador verde	-
Piciformes	Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	tucaneta verde	Pr
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes formicivorus</i>	carpintero bellotero	-
Piciformes	Picidae	<i>Picoides villosus</i>	carpintero veloso mayor	-
Piciformes	Picidae	<i>Picoides scalaris</i>	carpintero mexicano	-
Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>	caracara quebrantahuesos	-
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco columbarius</i>	halcón esmerejón	-
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	cernícalo	-



MIA REGIONAL PARA EL “PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)”

Orden	Familia	Género y Especie	Nombre Común	Nom-059-SEMARNAT-2010
			americano	
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Eupsittula nana</i>	perico pecho sucio	Pr
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Psittacara holochlorus</i>	perico mexicano	A
Passeriformes	Furnariidae	<i>Xiphocolaptes promeropirhynchus</i>	trepatroncos gigante	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonax hammondii</i>	mosquero de Hammond	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonax occidentalis</i>	mosquero barranqueño	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	papamoscas triste	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Megarynchus pitangua</i>	luis pico grueso	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	luis gregario	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus vociferans</i>	tirano gritón	-
Passeriformes	Corvidae	<i>Psilorhinus morio</i>	chara papán	-
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Tachycineta bicolor</i>	golondrina bicolor	-
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	golondrina tijereta	-
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	chivirín saltapared	-
Passeriformes	Poliotilidae	<i>Poliottila caerulea</i>	perlita azul gris	-
Passeriformes	Cinclidae	<i>Cinclus mexicanus</i>	mirlo-acuático norteamericano	Pr
Passeriformes	Regulidae	<i>Regulus calendula</i>	reyzuelo de rojo	-
Passeriformes	Turdidae	<i>Sialia sialis</i>	azulejo garganta canela	-
Passeriformes	Turdidae	<i>Myadestes</i>	clarín jilguero	Pr

MIA REGIONAL PARA EL “PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)”

Orden	Familia	Género y Especie	Nombre Común	Nom-059-SEMARNAT-2010
		<i>occidentalis</i>		
Passeriformes	Turdidae	<i>Myadestes unicolor</i>	clarín unicolor	A
Passeriformes	Turdidae	<i>Catharus frantzii</i>	zorzal de Frantzius	A
Passeriformes	Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	zorzal de Swainson	-
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus infuscatus</i>	mirlo negro	A
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus migratorius</i>	mirlo primavera	-
Passeriformes	Mimidae	<i>Toxostoma curvirostre</i>	cuitlacoche pico curvo	-
Passeriformes	Parulidae	<i>Mniotilta varia</i>	chipe trepador	-
Passeriformes	Parulidae	<i>Leiothlypis ruficapilla</i>	chipe de coronilla	-
Passeriformes	Parulidae	<i>Geothlypis poliocephala</i>	mascarita pico grueso	-
Passeriformes	Parulidae	<i>Geothlypis trichas</i>	mascarita común	-
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga pitiayumi</i>	parula tropical	-
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga petechia</i>	chipe amarillo	-
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga coronata</i>	chipe coronado	-
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga virens</i>	chipe dorso verde	-
Passeriformes	Parulidae	<i>Cardellina pusilla</i>	chipe corona negra	-
Passeriformes	Parulidae	<i>Cardellina rubra</i>	chipe rojo	-
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i>	chipe de montaña	-
Passeriformes	Thraupidae	<i>Volantinia jacarina</i>	semillero brincador	-
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tiaris olivaceus</i>	semillero oliváceo	-
Passeriformes	Emberizidae	<i>Arremonops rufivirgatus</i>	rascador oliváceo	-

MIA REGIONAL PARA EL “PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)”

Orden	Familia	Género y Especie	Nombre Común	Nom-059-SEMARNAT-2010
Passeriformes	Emberizidae	<i>Aimophila ruficeps</i>	zacatonero corona rufa	-
Passeriformes	Emberizidae	<i>Melospiza fusca</i>	toquí pardo	-
Passeriformes	Emberizidae	<i>Melospiza lincolni</i>	gorrión de Lincoln	-
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Cyanocopsa parrellina</i>	colorín azul negro	-
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina caerulea</i>	picogordo azul	-
Passeriformes	Icteridae	<i>Molothrus aeneus</i>	tordo ojo rojo	-
Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	zanate mexicano	-
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus bullockii</i>	bolsero calandria	-
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus graduacauda</i>	bolsero cabeza negra	-
Passeriformes	Icteridae	<i>Psarocolius montezuma</i>	oropéndola de Moctezuma	Pr
Passeriformes	Fringilidae	<i>Euphonia hirundinacea</i>	eufonia garganta amarilla	-
Passeriformes	Fringilidae	<i>Haemorhous mexicanus</i>	pinzón mexicano	-
Passeriformes	Fringilidae	<i>Spinus psaltria</i>	jilguero dominico	-
Passeriformes	Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	gorrión casero	-

\* Donde: Pr = sujeto a protección especial y A = amenazada.

Para el área del proyecto se registraron un total de 18 especies, de las cuales ninguna es endémica, tres se encuentran en alguna categoría de riesgo, donde dos están sujetas a protección especial (*Eupsittula nana* y *Cinclus mexicanus*), y una amenazada (*Myadestes unicolor*); 13 son residentes y cinco migratorias (ver la siguiente tabla). En cuanto a su distribución seis son de distribución Neártica, dos Neotropical y 10 de distribución extensa.

Tabla IV. 28. Lista de especies observadas de aves en el área del proyecto.

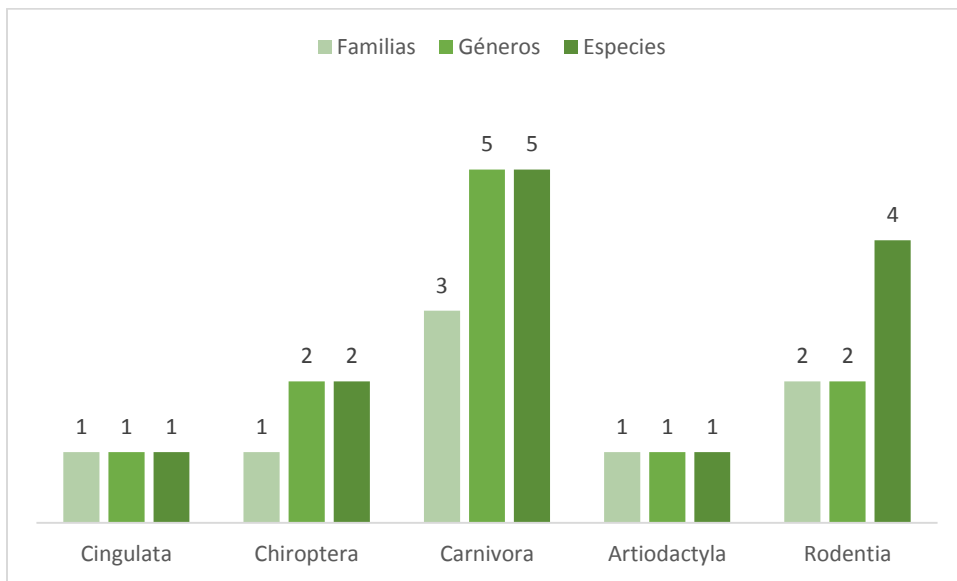
Orden	Familia	Género y Especie	Nombre Común	Nom-059-SEMARNAT-2010
Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	chachalaca vetula	-
Accipitriformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	zopilote común	-
Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Chloroceryle americana</i>	martín-pescador verde	-
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Eupsittula nana</i>	perico pecho sucio	Pr
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonax hammondii</i>	mosquero de Hammond	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Megarynchus pitangua</i>	luis pico grueso	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	luis gregario	-
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus vociferans</i>	tirano gritón	-
Passeriformes	Corvidae	<i>Psilorhinus morio</i>	chara papán	-
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Tachycineta bicolor</i>	golondrina bicolor	-
Passeriformes	Poliptilidae	<i>Poliptila caerulea</i>	perlita azul gris	-
Passeriformes	Cinclidae	<i>Cinclus mexicanus</i>	mirlo-acuático norteamericano	Pr
Passeriformes	Regulidae	<i>Regulus calendula</i>	reyzuelo de rojo	-
Passeriformes	Turdidae	<i>Myadestes unicolor</i>	clarín unicolor	A
Passeriformes	Parulidae	<i>Geothlypis poliocephala</i>	maskarita pico grueso	-
Passeriformes	Parulidae	<i>Geothlypis</i>	maskarita común	-

Orden	Familia	Género y Especie	Nombre Común	Nom-059-SEMARNAT-2010
		<i>trichas</i>		
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga virens</i>	chipe dorso verde	-
Passeriformes	Parulidae	<i>Cardellina pusilla</i>	chipe corona negra	-

\* Donde: Pr = sujeto a protección especial y A = amenazada.

### ➤ Mamíferos

Se registraron un total de 13 especies, las cuales pertenecen a 5 órdenes, 8 familias y 11 géneros (ver la siguiente figura). Cabe destacar que el orden carnívora registró el mayor número de especies.



**Figura IV. 49.** Composición taxonómica de las especies observadas de mamíferos en el SAR.

A continuación se presenta una tabla con los registros de las especies observadas en el SAR, ninguna especie se registró en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Tabla IV. 29.** Lista de especies observadas de mamíferos dentro del SAR.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Nom-059-SEMARNAT-2010
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasyus novemcinctus</i>	armadillo nueve bandas	-
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Chiroderma salvini</i>	murciélago ojón	-
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Sturnira lilium</i>	murciélago de charreteras menor	-
Carnivora	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	zorra gris	-
Carnivora	Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i>	cacomixtle norteño	-
Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	tejón o coatí	-
Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	mapache	-
Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama temama</i>	temazate rojo	-
Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus aureogaster</i>	ardilla gris o de vientre rojo	-
Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus deppei</i>	ardilla tropical	-
Rodentia	Muridae	<i>Peromyscus furvus</i>	ratón negruzco	-
Rodentia	Muridae	<i>Peromyscus mexicanus</i>	ratón mexicano	-

Para el área de del proyecto, se registraron dos especies las cuales son *Mazama temama* y *Sciurus aureogaster*, que corresponden a dos órdenes, dos familias y dos géneros, ninguna de ellas se encuentra dentro de alguna de las categorías de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (ver la siguiente tabla).

**Tabla IV. 30. Lista de especies observadas de mamíferos en el área del proyecto.**

Orden	Familia	Género y Especie	Nombre Común
-------	---------	------------------	--------------

Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama temama</i>	temazate rojo
Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus aureogaster</i>	ardilla gris o de vientre rojo

#### IV.2.2.5.3 Resultados del análisis de diversidad

Cabe mencionar que los muestreos de la fauna, se planificaron utilizando el mapa de uso de suelo y vegetación serie V de INEGI (2012), y conforme a ésta se describirán los resultados del análisis de diversidad de la fauna.

Los valores de la diversidad obtenida por grupo taxonómico y por tipo de vegetación para el SAR, muestran que el ambiente más diverso en cuestión de anfibios fue la agricultura de temporal permanente con un  $H' = 0.7595$  (ver la siguiente tabla), esto sin duda se debe a los canales de riego o zonas inundables en este tipo de vegetación, que suelen ser aprovechados como áreas de reproducción (Murrieta, 2007). En cuanto a la vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña también fue considerado un hábitat de importancia para los anfibios, debido a que es un ecosistema con alta concentración de humedad y microhábitats que son aprovechados por estas especies.

**Tabla IV. 31. Valores de diversidad para las especies de anfibios reportados dentro del SAR.**

	ATP	PC	BMM	BE	VSABMM
Taxa_S	3	2	1	1	2
Individuals	11	2	1	30	3
Shannon_H	0.7595	0.6931	0	0	0.6365
Equitability_J	0.6914	1	0	0	0.9183

\* Dónde: ATP = Agricultura de Temporal Permanente, PC= Pastizal Cultivado, BMM= Bosque Mesófilo de Montaña; BE=Bosque de Encino y VSABMM= Vegetación Secundaria arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña.

En cuanto a los **reptiles** el pastizal cultivado (PC) con un  $H' = 1.386$  (ver la siguiente tabla), es el tipo de vegetación más diverso, en este tipo de vegetación se registraron una mayor cantidad de especies, probablemente debido a la gran concentración de alimento que representan estos pastizales, y también a las condiciones meteorológicas predominantes durante el periodo de muestreo, ya que durante los transectos en este tipo de vegetación, la temperatura ambiental mostró un incremento bastante significativo, lo cual aunado a la condición ectotérmica de este grupo de animales, permite un mejor registro de las especies presentes en la zona. En cuanto a la equitatividad en ambos se encontró que las especies se distribuyen de una manera más homogénea en la vegetación secundaria de bosque mesófilo de montaña.

**Tabla IV. 32. Valores de diversidad para las especies de reptiles del SAR.**

	ATP	PC	BMM	BE	VSABMM
Taxa_S	4	5	1	2	3
Individuals	7	8	1	11	3
Shannon_H	1.154	1.386	0	0.3046	1.099
Equitability_J	0.8322	0.8614	0	0.4395	1

\* Dónde: ATP = Agricultura de Temporal Permanente, PC= Pastizal Cultivado, BMM= Bosque Mesófilo de Montaña; BE=Bosque de Encino y VSABMM= Vegetación Secundaria arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña.

En el caso de la **avifauna**, hubo un registro de abundancia mayor respecto a los demás grupos de vertebrados, esto debido a la capacidad que tienen las aves de volar. Por ello la diversidad  $H'$  es alta en la mayoría de los tipos de vegetación. El valor más alto de diversidad fue en la agricultura de temporal permanente (ATP) con un  $H' = 3.015$  (ver la siguiente tabla). En el SAR, la vegetación presenta cafetales bajo sombra y áreas de agricultura, lo cual provee de una gran variedad de



alimentos disponibles para especies de aves frugívoras, granívoras, herbívoras, nectarívoras, entre otros gremios. Además debido a la formación de microhábitat, provee de sitio de refugio y de sitio de descanso y reabastecimiento para especies migratorias. Para el caso de Bosque mesófilo de montaña y la vegetación secundaria de Selva alta Perennifolia, aunque en la literatura el índice de diversidad en aves es elevado, los resultados de este análisis son bajos con respecto a otros estudios, esto es debido principalmente a la condición invernal que se presentaba en el momento de realizar el presente estudio. Otro factor que influye en el índice de diversidad, es por la zona donde estos tipos de vegetación se encuentran en el área a estudiar, ya que son zonas de difícil acceso ya sea por la densidad de la vegetación o por lo pronunciado de la pendiente donde se localizan. El índice de equidad en la mayoría de los tipos de vegetación (a excepción de la Vegetación secundaria de Selva Alta Perennifolia que obtuvo solo un registro) está por encima de 0.5 y cercanos a 1 (ver la siguiente tabla), lo cual indica que la distribución de las poblaciones de aves registradas en estos tipos de vegetación es homogénea y no agregada.

**Tabla IV. 33. Valores de diversidad para las especies de aves del SAR.**

	ATP	ATA	PC	PI	BMM	BE	VSaBMM	VSASA P	VSABMM
Taxa_S	25	15	25	5	7	12	6	1	18
Individuals	81	47	79	34	22	28	35	15	46
Shannon_H	3.015	2.256	2.789	1.415	1.72	2.252	1.256	0	2.323
Equitability_ J	0.9366	0.833	0.8665	0.8794	0.884	0.9061	0.7011	0	0.8039

\* Dónde: ATP = Agricultura de Temporal Permanente, ATA = Agricultura de Temporal Anual, PC= Pastizal Cultivado, PI= Pastizal Inducido, BMM= Bosque Mesófilo de Montaña; BE=Bosque de Encino, VSaBMM= Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque Mesófilo de Montaña, VSASAP = Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Alta Perennifolia y VSABMM= Vegetación Secundaria arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña.

Para el caso de **mamíferos** los valores más altos de diversidad se encontraron en el pastizal cultivado con una  $H' = 1.386$  y en agricultura de temporal (ver la siguiente tabla), en el caso del pastizal cultivado, se observó que había manchones de hábitat bien conservados de vegetación de bosque mesófilo de montaña en algunos casos los cuales proporcionan un sitio de descanso y refugio de paso para algunos de los mamíferos del área, también es un lugar que brinda un refugio permanente a mamíferos pequeños con ámbitos hogareños reducidos. Otro factor importante es que este tipo de hábitats benefician a algunas especies de mamíferos como son los roedores principalmente ya que se ven favorecidos al encontrar alimentos y refugio en los cultivos. Debemos recordar que el orden Rodentia es uno de los más diversos en tanto a especies se trata, por lo cual es posible encontrar un gran número de especies en este tipo de uso de suelo, algunos de los carnívoros suelen encontrar alimento en este tipo de vegetación ya que las poblaciones de mamíferos pequeños pueden llegar a ser abundantes, por lo que se pueden encontrar huellas y excretas de estos. Con la agricultura de riego suele pasar algo similar, existen muchos mamíferos que son de hábitos amplios y de carácter oportunista que se benefician de este tipo de uso de suelo y vegetación. En cuanto a los valores de equidad ( $J'$ ) es notable que para los tipos de vegetación donde se registraron más de una especie los valores son relativamente elevados por encima de 0.5, llegando en varios de los casos a 1, es decir que la distribución de los mamíferos registrados en estos tipos de vegetación es más o menos homogénea.

**Tabla IV. 34. Valores de diversidad para las especies de mamíferos del SAR.**

	ATP	ATA	PC	BMM	BE	VSASAP	VSABMM
Taxa_S	9	3	4	2	3	2	1
Individuals	45	12	4	2	3	2	1
Shannon_H	1.383	0.5661	1.386	0.6931	1.099	0.6931	0
Equitability_J	0.6297	0.5153	1	1	1	1	0

\* Dónde: ATP = Agricultura de Temporal Permanente, ATA = Agricultura de Temporal Anual, PC= Pastizal Cultivado, BMM= Bosque Mesófilo de Montaña; BE=Bosque de Encino, VSASAP = Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Alta Perennifolia y VSABMM= Vegetación Secundaria arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña.

**IV.2.2.5.4 Especies de fauna endémica y en la NOM-059-SEMARNAT-2010**

De acuerdo con los resultados obtenidos del muestreo de fauna en el SAR, se registró un total de 15 especies en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, pero solo 5 especies están presentes en el área del proyecto (ver la siguiente tabla).

**Tabla IV. 35. Especies registrada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el SAR y área del proyecto.**

Clase	Especie	Área del proyecto	SAR	NOM-059-SEMARNAT-2010
Anfibios	<i>Plectrohyla arborescandens</i>	x	x	Pr
	<i>Lithobates berlandieri</i>		X	Pr
Reptiles	<i>Scincella silvicola</i>	x	x	A
	<i>Lampropeltis triangulum</i>		x	A
Aves	<i>Chondrohierax uncinatus</i>		x	Pr
	<i>Buteo platypterus</i>		x	Pr
	<i>Aulacorhynchus prasinus</i>		x	Pr
	<i>Eupsittula nana</i>	x	x	Pr
	<i>Psittacara holochlorus</i>		x	A
	<i>Cinclus mexicanus</i>	x	x	Pr
	<i>Myadestes occidentalis</i>		x	Pr
	<i>Myadestes unicolor</i>	x	x	A
	<i>Catharus frantzii</i>		x	A
	<i>Turdus infuscatus</i>		x	A
<i>Psarocolius montezuma</i>		x	Pr	

Entre las especies que pudieran ser más susceptibles a ser afectadas por el proyecto se encuentra un anfibio, un reptil y tres aves.

*Plectrohyla arborescandens*, conocida como ranita menor de bromelia, es una especie endémica de México y se encuentra sujeta a protección especial de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Actualmente esta especie se distribuye en la Sierra Madre Oriental del norte de Puebla al centro de Oaxaca, en localidades de los estados de Tlaxcala, Puebla, Veracruz y Oaxaca, por lo que no se considera endémica del lugar donde se pretende realizar el proyecto. El hábitat de esta especie es el bosque de pino-encino y bosque mesófilo de montaña, habita cerca de cuerpos de agua permanentes, aprovechado como microhábitat las bromelias de los árboles. Actualmente en

el SAR, el tipo de vegetación al que se asoció esta especie, es el bosque mesófilo de montaña, el cual se encuentra distribuido principalmente en los escurrimientos intermitentes y perennes, por lo que el hábitat de esta especie no se encuentra restringido en el área del proyecto. En la siguiente figura se muestran los registros donde se ha reportado la ranita menor de bromelia, por lo que se reitera que su distribución no se verá afectada por el desarrollo del proyecto ya que esta con las medidas de mitigación podrá ser reubicada.

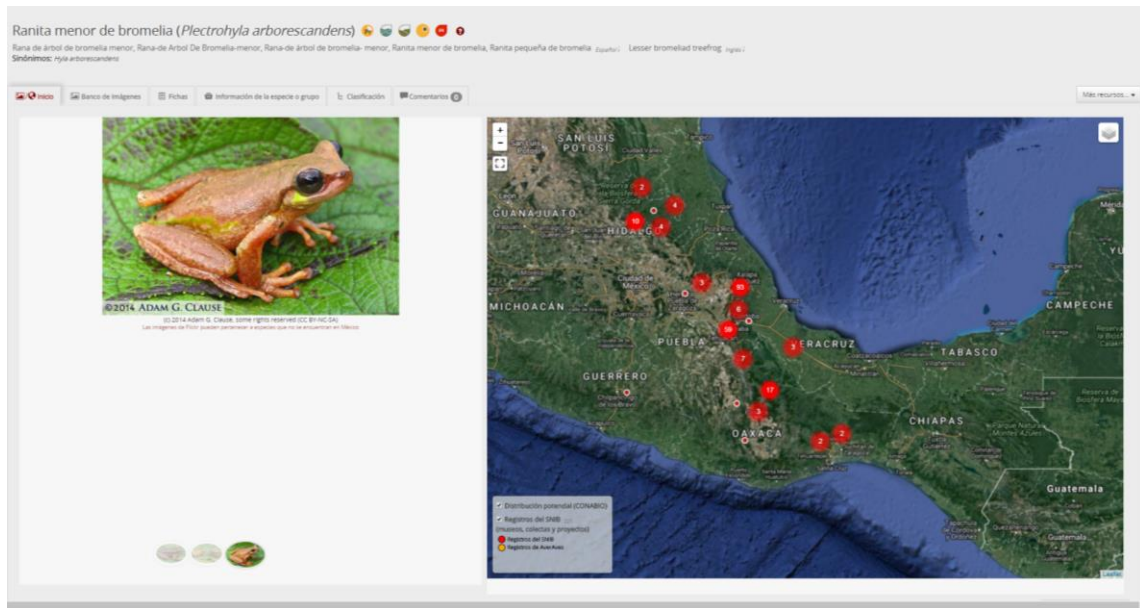


Figura IV. 50. Registros de *Plectrohyla arborescandens* de acuerdo con CONABIO.

*Scincella silvicola* o Eslizón de la Sierra Madre Oriental es endémica de México, y se distribuye en los estados de Nuevo León, San Luis Potosí, Puebla, Veracruz, y Oaxaca. Esta especie se asocia principalmente a bosques de pino y de pino-encino, aprovechando microhábitats como áreas rocosas y con hojarasca. Como se muestra en la siguiente figura los registros de la especie Eslizón de la Sierra Madre Oriental están ampliamente distribuidos, por lo que el hábitat de la especie no está limitado al área del proyecto. La medidas de mitigación propuestas se encargaran de que ningún individuo se vea afectado por el desarrollo del proyecto.

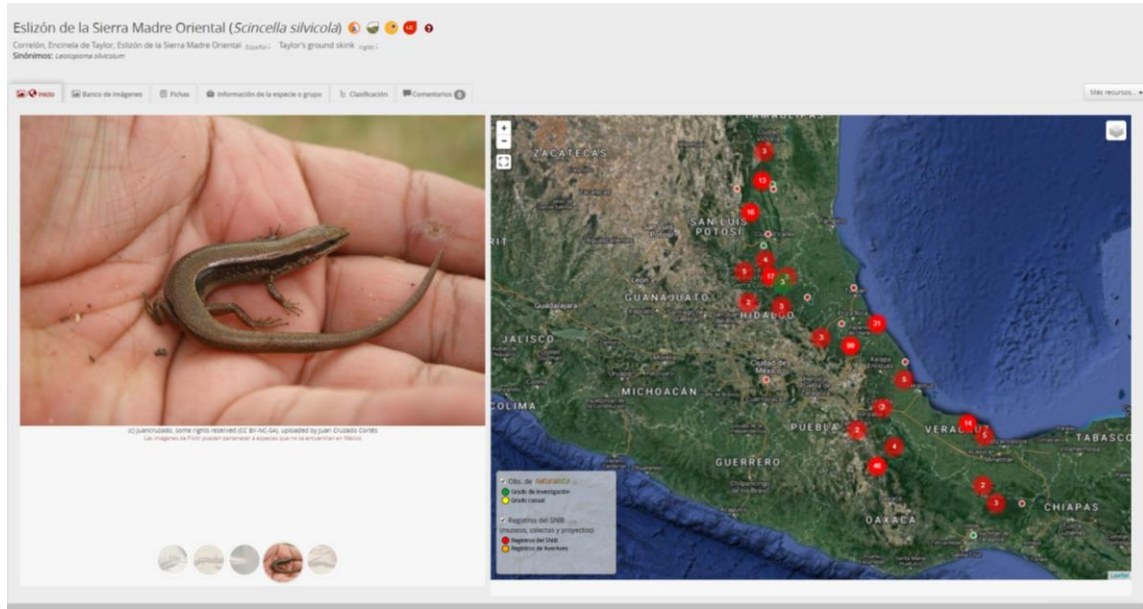


Figura IV. 51. Registros de *Scincella silvicola* de acuerdo con CONABIO.

*Eupsittula nana* pertenece a la clase aves principalmente al orden de los Psittaciformes, es una especie nativa y presenta una distribución desde México hasta Panamá. Se sabe que esta especie es endémica de una isla de Jamaica y se le puede encontrar distribuida en colinas boscosas, laderas de montañas, matorrales, cultivos y jardines en zonas húmedas o semiáridas desde el nivel del mar hasta los bosques de elevación media. Como se muestra en la siguiente figura esta especie está ampliamente distribuida en México por lo que debido a su capacidad de dispersión, dicha especie no se verá afectada por el desarrollo del proyecto.

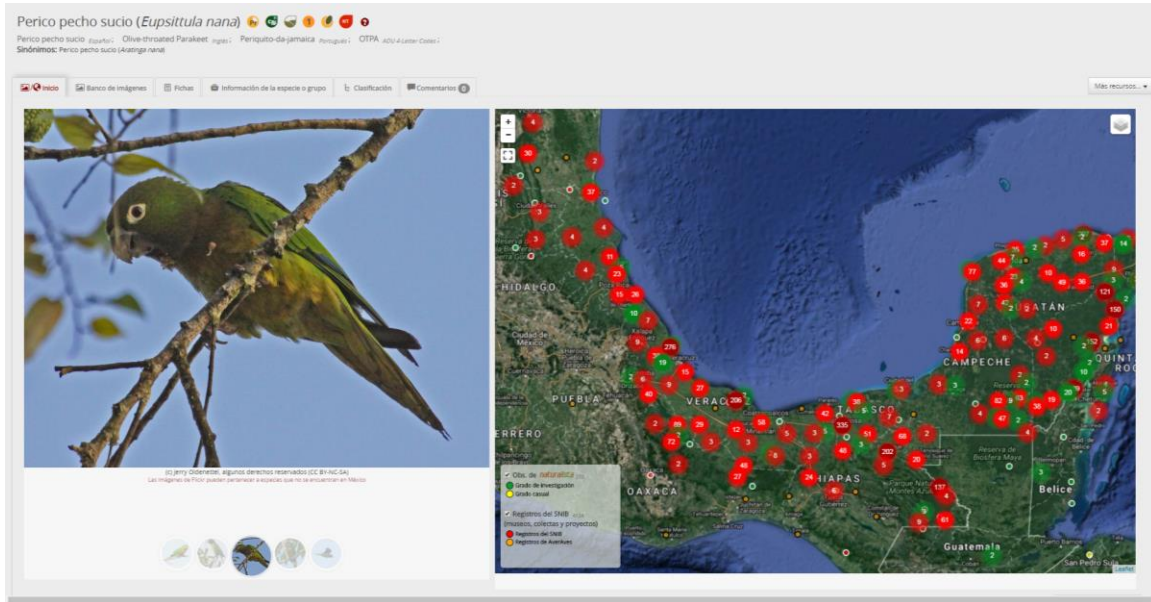


Figura IV. 52. Registros de *Eupsittula nana* de acuerdo con CONABIO.

*Cinclus mexicanus*, conocido como mirlo acuático norteamericano, es una especie sujeta protección especial. No es endémica de México y actualmente esta especie tiene un rango geográfico muy amplio y se le puede encontrar en países como Canadá; Costa Rica; Guatemala; Honduras; Nicaragua; Panamá y Estados Unidos. Esta especie está asociada a comunidades riparias en bosque de coníferas, a lo largo de quebradas de montaña y cañadas estrechas. Debido a su capacidad de desplazamiento dicha especie no se verá afectada por el desarrollo del proyecto. Como se muestra en la siguiente figura esta especie está bien representada.

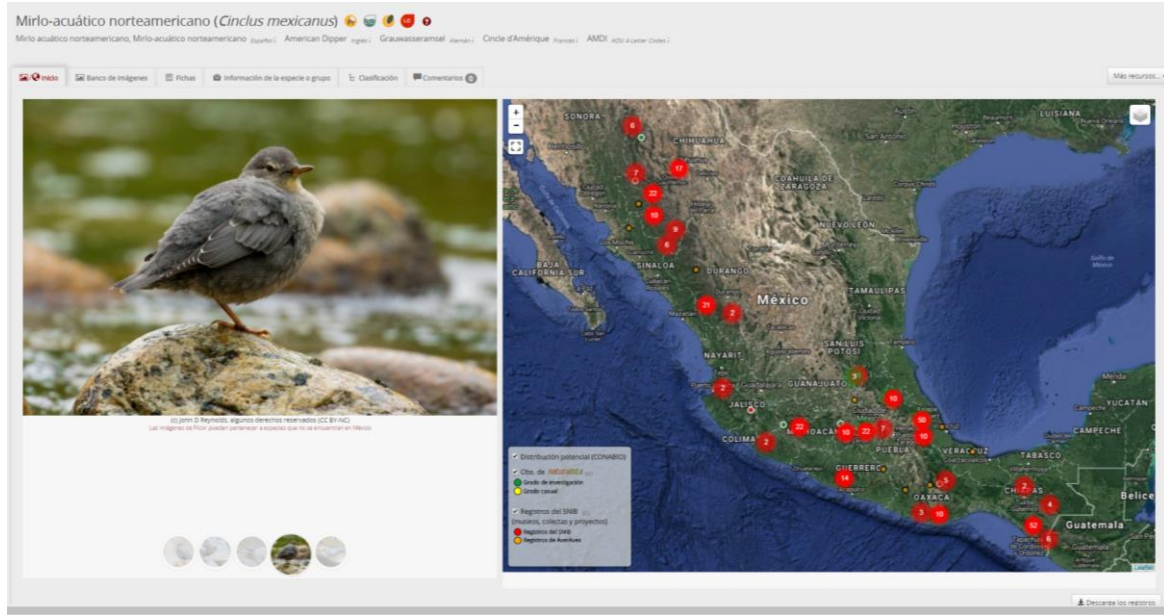


Figura IV. 53. Registros de *Cinclus mexicanus* de acuerdo con CONABIO.

*Myadestes unicolor* es una especie amenazada de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Es nativa de México y de países como Belice; El Salvador; Guatemala; Honduras y Nicaragua. Los tipos de vegetación a los que se asocia es el bosque húmedo tropical y subtropical y bosque de pino-encino. Como se muestra en la siguiente figura esta especie se distribuye ampliamente en México por lo que el desarrollo de proyecto no prevé una afectación para dicha especie, debido a la capacidad de desplazamiento que tiene.

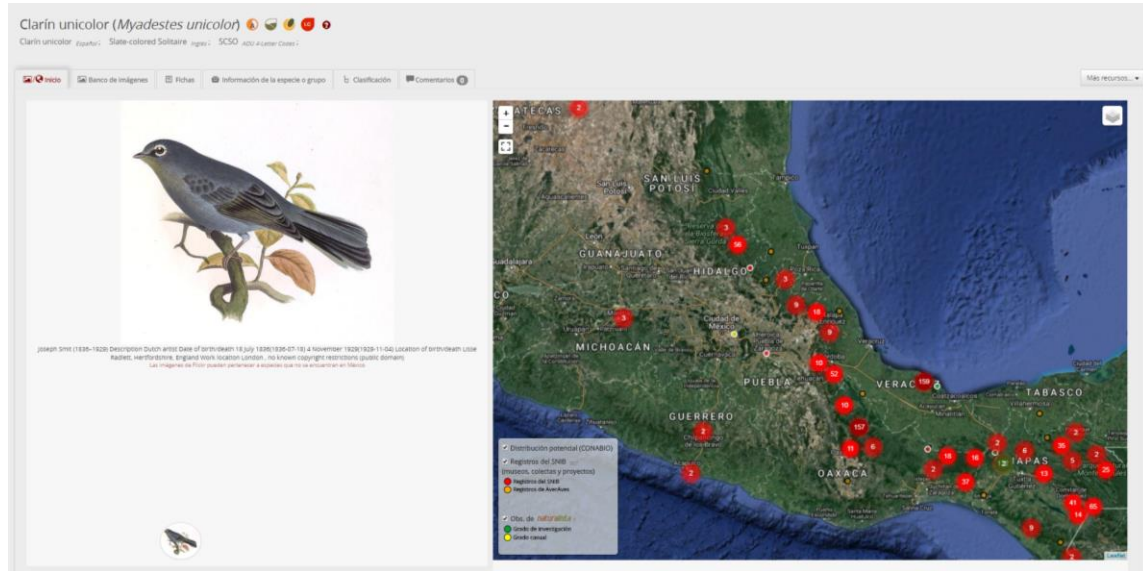


Figura IV. 54. Registros de *Myadestes unicolor* de acuerdo con CONABIO.

De acuerdo con las especies identificadas en el área del proyecto y el hábitat que aprovechan (tipo de vegetación), no se considera que ninguna especie esté restringida a la ubicación del proyecto, ya que los tipos de vegetación a los que se asocian se encuentran representados en todo el SAR, principalmente el tipo de vegetación de bosque mesófilo de montaña en el cual se asocia la mayoría de las especies. Como medidas de mitigación hacia la fauna se implementará el programa de rescate y reubicación de fauna, que se aplicará principalmente aquellas especies que se encuentren en categoría de riesgo, poca movilidad, especialistas de hábitat y/o distribución restringida y endemismo. Con esta medida se planea resguardar el mayor número posible de especies que pudieran ser afectadas por el desarrollo del proyecto.

#### IV.2.2.5.6 Muestreo de fauna acuática

En cuanto a la fauna acuática, se realizó un trabajo de caracterización de los ambientes acuáticos en el área del proyecto. El método utilizado para la caracterización de la fauna acuática consistió en geoposicionar el punto de interés y determinar una línea transversal correspondiente a la anchura del cauce del río, a partir de la cual se consideró 50 m río arriba y 50 m río abajo. Por lo que el área de muestreo para cada punto fue de 100 m de longitud por la anchura del cauce. En cada determinada distancia se procedió a realizar un muestreo, recabándose los datos de las



variables físico-químicas y ambientales del río, y determinándose las técnicas necesarias para la ubicación y recolecta de organismos para la generación de un inventario de fauna acuática. El tipo de muestreo aplicado fue dirigido, y la selección de cada uno de los puntos de muestreo estuvo determinada por algunas de las especificaciones propuestas en el Protocolo de Muestreo de Fauna Ictiológica en Ríos<sup>3</sup>, el cual sugiere que el área de muestreo debe tener una longitud de 10 veces la anchura media del río, con un mínimo de 100 m<sup>2</sup>, así como contar con áreas donde estén presentes todas las unidades de hábitat características de la masa de agua (pozas, rápidos, presas, vegetación ribereña, etc.).

El muestreo se llevó a cabo en tres días (11, 12 y 13 de marzo de 2016), y se ubicaron un total de 17 puntos de muestreo a lo largo del cauce, tal como se muestra en la siguiente figura y tabla.

**Tabla IV. 36. Coordenadas geográficas de los 17 puntos de muestreo establecidos a lo largo del cauce del río.**

PUNTO	GEORREFRENCIACION (UTM)		ZONA
	ESTE	NORTE	
P-1	620109	2223084	14 Q
P-2	620109	2222958	14 Q
P-3	620274	2222909	14 Q
P-4	620470	2222778	14 Q
P-5	620630	2222881	14 Q
P-6	620728	2222950	14 Q
P-7	620786	2222875	14 Q
P-8	620849	2222735	14 Q
P-9	620848	2222630	14 Q
P-10	620924	2222549	14 Q
P-11	620969	2222492	14 Q
P-12	621030	2222487	14 Q
P-13	621065	2222532	14 Q
P-14	621131	2222499	14 Q
P-15	621160	2222393	14 Q
P-16	621286	2222390	14 Q
P-17	621283	2222315	14 Q

<sup>3</sup> Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, España

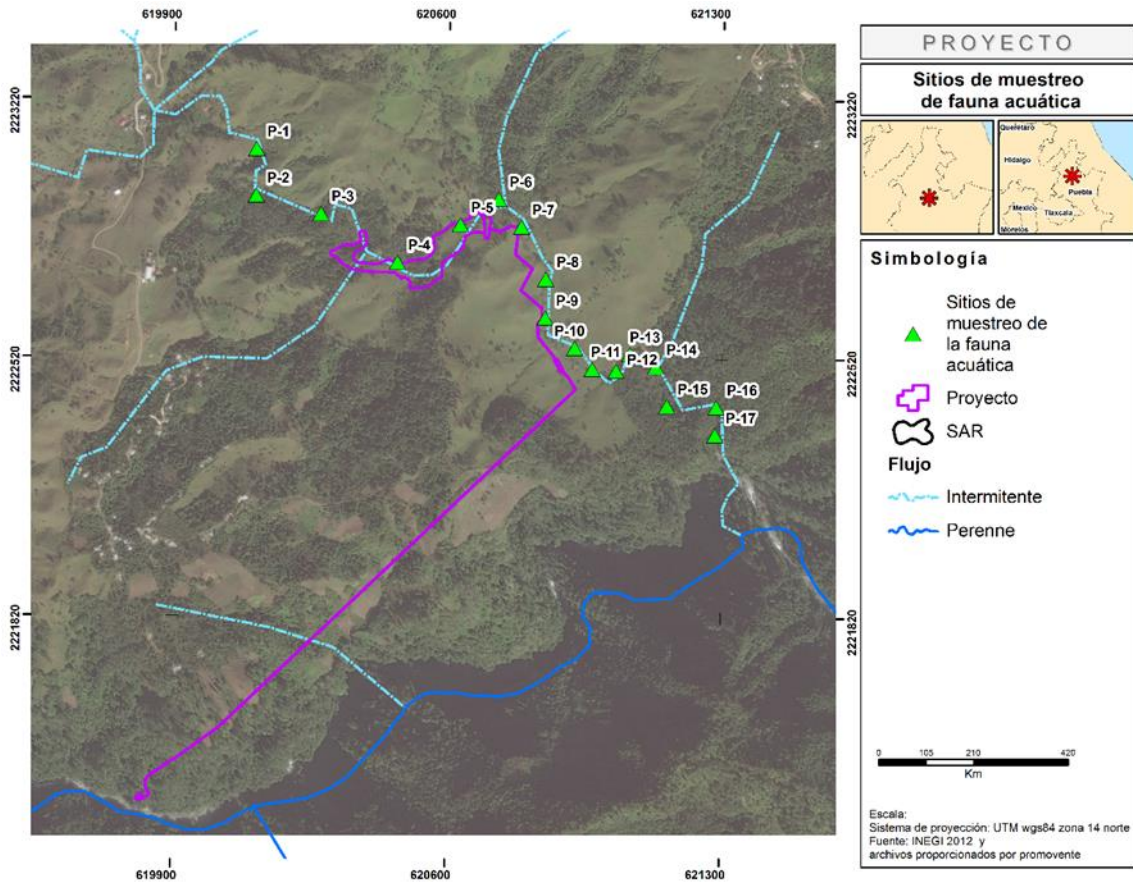


Figura IV. 55. Ubicación de los sitios de muestreo de la fauna acuática.

#### IV.2.2.5.6 Caracterización faunística

Después de haber realizado una exhaustiva búsqueda en los diferentes microhábitats estrictamente acuáticos así como aquellos asociados al medio de interés, se logró hacer una caracterización faunística del río que incluye un total de cuatro especies, distribuidas en dos phylum, dos subphylum y cuatro clases (ver siguiente Tabla).

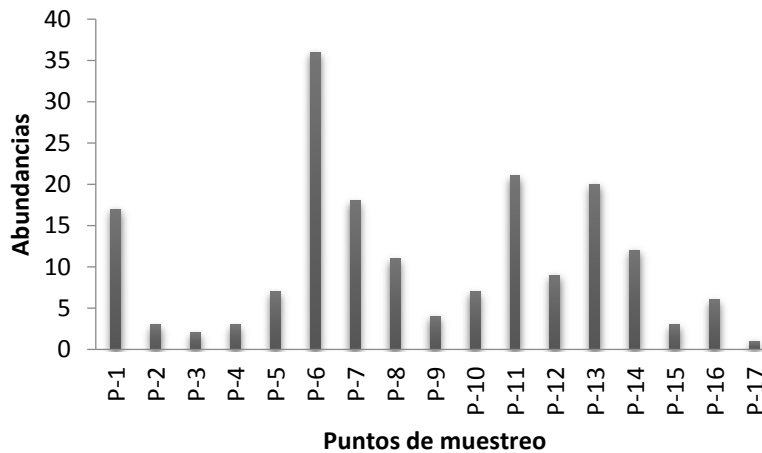
Tabla IV. 37. Sinopsis taxonómica de las especies registradas ambientes acuáticos.

<b>Reino</b> Animalia Linnaeus, 1758
<b>Phylum</b> Chordata Bateson, 1885
<b>Subphylum</b> Vertebrata Cuvier, 1812
<b>Clase</b> Actinopterygii Klein, 1885
<b>Orden</b> Cyprinodontomorfes Berg, 1940
<b>Familia</b> Poeciliidae Garman, 1895
<b>Género</b> <i>Heterandria</i> (Agassiz, 1853)
<i>Heterandria jonesii</i> (Gunther, 1874)
<b>Clase</b> Amphibia Linnaeus 1758
<b>Orden</b> Anura Fischer von Waldheim, 1813
<b>Familia</b> Hylidae Rafinesque, 1815
<b>Subfamilia</b> Hylinae Rafinesque, 1815
<b>Género</b> <i>Ecnomiohyla</i> Faivovich, Haddad, Garcia, Frost, Campbell & Wheeler, 2005
<i>Ecnomiohyla miotympanum</i> (Cope, 1853)
<b>Clase</b> Reptilia Laurenti, 1768
<b>Orden</b> Squamata Opper, 1811
<b>Suborden</b> Serpentes Linnaeus, 1758
<b>Familia</b> Colubridae Opper, 1811
<b>Subfamilia</b> Natricinae Bonaparte, 1838
<b>Género</b> <i>Thamnophis</i> Fitzinger, 1843
<i>Thamnophis proximus</i> (Say, 1823)
<b>Phylum</b> Artropoda Latreille, 1829
<b>Subphylum</b> Crustacea Brunnich, 1772
<b>Clase</b> Malacostraca Latreille, 1802
<b>Orden</b> Decapoda Latreille, 1802
<b>Infraorden</b> Astacidae Letreille, 1802
<b>Familia</b> Cambaridae Hobbs, 1942
<b>Género</b> <i>Cambarellus</i> Ortmann, 1905
<i>Cambarellus montezumae</i> Saussure, 1857

A pesar de los esfuerzos de muestreo aplicados, la riqueza específica registrada fue baja ya que solo se encontró a dos especies estrictamente acuáticas, *Heterandria jonesii* (guatopote listado) y *Cambarellus montezumae* (langostino de río), y a dos especies asociadas a ambientes acuáticos, *Ecnomiohyla miotympanum* (rana arborícola de orejas pequeñas) y *Thamnophis proximus* (serpiente acuática).

De acuerdo a la matriz de abundancia, generada con los datos recopilados en campo, se logró conocer que de las cuatro especies registradas la más representativa fue *Heterandria jonesii* con un total de 147 organismos, seguida de *Cambarellus montezumae* y *Ecnomiohyla miotympanum* con 23 y 9 organismos, respectivamente. La especie menos abundante fue *Thamnophis proximus*, para la cual solo se registró un ejemplar.

Con el análisis de la representación gráfica (ver siguiente figura) de los datos de abundancia se puede decir que el punto de muestreo más representativo, en términos de abundancia relativa, fue el P-6 con un total de 36 organismos, distribuidos entre las especies; *H. jonesii* (30 organismos), *C. montezumae* (5) y *E. miotympanum* (1). En contraparte, el punto de muestreo menos representativos fue el P-17, con solo un organismo registrado de la especie *T. proximus*. Para el resto de los puntos, las abundancias relativas fueron variables.

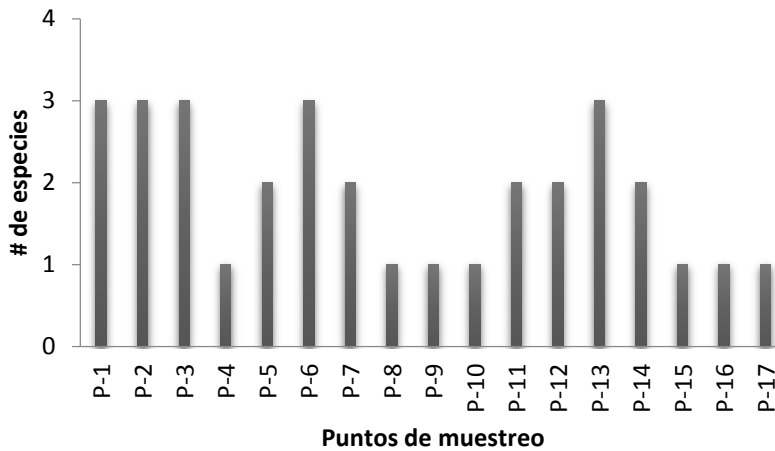


**Figura IV. 56.** Abundancias relativas registradas para cada uno de los diferentes puntos de muestreo.

De acuerdo al gráfico anterior, se observa que entre los puntos con mayor abundancia destacan el P-11 (con 21 organismos), P-13 (20), P-7 (18) y P-1 (17), seguidos de los puntos P-8 y P-14, con 11 y 12 organismos, respectivamente. Por otra parte, entre los puntos con menor abundancia destacan P-12 (con 9 organismos), P-5 (7), P-10 (7), P-16 (6) y P-9 (4), seguidos de los puntos P-2, P-4 y P-15 (con 3 organismos cada uno) así como el punto P-3, con solo dos organismos.

Independientemente, del análisis de la matriz de incidencia (presencia-ausencia) de especies se obtuvo que el número de especies registradas fue variable para cada punto de muestreo realizado (ver siguiente figura). En los puntos que se registró la menor riqueza específica, sólo una especie fue la representativa mientras que, en los puntos con la mayor riqueza específica, se incluye el registro máximo de tres especies.

De esta manera y de acuerdo al gráfico correspondiente, se determinó que los puntos con menor riqueza específica, con sólo una especie, están representados por P-4, P-8, P-9, P-10, P-15, P-16 y P-17, seguidos de los puntos P-5, P-7, P-11, P-12 y P-14; con dos especies cada uno de ellos. Los puntos con mayor riqueza específica, con tres especies cada uno, fueron P-1, P-2, P-3, P-6 y P-13.



**Figura IV. 57.** Riqueza específica registrada en cada uno de los diferentes puntos de muestreo.

Adicionalmente, con la matriz de incidencia generada, se logró determinar que la especie más común, a lo largo del cauce del río, es *Heterandria jonesii* la cual estuvo presente en 13 de los 17 puntos de muestreo, seguida de *Cambarellus montezumae*, presente en 9 sitios, y *Ecnomiohyla miotympanum*, que se registró en 7 sitios. Finalmente, la especie menos común fue *Thamnophis proximus* al registrarse únicamente en uno de los 16 puntos de muestreo.

En el caso particular de los renacuajos se registró que la abundancia relativa fue de 495 individuos mientras que, el patrón de incidencia fue del 100% ya que estuvieron presentes en todos los puntos de muestreo realizados.

Por otra parte, de acuerdo con los valores arrojados por los índices de diversidad (ver siguiente tabla), se obtuvo una riqueza específica de cuatro especies, además se determinó que la dominancia de las especies representa hasta un 68%, con un valor de  $D = 0.6858$ . Por su parte el índice de diversidad de Simpson (1-D) con un valor de 0.3142 representa que las especies encontradas tienen un 31% de probabilidad de ser registradas en los diferentes puntos de muestreo. De acuerdo al índice de Shannon, el patrón de equitatividad de las especies de hasta un 60%, con un valor de  $H' = 0.6069$ .

**Tabla IV. 38.** Valores estimados de los índices biológicos aplicados. S = riqueza específica; D = Dominancia de Simpson; 1-D = Diversidad de Simpson;  $H'$  = Shannon-Wiener.

Puntos de muestreo	# de individuos	S	D	1-D	H
17	180	4	0.6858	0.3142	0.6069

De manera resumida se tiene que del muestreo realizado se obtuvo que la riqueza específica del río fue de 4 especies ( $S=4$ ), con un valor de dominancia de  $D = 0.6858$ , una diversidad de  $1-D=0.3142$  y una equitatividad de  $H'=0.6969$ . De las cuatro especies registradas se encontró que dos son especies netamente acuáticas (*Heterandria jonesii* y *Cambarellus montezumae*), y dos son especies asociadas a cuerpos de agua (*Ecnomiohyla miotympanum* y *Thamnophis proximus*). La especie más representativa, en términos de presencia y abundancia, a lo largo del cauce del río fue *H. jonesii*, ya que se registró en 13 de los 17 sitios muestreados con un número total de organismos de 147. La especie rara fue la serpiente acuática *Thamnophis proximus*, la cual

únicamente se registró para un solo sitio, así como con un solo ejemplar. Anexo a este documento se integran los resultados del estudio de caracterización de ambientes acuáticos.

De acuerdo a las observaciones realizadas en campo, se puede decir *H. jonesi* presenta un amplia distribución en el cauce del río Zoquiapa ya que fue la única especie que se encontró en casi todos los sitios de muestreo. Las observaciones de la especie *in situ* coinciden con la presencia de una gran variedad de hábitats como lo fue; debajo de hojarasca semi sumergida, debajo de raíces de flora riparia, en zonas protegidas por rocas, entre otras. Además, se observó que *H. jonesi* prefiere las partes del cuerpo de agua poco profundas, semi tranquilas y de fondo fangoso (arena, detritos) y rocoso. Todas estas características concuerdan con lo establecido por Rush (2009) quien dice que *H. jonesi* es una especie que habita en arroyos medianos a grandes, con sustratos de lodo, arena, detritos, grava, roca y cantos rodados; agua por lo general clara con corriente nula a moderada.

La poca diversidad de especies acuáticas, así como especies asociadas, se atribuye que el entorno contiguo al cauce del río presenta un considerable grado de perturbación, principalmente por el cambio de uso de suelo para terrenos de cultivos permanentes y semipermanentes.

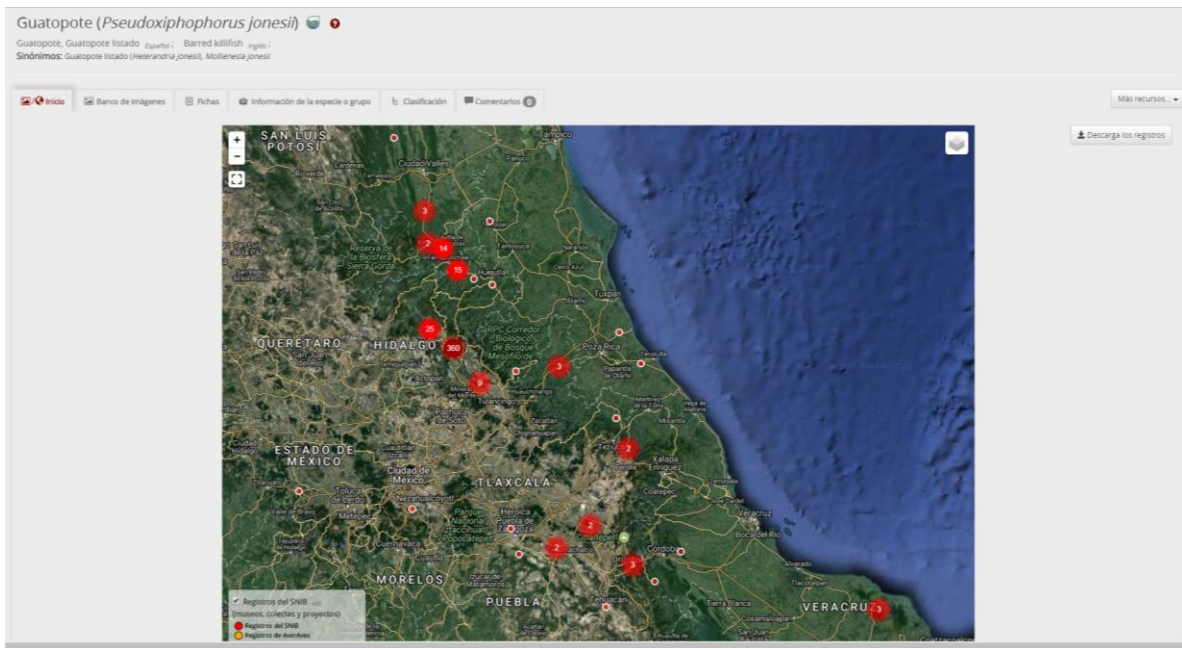
#### **IV.2.2.5.6 Especies protegidas NOM-059-SEMARNAT-2010**

Como ya se ha mencionado anteriormente, el elenco faunístico de los ambientes acuáticos involucrados en el área propuesta para el desarrollo del proyecto únicamente incluyo a 4 especies silvestres, representadas por el pez guatopote listado (*H. jonesi*), rana arborícola de orejas pequeñas (*E. miotympanum*), una serpiente acuática (*T. proximus*) y una especie de acocil (*C. montezumae*).

En función a los resultados obtenidos se procedió a realizar la consulta de la NOM-059-SEMARNAT-2010, correspondiente a la lista de especies en riesgo y se determinó que solo una (*Thamnophis proximus*) de las cuatro especies involucradas en la caracterización del río se encuentra bajo la categoría de riesgo denominada como especie amenazada (A). En las siguientes

figuras se muestra los registros de las especies que fueron reportadas durante el trabajo de campo de la fauna acuática.

El guatopote como se muestra en la siguiente figura es una especie registrada ampliamente por lo que se espera que su distribución no se vea afectada por el desarrollo del proyecto. Así mismo se aplicarán las medidas de mitigación correspondientes para procurar la salvaguarda de dicha especie.



**Figura IV. 58.** Registros de *Heterandria jonesi* de acuerdo con CONABIO.

El acocil registrado en el área del proyecto es una especie ampliamente distribuida (ver siguiente figura) por lo que se espera que el desarrollo del proyecto no afecte su distribución y para ello serán aplicadas las medidas de mitigación correspondientes.



## MIA REGIONAL PARA EL “PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)”

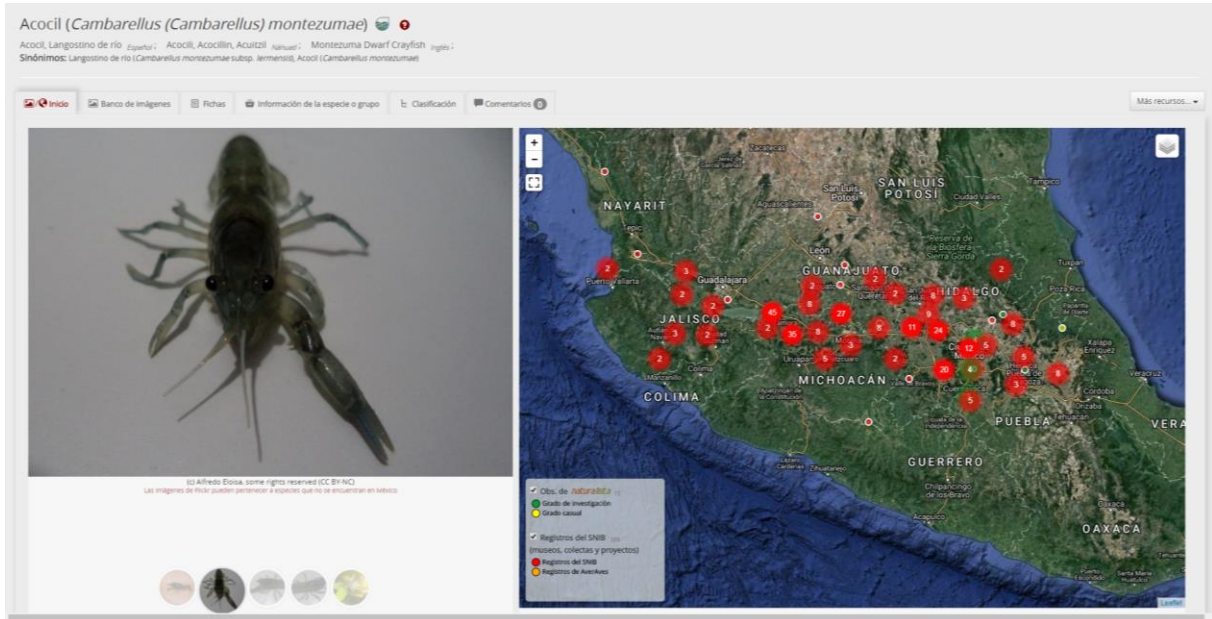


Figura IV. 59. Registros de *Cambarellus montezumae* de acuerdo con CONABIO.

La rana de árbol orejas chicas es una especie endémica sin embargo tiene una amplia distribución desde el norte hasta el sur del país. Por lo que con esta evidencia se muestra que la distribución de dicha especie no se verá afectada por el desarrollo del proyecto.

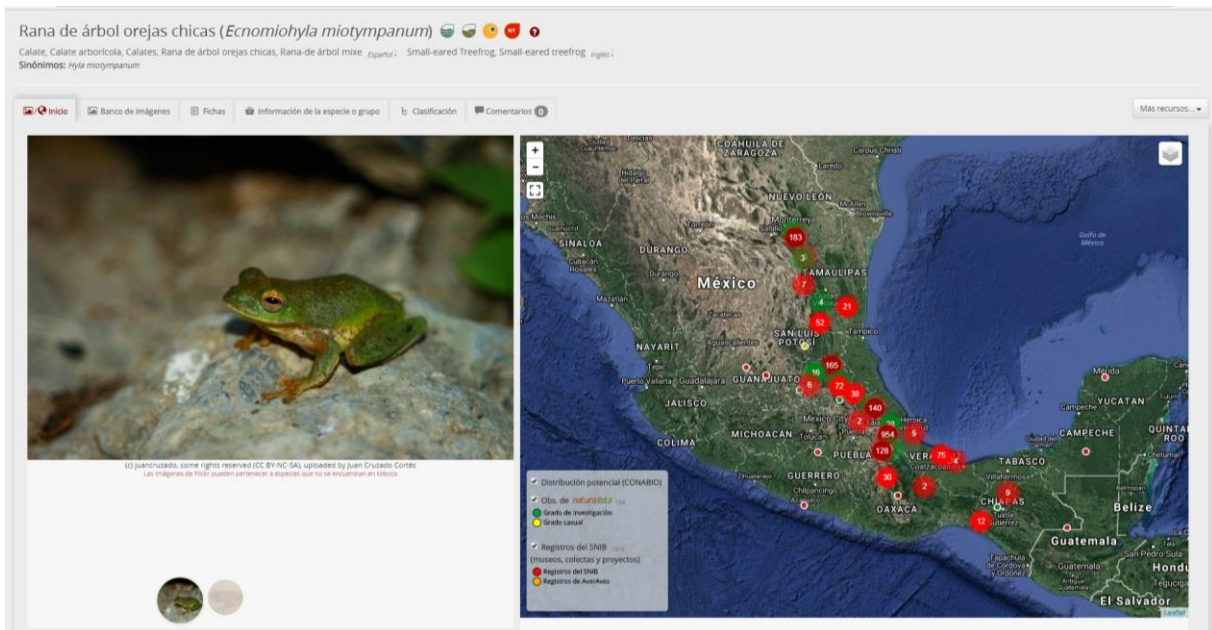


Figura IV. 60. Registros de *Ecnomiohyla miotympanum* de acuerdo con CONABIO.

La culebra acuática *Thamnophis proximus* es una especie ampliamente distribuida en México como en Estados Unidos, la principal causa de estar incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010, es debido al desconocimiento de esta especie por parte de las personas, las cuales han disminuido sus poblaciones por el simple hecho de creer que son venenosas. Debido a la naturaleza del proyecto no se prevé una afectación a la distribución o a las poblaciones de dicha especie así mismo se aplicaran medidas de mitigación para evitar la afectación a los individuos que se registren dentro del área del proyecto.

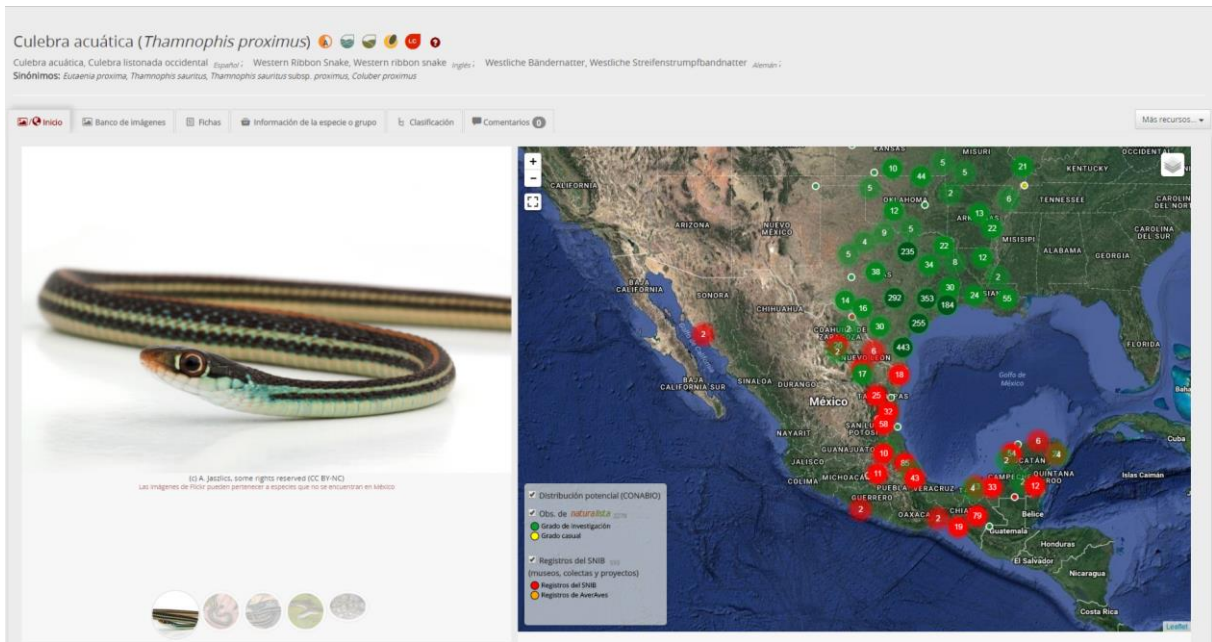


Figura IV. 61. Registros de *Thamnophis proximus* de acuerdo con CONABIO.

### IV.2.3 Medio socioeconómico

Los municipios que confluyen en el SAR son los siguientes: Ahuacatlán, Amixtlán, Tlapacoya, San Felipe Tepatlán, Hermenegildo Galeana y Jopala, que corresponden al estado de Puebla (ver la siguiente tabla y figura); (INAFED-SEGOB, 2010) ésta zona pertenece a la “Región Indígena Sierra Norte de Puebla y Totonacapan”, la cual se extiende por los estados de Puebla, Veracruz e Hidalgo, y es una de las regiones más pobladas principalmente por grupos nahuas y totonacos, por lo que destaca socialmente a nivel nacional (CDI, 2010).

Tabla IV. 39 Municipios que conforman el SAR.

Municipios	Superficie ocupada dentro del SAR (ha)	% ocupado dentro del SAR
Tlaola	455.399	3.47
Ahuacatlán	2797.685	21.33
Amixtlán	2449.22	18.68
Tlapacoya	2547.789	19.43
San Felipe Tepatlán	3085.246	23.53
Hermenegildo Galeana	1392.426	10.62
Jopala	385.759	2.94

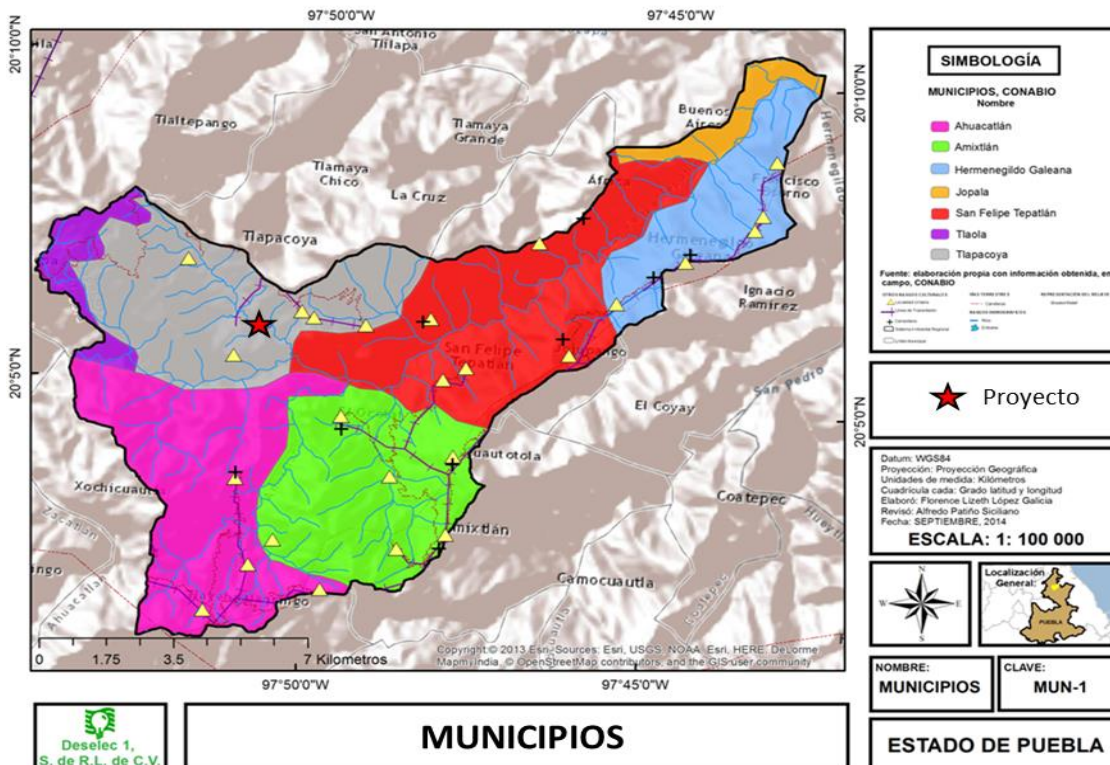
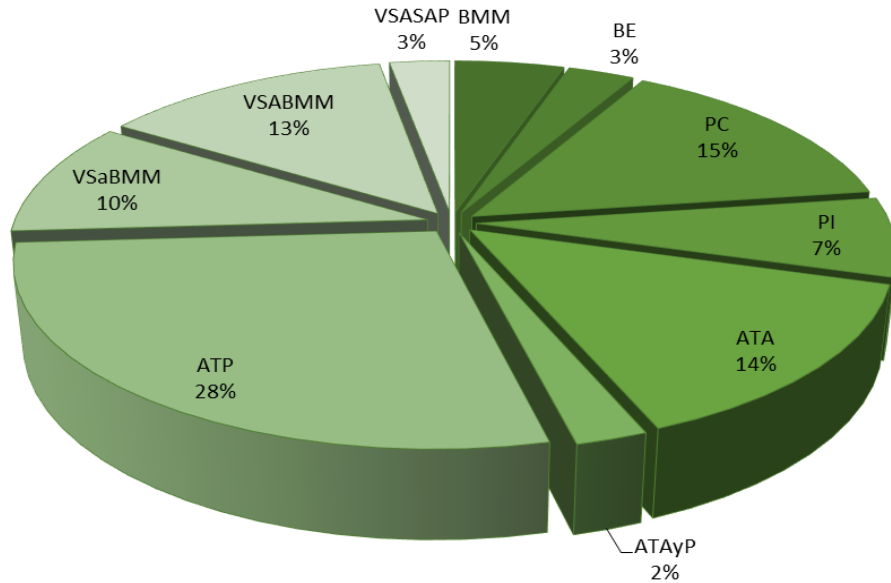


Figura IV. 62 Municipios dentro del SAR.

### IV.2.3.1 Actividades Económicas

A nivel del SAR las principales actividades económicas son el cultivo de café, la agricultura y ganadería. Tal y como se puede observar en la siguiente figura a nivel del SAR, los usos de suelo agrícola y pecuario son los que dominan en éste.



\*Donde: ATP = Agricultura de Temporal Permanente, ATA = Agricultura de Temporal Anual, ATAyP= Agricultura de Temporal Anual y Permanente, PI= Pastizal inducido, PC= Pastizal Cultivado, BMM= Bosque Mesófilo de Montaña; BE=Bosque de Encino, VSASAP = Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Alta Perennifolia, VSABMM= Vegetación Secundaria arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña y VSaBMM= Vegetación Secundaria arbustiva de Bosque Mesófilo de Montaña.

**Figura IV. 63** Porcentaje de superficie de uso de suelo y vegetación en el SAR.

#### IV.2.3.1.1 Uso potencial de la tierra

Los principales usos de la tierra son: agrícola y pecuario. En todos los municipios del SAR es común la agricultura manual o tradicional, es muy escasa la agricultura con tracción animal (municipios de Jopala, Tlaola y Tlapacoya), y la agricultura mecanizada solo está presente en el municipio de Jopala. Jopala es el municipio que presenta mayor cantidad de superficie apta para agricultura

(59.74%), mientras que el municipio que tiene la menor superficie apta para agricultura es Amixtlán (7.74%) (INEGI, 2010).

#### **IV.2.3.1.2 Actividades Primarias**

##### **Producción Agrícola**

Además del café, se cultiva principalmente el maíz, chile verde, tomate y el frijol ver la siguiente tabla; El valor total de la producción de maíz entre los 7 municipios que integran el SAR es de 7,468 ton, donde Jopala produce la mayor cantidad; el valor total de la producción de chile verde es de 1,705 ton y Tlaola es el municipio que produce la mayor cantidad (1,150 ton); la producción total de tomate verde es de 339 ton y proviene únicamente de los municipios de Tlaola y Tlapacoya, siendo Tlaola el que más produce (187 ton); la producción total de frijol es de 244 ton, el municipio de Ahuacatlán es el que produce más frijol (115 ton) (INEGI, 2011).

La problemática ambiental radica en que la actividad agrícola ha incrementado los desmontes, para dar paso a la introducción de los cultivos de maíz, café, vainilla, ajonjolí, cítricos, plátano etc.

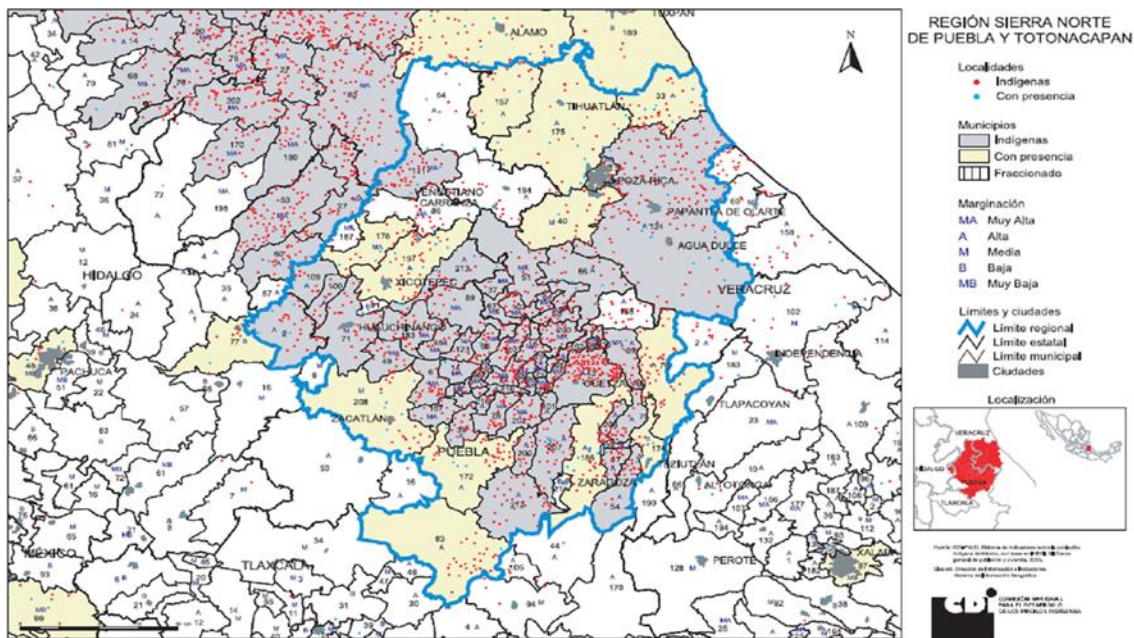
Otra problemática ambiental es el uso de agroquímicos, lo que genera una posible contaminación en el suelo; y durante eventos de fuerte precipitación el posible acarreo de estos agroquímicos hacia el río Zoquiapa. Sin embargo, y considerando que las prácticas agrícolas que se llevan a cabo en la nanocuenca del proyecto no son de tipo extensiva, ni intensiva, el nivel de los químicos que puede contener el río no es tan relevante.

Con respecto a la marginación, a nivel del SAR se caracteriza por presentar altos niveles de marginación, lo que representa una zona de pobreza e inequidad social. En todos los municipios del SAR, la pobreza es elevada, el municipio con el mayor porcentaje de personas en pobreza es Tlapacoya (77.4%), el municipio con menor cantidad de personas en pobreza es Amixtlan (42.11%) (SEDESOL, 2010).

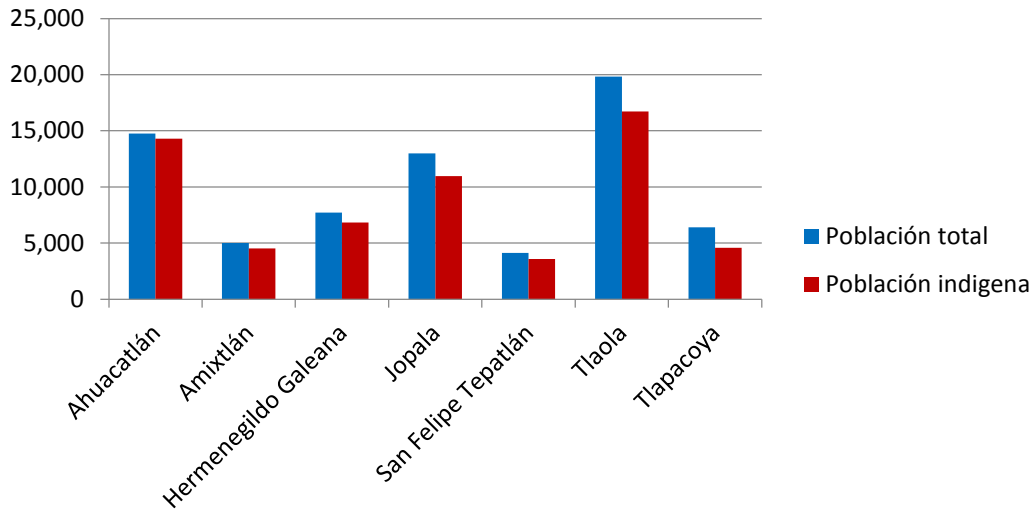
### IV.2.3.2 Grupos étnicos

El SAR corresponde a la “Región Indígena Sierra Norte de Puebla y Totonacapan” (CDI, 2000) (ver la siguiente figura) La región está ocupada principalmente por los grupos nahua y totonaco, con porcentajes superiores al 40% de la población indígena; cada uno de ellos representa 53.1% y 44.1%, respectivamente, aquí se registra la mayor concentración de población totonaca en el país (CDI, 2006).

Los municipios que integran el SAR presentan una gran cantidad de población indígena con respecto a la población total. El municipio de Tlapacoya es el que tiene un menor porcentaje de población indígena (71.73%), mientras que el municipio de Ahuacatlán es el que tiene un mayor porcentaje de población indígena (96.92%) (CDI, 2010) ver las siguientes figuras.



**Figura IV. 64** Región Sierra Norte de Puebla y Totonacapan. Tomado de: CDI-PNUD, Sistema de indicadores sobre la población Indígena de México, con base en INEGI, XII Censo general de población y vivienda, 2000.



**Figura IV. 65** Población total y población indígena en cada uno de los municipios que integran el SAR y AID.

En la siguiente figura, se muestra la distribución y distancia de las localidades más cercanas al SAR.

MIA REGIONAL PARA EL “PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)”

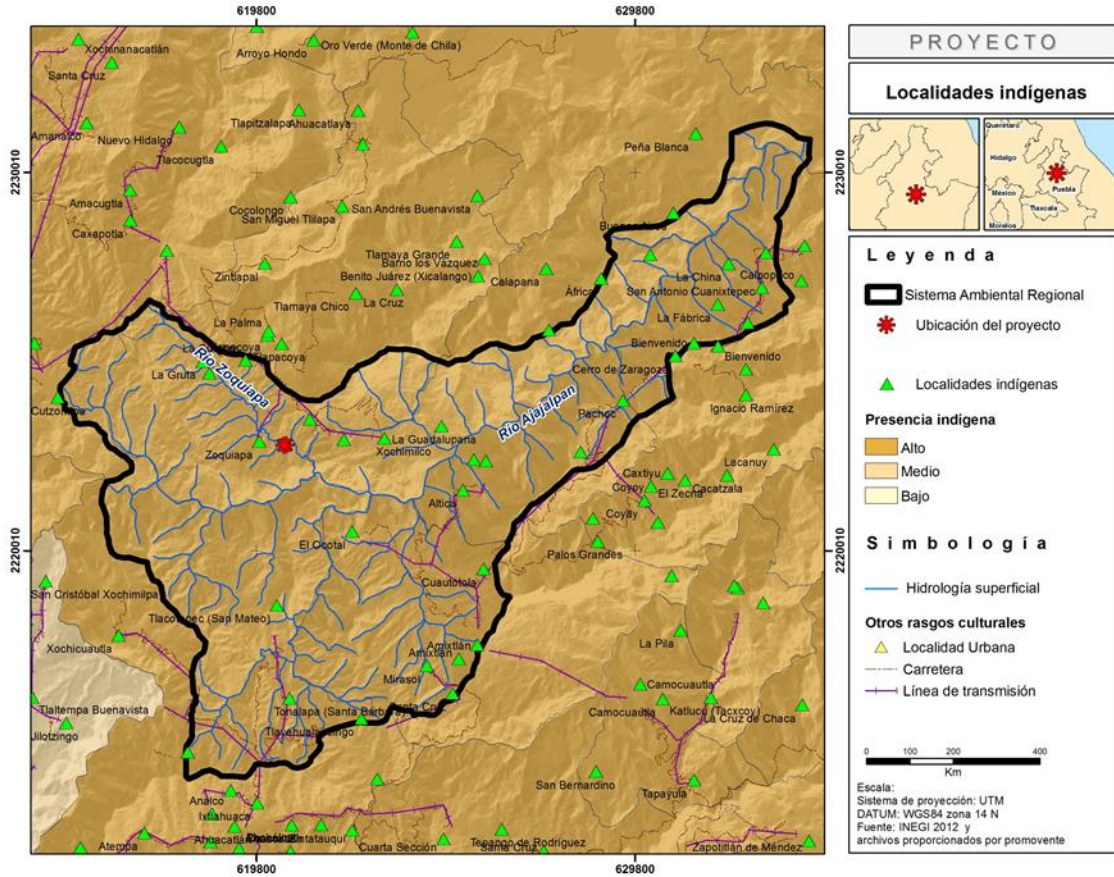
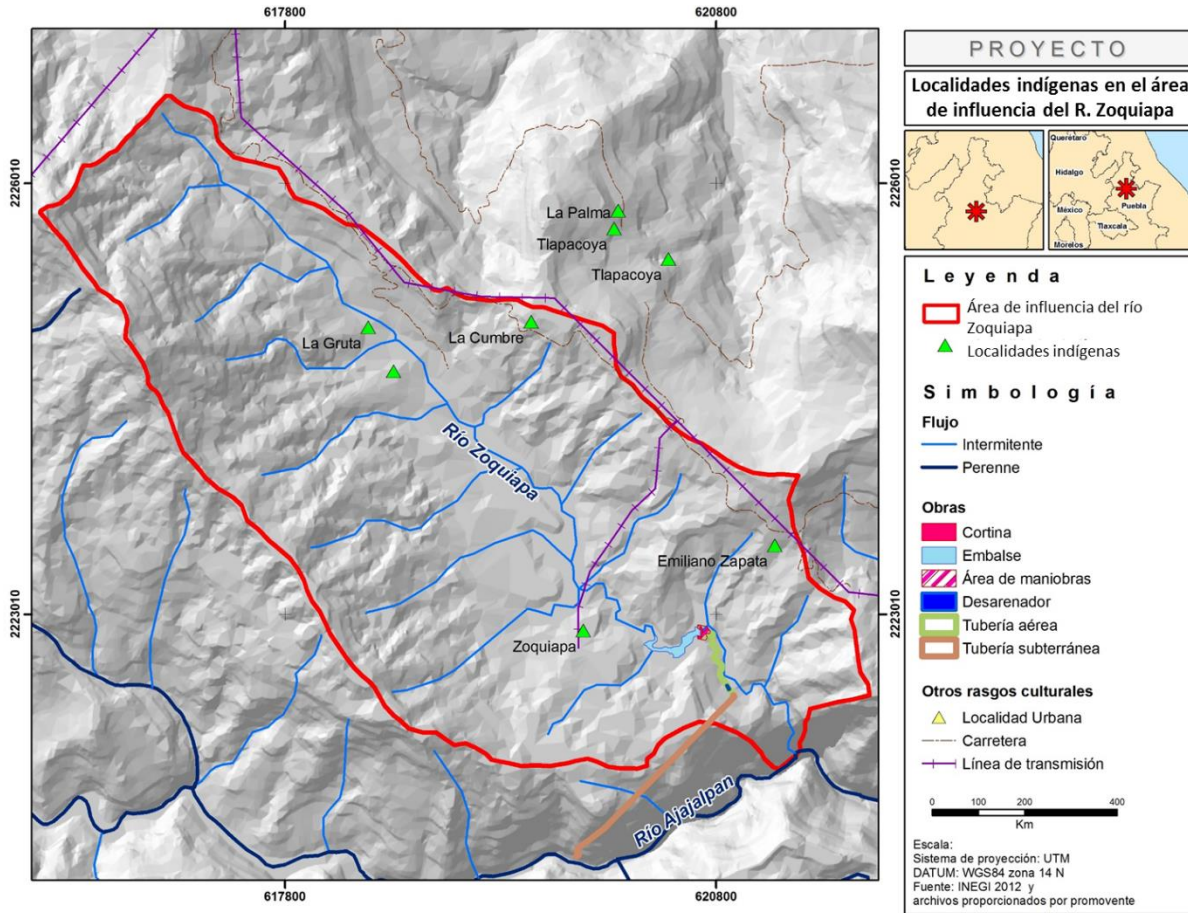


Figura IV. 66 Presencia de localidades indígenas a nivel del SAR.

En la siguiente figura se observa que a nivel del Área de influencia del río Zoquiapa o nanocuenca, existen cinco localidades indígenas. Las localidades indígenas más cercanas al proyecto son dos: Zoquiapa y Emiliano Zapata, ambas localidades se ubican altitudes altas, por lo que el mayor impacto previsto para estas comunidades es el paisaje visual.





**Figura IV. 67** Presencia de localidades indígenas en el Área de influencia del río Zoquiapa (nanocuena).

#### IV.2.3.2.1 Salud

Sus médicos tradicionales son parteras, curanderos y brujos indígenas o mestizos. Algunas alternativas tradicionales son: el curandero totonaco, que conoce el uso de las plantas medicinales para aliviar los males físicos y mentales, cura el cuerpo y el alma.

#### **IV.2.3.2 Territorio, ecología y reproducción social**

Actualmente los totonacas conservan estrategias ancestrales de aprovechamiento de los micro agroecosistemas; poseen parcelas de tierra en diferentes altitudes y sobre laderas con distintas pendientes, así diversifican su calendario agrícola, siembran diversos productos y aprovechan mejor la fuerza de trabajo familiar.

A mediados del siglo XIX se les impuso el cultivo de algodón, remplazado después por la caña de azúcar, que entró en crisis por su poca rentabilidad. Posteriormente, se les impuso el café, cultivado intensiva y extensivamente; por su alto precio mejoró el estándar de vida de los totonacas, pero los hizo más dependientes de alimentos traídos de fuera. El intento de diversificar la producción agrícola y ganadera acarreó fuertes inversiones, a veces incosteables, ante el mercado deprimido para sus productos.

La reproducción social de los totonacas se basa en la diversificación de sus grupos domésticos o familias, tanto nucleares como extensas.

#### **IV.2.3.2.3 Cosmogonía y religión**

El sistema de creencias de los totonacas es sincrético; en él se da la combinación de símbolos y de signos reelaborados en mitos, rituales, ceremonias, etcétera, cuyo origen se encuentra en la cultura indígena mesoamericana y en aspectos del cristianismo popular ibérico. El catolicismo de los indígenas totonacos combinó elementos de ambas tradiciones para crear una religiosidad propia; ésta enfatiza la existencia de seres sagrados que tienen dominio sobre aspectos y entornos particulares del mundo, como son iglesias, cuevas o cerros.

Los seres sagrados, como los santos católicos y las imágenes prehispánicas denominadas "antiguas" que tienen poderes mágicos, exigen atención por parte de los hombres; por esto hacen las celebraciones religiosas, a cambio de las cuales ellos retribuyen con salud, buenas cosechas y bienestar en general. Son los curanderos y brujos quienes conocen mejor esta "costumbre" o tradición cultural.

En el caso del área del proyecto, aun cuando se localizan dos localidades indígenas cercanas, éste no se emplazará ni pondrá en riesgo algún elemento religioso, histórico, o sagrado para los habitantes del municipio de Tlapacoya.

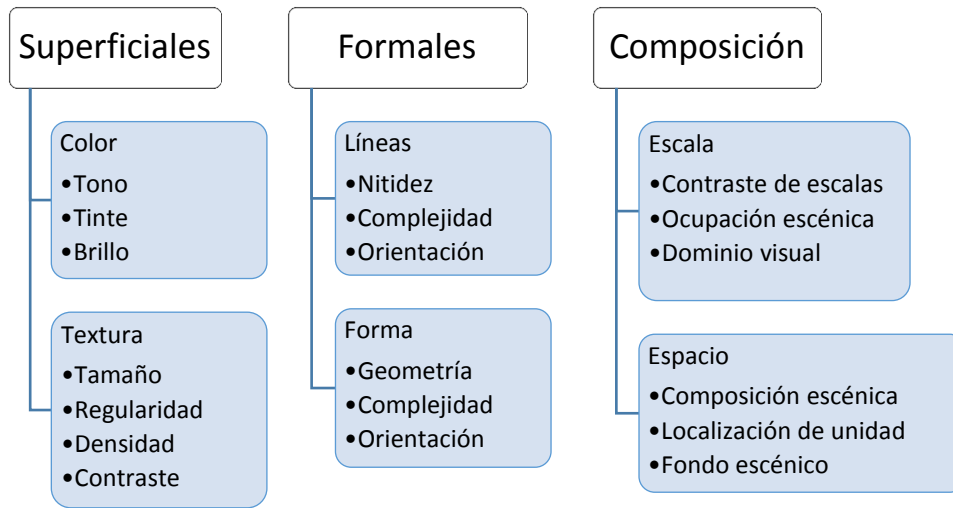
#### **IV.2.3.2.4 Relaciones con otros pueblos**

Las relaciones entre nahuas y totonacas han sido históricamente conflictivas; estas tensiones persisten en la actualidad. La presencia de nahuas en la región es resultado de varios procesos históricos, como son la introducción de guarniciones militares mexicas para controlar a los totonacas, o por desplazamientos masivos de nahuas a sus territorios. La presencia mestiza entre las totonacas de la Sierra es reciente.

#### **IV.2.4 Paisaje**

El paisaje se describe como todo aquello que forma un conjunto de elementos visuales sobre el horizonte. Se puede entender como el conjunto de elementos de tipo fisiográficos o naturales, antrópicos o artificial, sociales o culturales que al ser delimitados por el observador configuran una escena en armonía, con un orden y un significado.

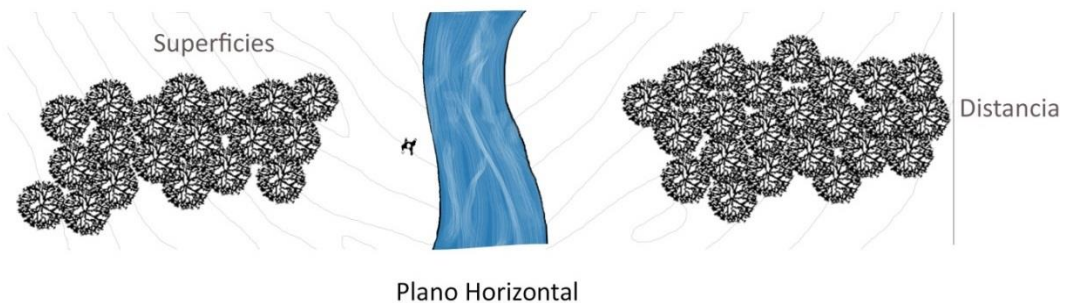
Estos elementos pueden ser dinámicos o estáticos dependiendo de la temporalidad y ubicación geográfica en que se encuentren. En los elementos visuales del paisaje se debe de identificar los siguientes componentes que se ilustran en la siguiente figura:



**Figura IV. 68** Elementos y características visuales.

Además de observar los elementos físicos y visuales también el paisaje se debe observar desde dos planos diferentes: el plano horizontal y el plano vertical.

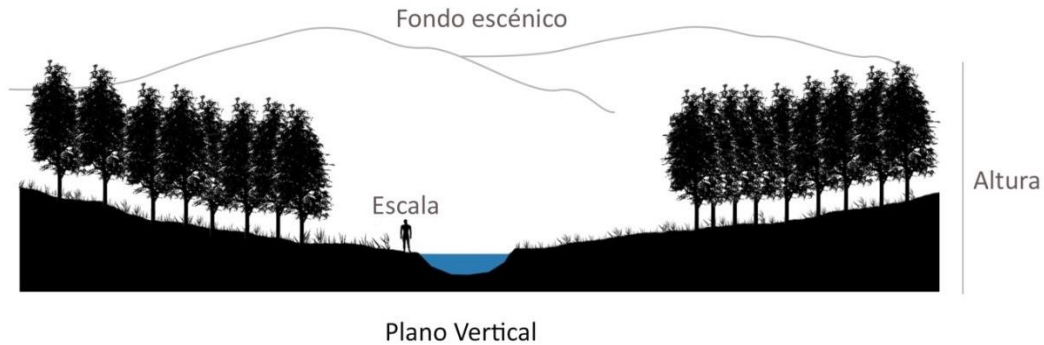
- ✚ El plano horizontal, es la vista que se tiene a nivel de vuelo o vista de pájaro. En este plano se puede observar las distancias lineales, superficies y la distribución de los cuerpos de agua, relieve y zonas naturales y antrópicas que conforman el territorio (ver la siguiente figura).



**Figura IV. 69** Esquema del plano horizontal.

- ✚ El plano vertical, es la vista de que se tiene desde el nivel del suelo hacia el horizonte. En este plano se puede observar el relieve, alturas de vegetación y edificaciones, profundidad

y perspectiva de las visuales. Así como los fondos escénicos que se encuentran fuera de la cuenca visual.



**Figura IV. 70** Esquema del plano vertical.

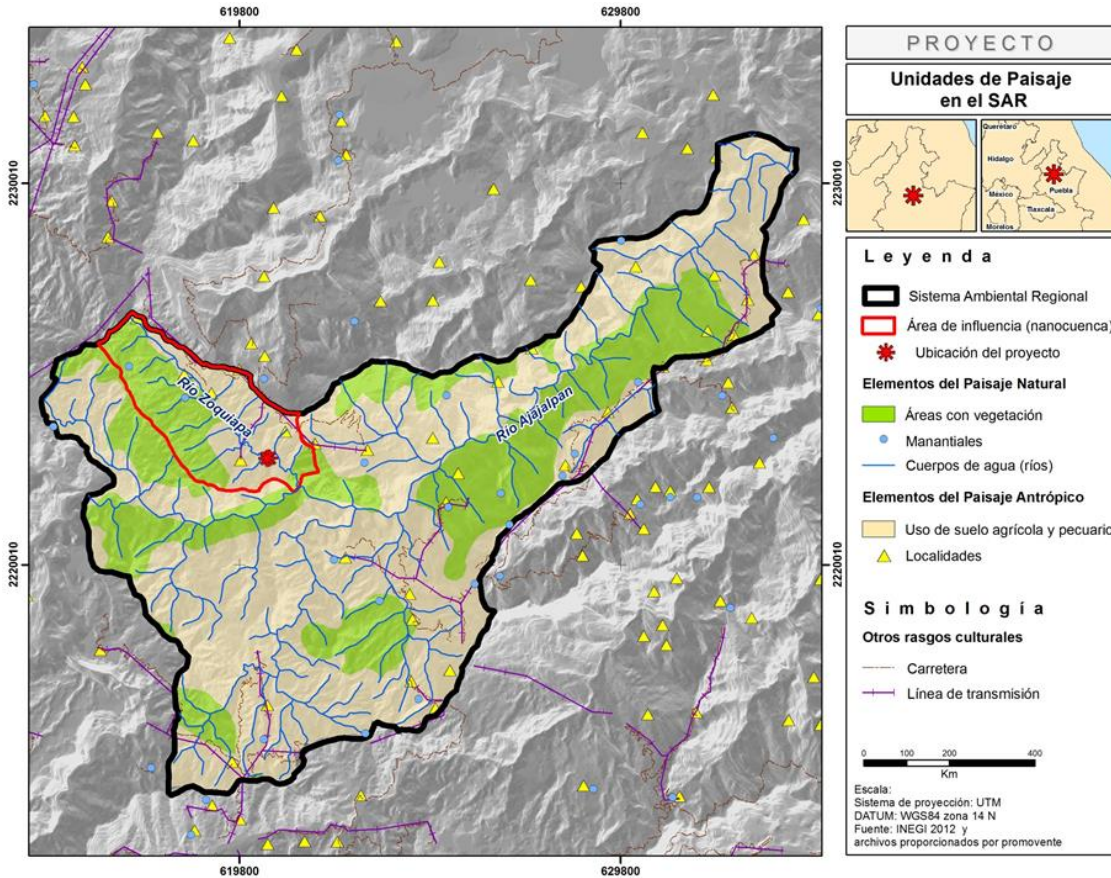
#### IV.2.4.1 Unidades del paisaje

Después de haber caracterizado los elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos dentro del SAR, en este punto se proseguirá a definir las unidades de paisaje del SAR las cuales son la resultante visual de las interrelaciones entre estos componentes.

Dentro del SAR, fue posible identificar dos tipos de paisaje: el natural y el antrópico.

- ✚ Unidad de paisaje natural. La principal característica de esta unidad es que se mantiene natural, se considera el relieve montañoso, la vegetación natural y los cuerpos de agua. La vegetación natural es la presencia del bosque mesófilo de montaña, bosque de encino, así como la selva secundaria de selva alta perennifolia. El río Ajajalpan representa uno de los principales elementos naturales del SAR.
- ✚ Unidad de paisaje antrópico. La principal característica de esta unidad es que se tiene una imagen antrópica integrada al paisaje natural. Se presentan las grandes extensiones de áreas agrícolas y pecuarias, las localidades rurales con su infraestructura (vías de comunicación).

La distribución de los paisajes naturales y antrópicos se puede observar en la siguiente figura.



**Figura IV. 71** Distribución de los paisajes naturales y antrópicos a nivel SAR.

En las siguientes imágenes se muestran algunos paisajes naturales dentro del SAR, correspondiente a la vegetación, la zona montañosa y el río Ajajalpan, este tipo de paisajes son los que más abundan a nivel SAR.



**Figura IV. 72** Pasajes naturales a nivel del SAR.

El proyecto cuenta con varios elementos, en el caso del embalse y la cortina se localizará dentro de una unidad natural que es el río Zoquiapa, y la tubería aérea y el desarenador se localizan en la unidad antrópica de áreas agrícolas.

A la escala del SAR, el proyecto no implica una modificación en el paisaje, porque es imperceptible. Para evaluar los elementos del paisaje, se consideró una escala de análisis más detallada la cuenca visual, la cual se analiza en el siguiente apartado.

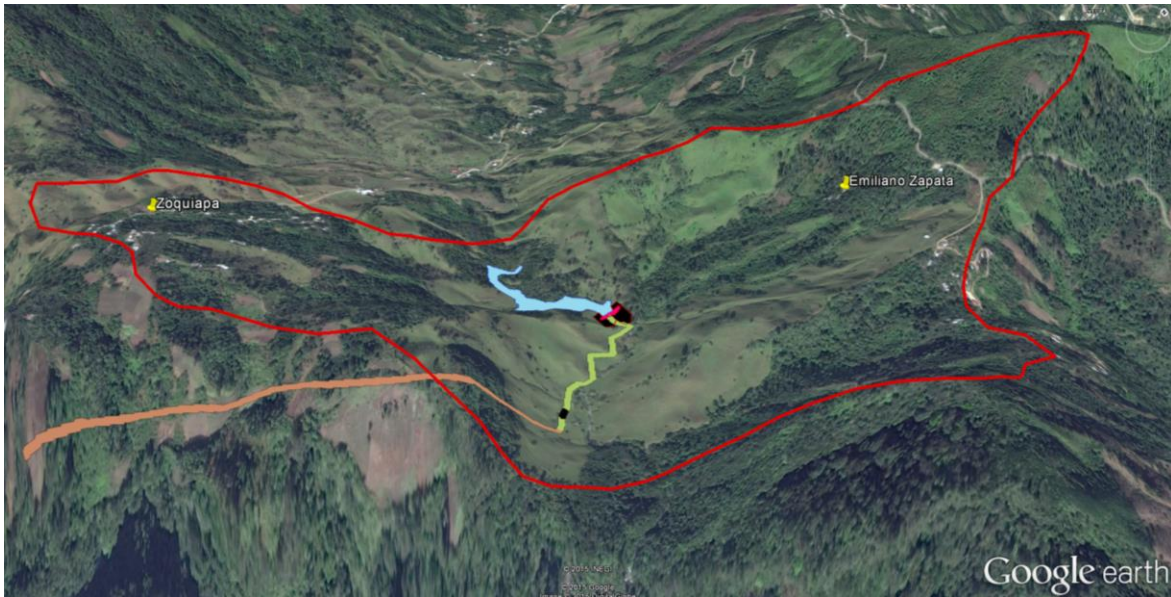
#### **IV.2.4.2 Evaluación del paisaje**

La calidad del paisaje es el valor del recurso visual, y se evalúa a través de sus elementos y características visuales. Por una parte se estudia el valor interno que tiene, y por otro se analiza la visual exterior que rodean al proyecto. Ya que parte del paisaje que se tiene después de analizar los componentes y elementos visuales dentro de la visual y en los fondos escénicos se puede dar una evaluación según la visibilidad, calidad visual y fragilidad del paisaje.

##### **Visibilidad**

Para abordar este tema hablaremos de cuencas visuales la cual contiene el plano horizontal y vertical. En el plano vertical podemos hablar del territorio en el que se extiende el proyecto, y en el plano vertical hablamos del relieve que lo conforma.

Considerando que la dimensión del proyecto con respecto a la totalidad del SAR es irrelevante, ya que no se alcanzará a percibir, se consideró que la unidad de análisis para evaluar el paisaje sea a través de la cuenca visual más próxima al proyecto, tal y como se indica en la siguiente figura.



**Figura IV. 73** Delimitación de la cuenca visual.

Considerando que el proyecto se localizará en la parte más baja del relieve, sólo las localidades que se encuentran dentro de la misma cuenca visual serán las que alcanzarán a percibir visualmente la presencia de las obras.

Sólo son dos las localidades dentro de la cuenca visual: Zoquiapa y Emiliano Zapata. Ambas localidades percibirán de forma directa la presencia del embalse; sin embargo, la localidad de Emiliano Zapata es la única que percibirá sólo una parte de la tubería aérea (ver las siguientes figuras).

Tal y como se señaló en párrafos anteriores, el proyecto se ubicará dentro de dos unidades: Dentro de la unidad natural del río Zoquiapa, para la conformación del embalse, se requerirá de embalsar un tramo del río Zoquiapa; visualmente el embalse reproducirá la misma *textura* y *color* del río, implicando un menor efecto de cambio en el paisaje natural. El elemento que se verá modificado será la *forma* en un pequeño tramo del río, cuya forma es *lineal* y que por el volumen



de agua que requiere su acumulación será *areal* pero esto solamente será visible para dos localidades, tal y como se señaló en párrafos anteriores.

El emplazamiento de la tubería aérea y el desarenador será sobre la unidad antrópica de uso de suelo agrícola y pecuario.

De acuerdo con un enfoque funcional, el área donde se pretende emplazar el proyecto es un paisaje antrópico rural, en donde aún prevalecen los componentes naturales, tales como la vegetación y las actividades económicas primarias, por lo que tanto la tubería aérea y el desarenador si resaltarán visualmente por su color y forma lineal, por lo que se espera que sí haya un contraste con el paisaje antrópico existente. Sin embargo, dada la dimensión de estos elementos con respecto a la distancia en que se encuentran las localidades, es posible afirmar que la localidad de Emiliano Zapata es la que podrá percibir el emplazamiento de todos los elementos del proyecto, tal y como se había señalado anteriormente.



Figura IV. 74 Cuenca visual, desde la localidad de Zoquiapa.



**Figura IV. 75** Cuenca visual desde la localidad de Emiliano Zapata.

#### **Fragilidad**

El elemento del paisaje más vulnerable es el río Zoquiapa, pues el agua es un elemento llamativo que suele atraer la mirada del observador, por lo que es de suma importancia no alterar su calidad, localización, estado físico y abundancia o escasez del agua. En este sentido, el proyecto no alterará ninguno de estos aspectos del río, pues el impacto sólo será puntual, además existen otros dos afluentes aguas abajo del embalse que seguirán aportando agua al cauce del río Zoquiapa, no alterando la calidad y cantidad del agua (ver la siguiente figura).



Figura IV. 76 Afluentes que desembocan aguas abajo del proyecto.

#### IV.2.5 Diagnóstico ambiental

La delimitación del Sistema Ambiental Regional se realizó a partir del enfoque de cuencas hidrográficas, ya que constituye el espacio geográfico en el cual ocurren diversos procesos ambientales, tanto físicos como biológicos; en ese sistema se encuentran ecosistemas cuyos elementos y procesos biológicos interactúan de manera cercana, permitiendo la continuidad de los ecosistemas a largo plazo.

Para el análisis del funcionamiento del SAR se identificaron tres niveles de análisis, lo que permitirá identificar en el capítulo V la evaluación real de los impactos que generará el proyecto:

- Sistema Ambiental Regional (SAR)
- Área de Influencia del río Zoquiapa (nanocuenca)

- Área de afectación directa (área del proyecto)

El río Zoquiapa donde pretende emplazarse el proyecto tiene una longitud de 7,709 km y es tributario del río Ajajalpan.

Los procesos de degradación están constituidos por el tipo e intensidad en los aprovechamientos del uso del suelo. De tal forma que a escala del SAR el uso de suelo agrícola, la ganadería y el proceso de urbanización son los factores de cambio que han modificado el entorno natural.

De acuerdo con la cartografía de uso de suelo y vegetación serie V del INEGI (2012), el SAR presenta fragmentación derivado de los diferentes usos de suelo. Un alto porcentaje de la superficie del SAR se encontraba cubierto por bosque mesófilo de montaña, selva alta perennifolia y bosque de encino, que en la actualidad se encuentran modificados como producto de las actividades productivas que sobre ellos se han realizado, ocupando la mayor parte las áreas destinadas a la agricultura de temporal anual y permanente, así como pastizales cultivados e inducidos para actividades agropecuarias. A continuación se mencionan las principales actividades agrícolas que han generado el deterioro de la región:

**Proceso de ganaderización.** La incidencia de este proceso puede observarse en el incremento de tierras dedicadas con fines ganaderos, a expensas de la vegetación primaria que se distribuía, de manera natural en la nanocuenca del río Zoquiapa. Este proceso se reconoce para todo el SAR, sin embargo, debido a que la topografía presente a lo largo de este es de sierra alta escarpada el impacto ha sido menor en las zonas con pendientes abruptas y mayor en sitios con pendientes que van de ligeras a moderadas, por la fuerte modificación a la estructura y distribución de las comunidades vegetal es que se desarrollaban en esta región.

**Procesos de apertura de campos agrícolas.** Por su antigüedad y extensión, la aplicación de este proceso de cambio ha arrasado y transformado ha modificado una superficie considerable de las unidades ambientales. De manera particular ha sido la agricultura de temporal y el cultivo de cafetales, que se ha usado como proceso de trabajo para la apropiación de la tierra, lo que contribuido a la modificación de la fisonomía y estructura de los diferentes tipos de vegetación a nivel del SAR. Otra problemática ambiental es el uso de agroquímicos, lo que genera una posible

contaminación en el suelo; y durante eventos de fuerte precipitación el posible acarreo de estos agroquímicos hacia el río Zoquiapa. Sin embargo, y considerando que las prácticas agrícolas que se llevan a cabo en el área de influencia del río Zoquiapa no son de tipo extensiva ni intensiva, el nivel de los químicos que puede contener el río no es relevante.

**Procesos de extracción de leña.** La extracción de leña ha contribuido, de manera significativa, a la conformación fisonómica del paisaje, en tanto ha sido el factor que más ha favorecido la destrucción de la biomasa vegetal arbustiva en la región.

Con respecto a la geomorfología, el origen geológico de la sierra norte de Puebla le confiere al SAR una configuración topográfica muy heterogénea, con fuertes grados de fracturamiento y de control estructural, cuyo principal indicador es la morfología ortogonal de la red hidrológica y la presencia de valles asimétricos. A nivel del SAR las pendientes son muy pronunciadas y elevadas, por lo que la fuerza gravitacional constituye un factor de riesgo por la posible ocurrencia de procesos de ladera tales como deslizamientos, además de considerar los fuertes niveles de erosión a lo largo del cauce del río Ajajalpan.

Por lo anterior, es posible afirmar que a nivel del SAR, el nivel y capacidad de intercambio de materia y energía son altos, lo cual es atribuible a su diferenciación altimétrica, las pendientes abruptas, así como por su extensión del SAR, lo que le permite recibir el aporte constante de materia y energía de varias microcuencas.

Ahora bien, en el área de influencia del río Zoquiapa (nanocuenca), y de acuerdo con el INEGI (2010) todos los afluentes de la nanocuenca, incluyendo el río Zoquiapa, son de carácter intermitente y desembocan en el río Ajajalpan, principal dren del SAR.

En el área de influencia del río Zoquiapa o nanocuenca no existe una diferenciación en el rango altitudinal importante, y tampoco presenta superficies considerables con pendientes fuertes, por lo que el aporte de materia y energía hacia el río Ajajalpan es bajo. Se trata de una nanocuenca con una superficie de 12.73 km<sup>2</sup>, lo que tan sólo representa el 9.70% de la superficie del SAR.

La transferencia de materia y energía que genera la nanocuenca del río zoquiapa hacia el río Ajajalpan, ocurre de forma estacional durante la época de mayor precipitación (junio a octubre).

En los meses de febrero a mayo hay un déficit de humedad por la disminución de la precipitación, y por lo tanto con menos días nublados. Su red hidrográfica presenta una configuración ortogonal y transversal al río Zoquiapa. El valle del río Zoquiapa al igual que el resto del SAR, presenta un control estructural evidenciándose a partir de la configuración ortogonal de la red de drenaje, así como de la asimetría de las alderas del valle del río Zoquiapa.

Cabe señalar que la cobertura vegetal y el tipo de suelo desarrollan un papel importante en los actuales niveles de erosión del suelo y en los procesos de sedimentación de la nanocuenca. Al respecto, y de acuerdo con la carta de uso de suelo y vegetación (INEGI, 2012), la nanocuenca presenta vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, agricultura de temporal, pastizal cultivado para uso pecuario y vegetación riparia. La distribución espacial de la vegetación y uso de suelo responde directamente a la geomorfología del valle, específicamente de la morfología de la ladera derecha e izquierda con respecto al inicio del río Zoquiapa. La descripción general de cada una de las laderas del valle del río Zoquiapa se menciona a continuación:

- ✚ La ladera de flanco derecho representa el 70% de la superficie de la nanocuenca donde se pretende emplazar el proyecto. Presenta pendientes moderadamente abruptas (12-30%) y abruptas (30-50%), con litología de limolita-arenisca con capacidad de infiltración del suelo por la presencia de arenas; el tipo de suelo son luvisoles cuya fertilidad es de moderada a buena y susceptible a la erosión. Cabe señalar que aun cuando esta ladera presenta pendientes inclinadas y moderadamente abruptas, con suelo susceptible a la erosión, la presencia de vegetación secundaria de bosque mesófilo mitiga considerablemente los procesos de erosión del suelo, por lo que el aporte de sedimentos al río es relativamente baja.
- ✚ La ladera con flanco izquierdo del valle, presenta una geomorfología más plana, con pendientes moderadamente abruptas (12-30%). El material geológico es de calizas-lutitas, caracterizadas por ser de grano muy fino, susceptible a la compactación. Esta ladera es donde se presenta el mayor aprovechamiento para uso agrícola y pecuario, sin embargo dado que las pendientes no son considerablemente significativas y que la superficie que representa es tan solo del 30%, su aporte de sedimentos al río Zoquiapa no es significativo.

Aunque la nanocuenca del río Zoquiapa, ya no presenta vegetación natural, por lo menos el 50% de su superficie presenta vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña, este tipo de vegetación se localiza en las pendientes más abruptas, y con orientación norte, lo que disminuye los niveles de erosión del suelo, provocados por el uso pecuario y las actividades agrícolas, esto último se evidencia dentro del mapa de erosión a escala del SAR.

Por lo anterior, es posible asumir que dadas las características de la nanocuenca del proyecto, su corta extensión, su baja diferenciación altimétrica, pendientes no mayores a 30° y su régimen hidrológico intermitente, define que sea una unidad hidrográfica con limitada capacidad de intercambio de materia y energía, y lo que aporta al SAR en términos de agua y sedimentos es relativamente poco, con respecto a lo que pueden aportar otros ríos tributarios del Ajajalpan.

El embalse del proyecto no representará una limitante para el funcionamiento del SAR, ya que aunque se retendrá el volumen de escurrimiento del río Zoquiapa, no existe la evidencia de cuerpos de agua como pozas que demuestre la presencia de ecosistemas de valor ambiental. En este mismo sentido el SAR, y específicamente el río Ajajalpan (principal afluente y corredor biológico del SAR), seguirá recibiendo el aporte de materia y energía de otras microcuencas, asegurando con ello la estabilidad del sistema.

Finalmente, es necesario resaltar que el embalse a conformar se localizará en la parte baja de la nanocuenca definida para el proyecto, específicamente a 1.5 km de su desembocadura con el río Ajajalpan, por lo que el embalse estaría reteniendo un poco más del 80% de los escurrimientos de dicha unidad hidrológica. Sin embargo, es necesario resaltar que aguas abajo del embalse se localizan otros dos afluentes de carácter intermitente. El primero de ellos se localiza muy cercano a la localidad de Emiliano Zapata y desemboca en las cercanías de la cortina de la presa. Y el segundo se localiza a 800 metros aguas debajo de la cortina de la presa. Por lo anterior, es posible evidenciar que aún con la presencia del embalse, la nanocuenca seguirá recibiendo el aporte de agua, desde el embalse a su desembocadura con el río Ajajalpan.

En cuanto al medio socioeconómico, el SAR se caracteriza por presentar altos niveles de marginación, lo que representa una zona de pobreza e inequidad social.

Dentro del medio biótico, en el SAR se registraron un total de cuatro tipos de vegetación (bosque mesófilo de montaña, bosque de encino, selva alta perennifolia y vegetación riparia) de acuerdo

con los muestreos realizados en campo, así como cinco usos de suelo de acuerdo con INEGI (2012) y su carta de uso de suelo y vegetación serie V. Actualmente la vegetación en el SAR, presenta un estado fragmentado, ocasionado por los usos de suelo como la agricultura y pastizales. Los tipos de vegetación donde se pretende desarrollar el proyecto, presenta vegetación de bosque mesófilo de montaña y vegetación riparia, así como uso de suelo agrícola.

Los muestreos realizados en el SAR, indican que el bosque mesófilo de montaña presenta la mayor riqueza con un total de 37 especies, seguido de la vegetación riparia con 33, el bosque de encino con 21 especies y por último el ecosistema de selva alta perennifolia con 15 especies. Los resultados determinaron un total de 4 especies de flora en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Entre las especies se encuentran *Cedrela odorata* (sujeta a protección especial), *Carpinus caroliniana* (amenazada), *Alsophila firma* (sujeta a protección especial) y *Ostrya virginiana* (sujeta a protección especial). Cabe destacar que ninguna especie es endémica de México y todas se encuentran ampliamente distribuidas en México y otros países. De los muestreos realizados, se registraron en el bosque mesófilo de montaña, las cuatro especies en NOM-059-SEMARNAT-2010, mientras que en el bosque de encino se registró a *Alsophila firma* y *Cedrela odorata*. En la vegetación de selva alta perennifolia y vegetación riparia solo se registró a *Ostrya virginiana*. Por lo que se concluye que el ecosistema de bosque mesófilo de montaña es el más importante debido a la riqueza de especies que resguarda, así como las especies en NOM-059-SEMARNAT-2010 que se encuentran. Se observó a lo largo del muestreo que la mayor parte de los sitios se encuentran bajo la influencia de actividad humana, lo que originó que se deforesten grandes extensiones de vegetación natural para actividades agropecuarias y cultivos de cafetales; sin embargo, se evidenció la presencia de muchas especies que se han adaptado a los cambios de su entorno.

En cuanto a la fauna presente en el SAR, se realizó un total de 29 sitios de muestreo. De los cuales 5 sitios están ubicados en el área del proyecto. Entre las principales clases registradas están los anfibios con 6 especies en el SAR y 2 en el área del proyecto. Los reptiles están representados por 9 especies a nivel SAR y 3 en área del proyecto. Las aves fue el grupo con mayor número de especies, se registró 75 especies en el SAR y 18 especies en el proyecto. En cuanto a los mamíferos, hay una riqueza de 13 especies en el SAR y 2 especies en el área del proyecto. Los resultados de los índices de diversidad en el SAR, indican que el uso de suelo de agricultura es el más importante para los anfibios y mamíferos, mientras que para los reptiles, el pastizal



cultivado es el más importante. Cabe destacar que los resultados obtenidos de los índices de Shannon para las clases como anfibios, reptiles y mamíferos, la biodiversidad es muy baja en el SAR, mientras que para la clase aves se considera alta.

Las especies registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, a nivel SAR son 15, de esas especies sólo 5 se encuentran en el área del proyecto. Entre las especies se registró a un anfibio: *Plectrohyla arborescandens* sujeto a protección especial y endémico de México con una amplia distribución en Sierra Norte de Puebla, Oaxaca, Tlaxcala y Veracruz; un reptil: *Scincella silvicola* con categoría de especie amenazada y endémica de México con distribución en los estados de Nuevo León, San Luis Potosí, Puebla, Veracruz, y Oaxaca; y tres aves: *Eupsittula nana*, *Cinclus mexicanus* sujetas a protección especial y *Myadestes unicolor* en categoría de amenazada. Cabe destacar que ninguna ave es endémica de México y presentan una amplia distribución en México y otros países.

De acuerdo a la naturaleza del proyecto y las especies que pudieran ser más vulnerables, serían los anfibios, debido a que son especies con requerimientos de hábitat muy específicos, así como su limitada capacidad de desplazarse. Otra especie que pudiera ser afectada sería *Scincella silvicola*, la cual es una especie asociada a la vegetación de bosque mesófilo de montaña, la cual habita zonas rocosas. Por ello es importante que se centren esfuerzos para la conservación de especies vulnerables o en categoría de riesgo, especialistas de hábitat y/o distribución restringida. Las medidas de mitigación que se proponen para el resguardo de la fauna es la aplicación de un programa para el rescate y relocalización de fauna, especialmente para las especies más vulnerables. El objetivo de este programa será el manejo adecuado para conservar el mayor número posible de individuos que pudieran ser afectados por el desarrollo del proyecto.

## ***CAPÍTULO V***

### ***IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL***

## **IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL**

### ***Introducción***

Con base en el análisis de la información de los apartados anteriores, en particular la delimitación del SAR, los eventos de cambio, y la caracterización, análisis y diagnóstico ambiental presentados, en este capítulo se identifican, se describen y se evalúan los impactos ambientales que generará la interacción del proyecto en el SAR.

Existen numerosas técnicas para la identificación y evaluación de las interacciones proyecto-entorno; sin embargo, cualquier evaluación de impacto ambiental debe describir la acción generadora del impacto, predecir la naturaleza y magnitud de los efectos ambientales en función a la caracterización del SAR, interpretar los resultados y establecer medidas para prevenir los efectos negativos en el mismo. Por lo anterior, se desarrolló una metodología que garantizara la estimación de los efectos provocados por la ejecución del proyecto, y que permitiera reducir en gran medida la subjetividad en la detección y valoración de los impactos ambientales generados por el mismo.

El análisis realizado permitió determinar las afectaciones y modificaciones que se presentarán sobre los componentes ambientales del SAR, así como su relevancia en términos de la definición de impacto ambiental relevante conforme a la fracción IX del Artículo 3 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA)<sup>1</sup>.

Derivado de lo anterior, se presenta a continuación, de manera esquemática, un diagrama de flujo del proceso metodológico diseñado para el proyecto (ver Figura V.1), y que se llevó a cabo para la evaluación de los impactos ambientales previstos por su desarrollo, considerando dentro de este proceso metodológico tres funciones analíticas principales:

#### a) Identificación

---

<sup>1</sup> IX. Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

- b) Caracterización
- c) Evaluación

En este orden de ideas, se consideró la información derivada del análisis del proyecto, identificando sus fases y en particular las acciones que pueden desencadenar impactos ambientales en los componentes del SAR, considerando para ello la información expuesta en el Capítulo II sobre las obras y actividades a desarrollar y los usos de suelo que se pretenden dar al sitio, así como la información del Capítulo IV sobre la delimitación del SAR, y la descripción de sus componentes ambientales. Posteriormente, se identificaron las relaciones causa-efecto, que en sí mismas son los impactos potenciales cuya significancia se estimó más adelante. Las relaciones causa-efecto se identificaron con la ayuda de grafos realizados para el proyecto, que se describen y presentan dentro del apartado de la metodología empleada para la identificación de impactos ambientales del Capítulo VIII.

Una vez identificadas las relaciones causa-efecto, se elaboró un cribado para posteriormente determinar su denominación; es decir, se establecen los impactos ambientales como frases que asocian la alteración del entorno derivada de una acción humana, elaborando así un listado de las interacciones proyecto-entorno (impactos ambientales), para poder así determinar el índice de incidencia que se refiere a la severidad y forma de la alteración, la cual se define por una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración, para lo cual se utilizaron los atributos y el algoritmo propuesto por Gómez-Orea (2002), y jerarquizando así, los impactos ambientales con el índice de incidencia. A partir del índice de incidencia y la magnitud de cada impacto ambiental, se hace un análisis de la relevancia o significancia de los impactos ambientales, misma que se evalúa a través de una serie de criterios y de la calidad ambiental de los componentes, siempre relacionado a su efecto eco sistémico para poder así valorar, y posteriormente describir, los impactos ambientales de todo el proyecto sobre el SAR, finalizando el capítulo con las conclusiones del mismo.

# MIA REGIONAL PARA EL "PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)"

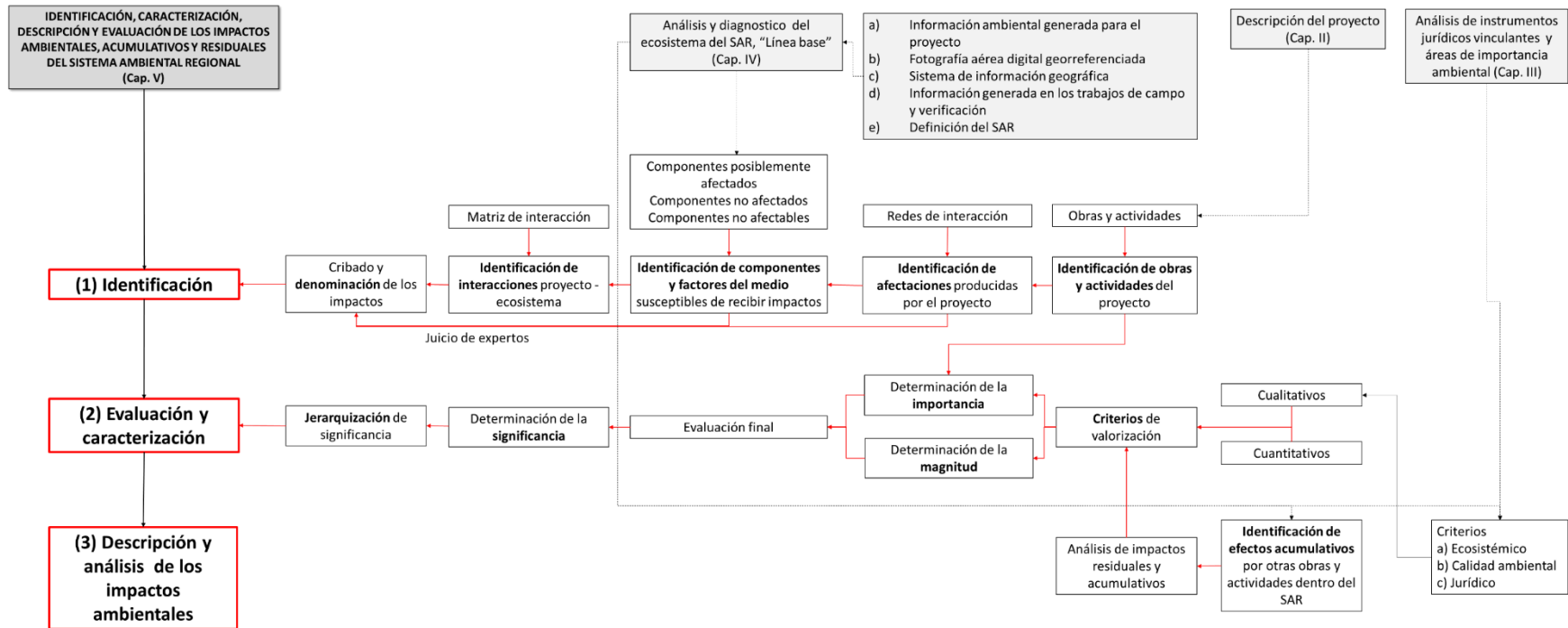


Figura V.1. Diagrama de flujo del proceso metodológico.

**V.1 Identificación de impactos.**

El proceso metodológico que se desarrolló en el presente capítulo se diseñó considerando el diagnóstico ambiental del SAR para identificar cada uno de los factores y componentes que pueden resultar afectados de manera significativa por alguna obra o actividad del proyecto, de manera que se haga un análisis de las interacciones que se producen entre ambos, y se alcance gradualmente una interpretación del comportamiento del SAR.

**V.1.1. Acciones del proyecto susceptible de producir impactos ambientales**

Se entiende por acción, en general, la parte activa que interviene en la relación causa-efecto que define un impacto ambiental (Gómez-Orea, 2002). Para determinar dichas acciones, se desagrega el proyecto en dos niveles: las obras y actividades a realizar en el proyecto, y las etapas y acciones concretas del desarrollo del proyecto.

**Tabla V. 1. Obras y actividades del proyecto**

Obras permanentes	Obras asociadas y/o provisionales
Cortina	Área de maniobras
Embalse	Obras temporales
Desarenador	
Tubería de conducción superficial	

El proyecto también considera tubería de conducción subterránea y caseta de descarga; sin embargo, éstas se realizarán en superficie que habrán de modificarse por el Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1 (ya autorizado en materia de impacto ambiental).

Bajo el contexto anterior, se tiene que las acciones concretas derivan de las actividades propias de la ejecución de las anteriores obras.

**Etapas:** se refieren a las que forman la estructura vertical del proyecto, y son las siguientes:

1. Preparación del sitio.
2. Construcción.
3. Operación y mantenimiento.

**Acciones concretas:** las acciones se refieren a una causa simple, concreta, bien definida y localizada de impacto.

Cabe destacar que para efectos de la identificación de impactos ambientales, en la tabla siguiente se agrupan y organizan las etapas y acciones que se realizarán en el desarrollo del proyecto, en el capítulo II se describen detalladamente cada una de las etapas.

**Tabla V. 2. Etapas y acciones del proyecto.**

Etapas	Acciones
<b>Preparación del sitio</b>	Trazo y delimitación de áreas
	Limpieza del terreno, desmonte y despalme
	Excavaciones, nivelaciones y cimentación
	Protección y reubicación de flora y fauna
<b>Construcción</b>	Cortina / área de maniobras
	Embalse
	Desarenador
	Tubería de conducción superficial
	Obras temporales
	Desmantelamiento de obras temporales
<b>Operación y</b>	Operación y Mantenimientos de la presa

Etapas	Acciones
Mantenimiento del proyecto	Manejo de residuos

**V.1.2. Factores del entorno susceptibles de recibir impactos**

Se denomina entorno a la parte del medio ambiente que interacciona con el proyecto en términos de fuentes de recursos y materias primas, soporte de elementos físicos y receptores de efluentes a través de los vectores ambientales aire, suelo, agua, flora y fauna (Gómez-Orea 2002), así como las consideraciones de índole social. Para el caso del proyecto, conforme a la información manifestada en el Capítulo IV de la presente MIA-R, y derivado de la complejidad del entorno, y de su carácter de sistema, los componentes del entorno se desglosan en varios niveles hasta obtener los factores muy simples y concretos:

**Tabla V. 1. Componentes y factores del entorno.**

Medio	Componente	Factor
Abiótico	Suelo	Transporte de Sedimentos
		Cantidad
		Calidad
	Hidrología Superficial	Cantidad de agua
		Calidad
	Aire	Ruido
Calidad		
Biótico	Vegetación (incluyendo especies)	Cobertura vegetal



Medio	Componente	Factor
	vegetales en la NOM-059-SEMARNAT-2010)	(vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña y vegetación riparia)
	Fauna  (incluyendo especies de fauna en la NOM-059-SEMARNAT-2010)	Distribución de fauna
		Hábitat
		Conectividad
Perceptual	Paisaje	Calidad visual

### ***V.1.3. Identificación de las interacciones proyecto-entorno***

Para el desarrollo de la presente sección, se consideraron técnicas conocidas y reportadas en la bibliografía:

1. Grafos o redes de interacción causa-efecto
2. Matrices de interacción
3. Juicio de expertos

En el Capítulo VIII se describen cada una de las herramientas anteriormente enlistadas.

### ***V.1.4. Matrices de interacción***

La Matriz de Identificación de interacciones, la cual permite identificar los impactos negativos que generará el proyecto, evidenciando qué componente es el más afectado por el desarrollo del proyecto y la etapa del desarrollo del mismo que generará más efectos positivos o negativos, así como la cuantificación de las acciones que generarán con mayor frecuencia cada impacto

identificado, esta primera matriz apoya el análisis del grafo, enmarcado en todo momento por el juicio de expertos.

Las interacciones negativas serán identificadas en celdas color azul, mientras que las interacciones positivas se identificarán con celdas rosa.

Tabla V. 2. Matriz de identificación de interacciones

Etapa y acciones		Medio		Abiótico						Biótico			Perceptual		Interacciones		
		Componentes		Suelo		Hidrología superficial		Aire	Vegetación	Fauna		Paisaje					
		Factores		Transporte de Sedimentos	Cantidad	Calidad	Cantidad	Calidad	Calidad	Cobertura vegetal	Distribución	Hábitat	Conectividad	Calidad visual	Positivas	Negativas	Total
<b>Preparación del sitio</b>	Trazo y delimitación de áreas												0	0	<b>18</b>		
	Limpieza de terreno, desmonte y despalme		1	1			1	1	1	1	1	1	0	8			
	Excavación, compactación, nivelación, cimentación		1	1			1	1	1	1	1	1	0	8			
	Protección y reubicación de flora y fauna							1	1				2	0			
<b>Construcción</b>	Cortina / área de maniobras	1		1	1	1	1					1	0	6	<b>17</b>		
	Embalse			1		1						1	0	3			

MIA REGIONAL PARA EL “PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)”

Medio		Abiótico					Biótico			Perceptual	Interacciones				
		Suelo		Hidrología superficial		Aire	Vegetación	Fauna		Paisaje					
		Componentes		Transporte de Sedimentos	Cantidad	Calidad	Cantidad	Calidad	Calidad	Cobertura vegetal	Distribución	Hábitat	Conectividad	Calidad visual	Positivas
Factores		Etapa y acciones													
	Desarenador						1					1	0	2	
	Tubería de conducción superficial						1					1	0	2	
	Obras en superficies autorizadas						1						0	1	
	Obras provisionales			1									0	1	
	Desmantelamiento de obras provisionales			1		1							2	0	
Operación y mantenimiento	Operación y mantenimiento de la presa	1			1	1		1		1	1	1	0	7	8
	Manejo de residuos			1									0	1	
<b>Total de interacciones por componente</b>		<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>39</b>	<b>43</b>

MIA REGIONAL PARA EL “PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)”

Etapa y acciones	Medio		Abiótico			Biótico			Perceptual	Interacciones					
			Suelo		Hidrología superficial	Aire	Vegetación	Fauna					Paisaje		
	Factores	Componentes	Transporte de Sedimentos	Cantidad	Calidad	Cantidad	Calidad	Calidad	Cobertura vegetal	Distribución	Hábitat	Conectividad	Calidad visual	Positivas	Negativas
			11		6		6	4	9		7				

En la Tabla V. 2, correspondiente a la *Matriz de identificación de interacciones*, se determinaron las relaciones proyecto-entorno, desglosando el proyecto en etapas y éstas a su vez en acciones concretas que pudieran afectar al entorno, el que a su vez se expresó como componentes y factores que pudieran verse afectados por las acciones del proyecto.

Al final se identificaron un total de 43 interacciones, de las cuales 39 son interacciones negativas: 16 que corresponden a la etapa de preparación del sitio, 15 a la etapa de construcción, 8 a la etapa de operación y mantenimiento. Para las interacciones positivas se obtuvieron 4, las cuales 2 pertenecen a la etapa de preparación del sitio y 2 para la etapa de construcción.

Así mismo se obtuvieron y contabilizaron las interacciones que tendrá el proyecto a cada uno de los componentes: 11 para suelo, 6 para hidrología subterránea, 6 para aire, 4 para vegetación, 9 para fauna y 7 para el componente perceptual.

**Tabla V. 3. Resumen de la Matriz de identificación de interacciones**

Factor y componente		Etapas		Preparación del sitio		Construcción		Operación y mantenimiento		Interacciones	
		N	P	N	P	N	P	N	P	Totales	
Abiótico	Suelo	4	0	4	1	2	0	10	1	11	
	Hidrología superficial	0	0	3	1	2	0	5	1	6	
	Aire	2	0	4	0	0	0	6	0	6	
Biótico	Vegetación	2	1	0	0	1	0	3	1	4	
	Fauna	6	1	0	0	2	0	8	1	9	
Perceptual	Paisaje	2	0	4	0	1	0	7	0	7	
interacciones por etapa		16	2	15	2	8	0	39	4	43	
		18		17		8					

**V.1.6. Cribado y denominación de las interacciones o impactos**

De las 37 interacciones negativas encontradas en la *Matriz de identificación de interacciones* se realizó un cribado, es decir, se analizan cuáles son los efectos que resultan de dichas interacciones entre la obra o actividad y los factores ambientales que se intervienen, que para el caso del presente proyecto se tienen 11 impactos ambientales.

A continuación se enlistan los impactos ambientales identificados, denominándolos en términos de la alteración que introduce la actividad en los factores del entorno, presentándolos en forma de tabla asociados a los factores en los que incide cada uno.

**Tabla V. 4. Identificación de Impactos ambientales por factor y componente ambiental.**

Componente	Factor	Impacto Ambiental	Producido por
Suelo	Transporte de sedimentos	Disminución del transporte de sedimentos aguas debajo de la cortina	Por la acumulación de sedimentos en el embalse
	Cantidad	Pérdida de suelos.	Por desmonte, despalme, excavaciones
	Calidad	Alteración a la calidad del suelo	Por contaminación, compactación, y pérdida de la capacidad de infiltración del suelo
Hidrología superficial	Cantidad	Disminución de la cantidad de agua del flujo hidrológico aguas abajo de la cortina	Por la formación del embalse
	Calidad	Alteración a la calidad del agua del flujo hidrológico	Por inadecuado manejo de residuos líquidos, sólidos y peligrosos
Aire	Calidad	Alteración a la calidad del aire	Por emisión de gases a la atmósfera y la generación de ruido
Vegetación	Cobertura	Pérdida de cobertura vegetal,	Por la remoción de la cobertura vegetal

Componente	Factor	Impacto Ambiental	Producido por
	vegetal	incluyendo especies vegetales en la NOM-059-SEMARNAT-2010	para el desarrollo del proyecto (vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña y vegetación riparia)
Fauna	Distribución	Desplazamiento de individuos de especies de fauna terrestre y acuática, incluyendo especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010	Por la remoción de la cobertura vegetal (vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña y vegetación riparia), por la formación del embalse
	Hábitat	Afectación al hábitat	
	Conectividad	Pérdida de la conectividad	Por la construcción de la cortina y la formación del embalse
Paisaje	Calidad visual	Modificación del paisaje natural	Por la construcción del proyecto

## V.2. Valoración de impactos

Según Gómez-Orea (2002), el valor de un impacto mide la gravedad de éste cuando es negativo y el “grado de bondad” cuando es positivo; en uno u otro caso, el valor se refiere a la cantidad, calidad, grado y forma en que un factor ambiental es alterado y al significado ambiental de dicha alteración. Se puede concretar en términos de magnitud y de incidencia de la alteración.

- a) La **magnitud** representa la cantidad y calidad del factor modificado, en términos relativos al marco de referencia (espacio geográfico en relación con el cual se estima el valor de un impacto, que para el caso de este MIA-R, se refiere al SAR definido) adoptado, el cual es referido en el atributo de Extensión (E).



- b) La **incidencia** se refiere a la severidad: grado y forma, de la alteración, la cual viene definida por la intensidad y por una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración que son los siguientes: Consecuencia (C), Acumulación (A), Sinergia (S), Momento o tiempo (T), Reversibilidad (Rv), Periodicidad (Pi), Permanencia (Pm) y Recuperabilidad (Ri).

### **V.2.1. Caracterización de Impactos:**

Como se mencionó anteriormente, la incidencia se refiere a la severidad y forma de la alteración, la cual viene definida por una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración, por lo que tomando como base el juicio de expertos, la *Matriz de Identificación de interacciones* (Tabla V. 2), el grafo que le dio origen (Capítulo VIII, sección 8.4), y la tabla de *Identificación de impactos ambientales por componente y factor ambiental* (Tabla V. 4), se generó la *Matriz de caracterización de impactos ambientales* (Tabla V. 6) donde para dichos impactos se atribuye un índice de incidencia que variará de 0 a 1 mediante la aplicación del modelo conocido que se describe a continuación, el cual fue propuesto por Gómez Orea (2002)<sup>2</sup> de manera que la autoridad pueda replicar los impactos ambientales identificados para el proyecto.

Para obtener el índice de incidencia se utilizó la siguiente metodología, la cual se describe a detalle en el Capítulo VII.

- Primeramente se caracterizó el tipo de impacto ambiental con ciertos atributos, y asignándole valores según el criterio para cada uno de ellos.

---

<sup>2</sup> Domingo Gómez Orea (2002), página 330.

**Tabla V. 5. Atributos de los impactos ambientales.**

Atributo	Carácter del atributo	Valor o calificación
Signo del efecto	Benéfico	Positivo (+)
	Perjudicial	Negativo (-)
Extensión (E)	Puntual	1
	Parcial o total	3
Consecuencia (C)	Directo	3
	Indirecto	1
Acumulación (A)	Simple	1
	Acumulativo	3
Momento o tiempo (T)	Corto Plazo	1
	Mediano Plazo	2
	Largo Plazo	3
Reversibilidad (Rv)	Reversible	1
	Entre 1 y 3 años	2
	Irreversible	3
Periodicidad (Pi)	Periódico	3
	Aparición irregular	1
Permanencia (Pm)	Permanente	3
	Temporal	1
Recuperabilidad (Rc)	Recuperable	1
	Irrecuperable	3

- Seguido de la caracterización se procedió a hacer la sumatoria de los valores de cada atributo, para poder obtener la Incidencia (I) y así determinar el índice de Incidencia, el cual responde a la siguiente formula:

$$\text{índice de incidencia} = \frac{I - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}}$$

Como resultado de la aplicación de los pasos descritos, se obtuvo la *Matriz de Caracterización de impactos ambientales* (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), misma que permite:

- a) Evaluar los impactos ambientales en función al índice de incidencia.
- b) Conocer los componentes ambientales más afectados por el proyecto.

Tabla V. 6. Matriz de caracterización de Impactos ambientales.

Componente	Factor	Impacto	Signo del efecto	Consecuencia (C)	Extensión (E)	Acumulación (A)	Momento o Tiempo (T)	Periodicidad (Pi)	Permanencia (Pm)	Reversibilidad (Rv)	Recuperabilidad (Rc)	Incidencia	Índice de incidencia
Suelo	Transporte de sedimentos	Disminución del transporte de sedimentos aguas abajo de la cortina	N	3	1	3	3	3	3	1	1	18	0.625
	Cantidad	Pérdida de suelos	N	3	1	3	1	1	3	3	3	18	0.625
	Calidad	Alteración a la calidad del suelo	N	3	1	1	1	1	1	3	1	12	0.250
Hidrología superficial	Cantidad	Disminución de la cantidad de agua del flujo hidrológico aguas abajo de la cortina	N	3	1	3	3	3	3	1	1	18	0.625
	Calidad	Alteración a la calidad del agua del flujo hidrológico	N	3	1	3	3	1	1	3	1	16	0.500
Aire	Calidad	Alteración a la calidad del aire	N	3	1	1	1	3	1	1	1	12	0.250
Vegetación	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	N	3	1	3	1	1	3	3	3	18	0.625
Fauna	Distribución	Desplazamiento de individuos de especies de fauna terrestre y acuática, incluyendo especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010	N	3	1	3	1	1	3	1	1	12	0.375

Componente	Factor	Impacto	Signo del efecto	Consecuencia (C)	Extensión (E)	Acumulación (A)	Momento o Tiempo (T)	Periodicidad (Pi)	Permanencia (Pm)	Reversibilidad (Rv)	Recuperabilidad (Rc)	Incidencia	Índice de incidencia
	Hábitat	Afectación al hábitat	N	3	1	3	1	1	3	1	1	14	0.375
	Conectividad	Pérdida de la conectividad	N	3	1	1	1	1	3	1	1	12	0.250
Paisaje	Calidad visual	Modificación del paisaje natural	N	3	1	3	1	1	3	3	3	18	0.625

**V.2.2. Determinación de la significancia de los impactos ambientales**

Con base en la definición de impacto ambiental significativo del RLGEEPAMEIA en su fracción IX del Artículo 3, y en los criterios jurídicos y ambientales (descrito a través del Capítulo VIII), a continuación se acotan las categorías propuestas para la significancia del impacto, con base en los valores obtenidos para el índice de incidencia de cada impacto.

**Tabla V. 7. Categorías de relevancia de los impactos ambientales.**

Interpretación		Intervalo de valores del índice de incidencia
Muy significativo	Se pueden generar alteraciones que aun con medidas, afecten el funcionamiento o estructura de los ecosistemas dentro del SAR	Mayor a 0.80
Significativo	Se pueden generar alteraciones que sin medidas afecten el funcionamiento o estructura de los ecosistemas dentro del SAR.	0.66 a 0.80
No significativo	Se afectan procesos o componentes sin poner en riesgo los procesos o estructura de los ecosistemas de los que forman parte.	0.33 a 0.66
Insignificante	Alteraciones de muy bajo impacto a componentes o procesos que no comprometen la integridad de los mismos.	Menor a 0.33

A partir de la categoría de significancia se realizó la tabla de *Jerarquización de Impactos Ambientales* (Tabla V. 8), la cual es una variante de la *Matriz de caracterización de impactos*

*ambientales* (Tabla V. 6) en la que se ordenan los impactos ambientales de mayor índice de incidencia, para una mejor visualización de la jerarquía de los mismos, asignándoles el código según su significancia.

**Tabla V. 8. Jerarquización de impactos ambientales.**

Componente	Factor	Impacto	Índice de incidencia
Paisaje	Calidad visual	Modificación del paisaje natural	0.625
Hidrología superficial	Cantidad	Disminución de la cantidad de agua del flujo hidrológico aguas abajo de la cortina	0.625
Suelo	Transporte de sedimentos	Disminución del transporte de sedimentos aguas abajo de la cortina	0.625
	Cantidad	Pérdida de suelos	0.625
Vegetación	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	0.625
Hidrología superficial	Calidad	Alteración a la calidad del agua del flujo hidrológico	0.500
Fauna	Hábitat	Afectación al hábitat	0.375
	Distribución	Desplazamiento de individuos de especies de fauna terrestre y acuática, incluyendo especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010	0.375
Suelo	Calidad	Alteración a la calidad del suelo	0.250
Fauna	Conectividad	Pérdida de la conectividad	0.250
Aire	Calidad	Alteración a la calidad del aire	0.250

### **V.2.3. Determinación de la magnitud**

Como se mencionó anteriormente, el valor de un impacto se expresa en términos de la incidencia y la magnitud, por lo que estas características definen la relevancia del impacto.

La **magnitud**, representa la cantidad y calidad del factor modificado, en términos relativos al marco de referencia adoptado <sup>3</sup>misma que para el proyecto se expresará en términos de la extensión de la alteración al componente en relación al SAR.

A través del Capítulo VIII, se describen a detalle los criterios que fueron empleados para la caracterización de los impactos ambientales identificados, como son los criterios: ecosistémicos (integridad funcional) y calidad ambiental (percepción del valor ambiental).

### V.3. Descripción y análisis de los impactos ambientales

El análisis se presenta en forma de una tabla para cada componente la cual incluye los siguientes elementos:

- a) Impacto ambiental
- b) Componente y factor afectados
- c) Etapas del proyecto donde se producirá el impacto
- d) Índice de incidencia con color que determina la relevancia asignada
- e) Descripción y justificación para dicha determinación

A continuación se presenta la descripción de los impactos ambientales identificados para el proyecto:

### Modificación del paisaje natural

Medio	Componente	Factor	Índice de Incidencia
Perceptual	Paisaje	Calidad visual	0.625

Impacto durante las etapas de desarrollo del proyecto	
<i>Preparación</i>	El impacto se dará durante las actividades de limpieza del terreno, desmonte,

<sup>3</sup> Marco de referencia: espacio geográfico en relación con el cual se estima el valor de un impacto, que para el caso de esta MIA-R, se refiere al SAR.



<i>del sitio</i>	despalme, excavaciones, compactación, nivelación y cimentación. Aquí se notará primeramente la eliminación de texturas y colores representativos de vegetación tanto natural como de los campos de cultivo.
<i>Construcción</i>	Durante la construcción de la cortina, el desarenador y la tubería de conducción superficial, como la formación del embalse, el paisaje tendrá características antrópicas presenciando principalmente colores grisáceos debido a los materiales necesarios para la construcción de las obras, así como para la construcción de las obras en áreas ya autorizadas.
<i>Operación y mantenimiento</i>	En esta etapa el paisaje quedará modificado completamente en el área del proyecto, debido a que se notara el área del embalse como un cuerpo de agua y la cortina como un elemento estructural.

**Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación**

La construcción del proyecto modificará el paisaje natural a un paisaje antrópico, por lo que es considerado un impacto ambiental **directo** y que **afectará** la calidad visual del paisaje.

La modificación del paisaje se dará solo en el área del proyecto, el cual se encuentra en una de las nanocuenas que conforman el SAR, por lo que el impacto al paisaje es **puntual**, no obstante la construcción del proyecto ya autorizado, P.H. Puebla 1, y el constante cambio de uso de suelo natural a campos de cultivo de los alrededores más cercanos al proyecto, producirá un impacto **acumulativo** al paisaje, cambiando el paisaje natural a un paisaje antrópico.

La modificación del paisaje se dará durante las diferentes etapas del desarrollo del proyecto, por ello es considerado un impacto a **largo plazo**; y que solo se dará solo por la eliminación de la cobertura vegetal y de los campos de cultivo en la preparación del sitio, y por la construcción de las obras, por lo que el impacto solo se producirá **una sola vez**. Sin embargo, por la naturaleza del proyecto, el impacto **permanecerá** durante la operación del proyecto.

El proyecto prevé el mantenimiento tanto de las obras como del embalse, por lo que la capacidad de recuperación natural de los elementos del paisaje será limitada, es por ello que la modificación del paisaje será **no reversible** mientras dure la operación del proyecto. Además por la naturaleza del proyecto, no es considerado el abandono del sitio, por lo que se considera un impacto **residual**.

Conclusión
<p>El impacto de modificación del paisaje es considerado <b>NO significativo</b>, debido a que aun cuando es un impacto directo, permanente y no es reversible de forma natural ni con la implementación de medidas de mitigación mientras dure la operación del proyecto, el área del proyecto se encuentra inmerso en una zona donde ha presentado un cambio constante de paisajes naturales a antrópicos.</p>

## Disminución de la cantidad del agua del flujo hidrológico aguas debajo de la cortina

Medio	Componente	Factor	Índice de Incidencia
Abiótico	Hidrología superficial	Cantidad	0.625

Impacto durante las etapas de desarrollo del proyecto	
<i>Preparación del sitio</i>	No hay interacción
<i>Construcción</i>	En esta etapa se producirá la acumulación de agua en el área de embalse, ya que será desviado el río para la construcción de la cortina.
<i>Operación y mantenimiento</i>	En esta etapa, por la naturaleza del proyecto, se almacenará el agua proveniente de la nanocuenca del río Zoquiapa en el embalse de la presa.

Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación
<p>La obstaculización del flujo hidrológico que producirá la construcción de la presa disminuirá el volumen de agua que circula por el río Zoquiapa hasta su intersección con el río Ajajalpan, por lo que es considerado un impacto ambiental <b>directo</b> que modificará la cantidad de agua de la hidrología superficial.</p> <p>La interrupción del flujo hidrológico se dará solo en el área del proyecto, el cual se encuentra en la parte baja de la nanocuenca del río Zoquiapa, por lo que es considerado un impacto <b>puntual</b>. No obstante la construcción del proyecto ya autorizado con anterioridad (P.H. Puebla 1), el cual también es una presa, producirá un impacto <b>acumulativo</b> en la disminución del agua del río Zoquiapa desde la presa hasta la caseta de descarga y la intersección con el río Ajajalpan.</p> <p>La continua y permanente captación del agua aguas arriba de la cortina de la presa durante la vida útil del proyecto, disminuirá el caudal hidrológico aguas abajo del río Zoquiapa, por lo que es considerado un impacto a <b>largo plazo, periódico y permanente</b>.</p> <p>El proyecto se ubicará en la parte baja del río Zoquiapa, intersectando a 1.5 km con el río Ajajalpan. Pero resulta importante indicar que en esta distancia se encuentran intersectando dos escurrimientos intermitentes (ver capítulo IV), los cuales ayudarán a mantener el caudal de</p>

**Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación**

agua ya que seguirán aportando agua al río. Es por ello que el impacto es considerado **reversible y no residual**.

**Conclusión**

La cortina de una presa representa una barrera en el cauce de un río, lo que conlleva a modificar el flujo del agua aguas abajo de la cuenca, viéndose disminuida la cantidad de agua que fluye aguas abajo de la cortina; sin embargo, como se mencionó en capítulos anteriores, se tiene previsto un gasto ecológico de al menos un 10% del volumen escurrido y llega a ser hasta el 51.6 % del volumen escurrido (solo en el mes de mayor precipitación, septiembre), tal como se expuso en el capítulo II.

El impacto de la disminución de la cantidad de agua en el flujo hidrológico es **NO significativo**, debido que aun cuando es considerado un impacto directo, acumulativo, a largo plazo, periódico y permanente, se debe considerar que de acuerdo a la naturaleza del proyecto y a la caracterización del sistema hidrológico, descrito en el capítulo IV, en el SAR existen una gran cantidad de escurrimientos tributarios que transportan el agua de las nanocuenas hacia el río Ajajalpan, además también se considera la existencia de 2 escurrimientos entre la presa del río Zoquiapa y el río Ajajalpan los cuales estarían aportando agua hacia el río. Por otra parte, el agua capturada tanto en la presa del proyecto, como del proyecto autorizado P.H. Puebla 1, será devuelta en su totalidad aguas abajo del cuarto de máquinas del proyecto autorizado mencionado anteriormente.

Es por ello que la disminución del flujo hidrológico del río Zoquiapa, entre la presa y la intersección con el río Ajajalpan será mínima, además de que este río no presentará una afectación considerable debido a los otros escurrimientos que le aportan agua.

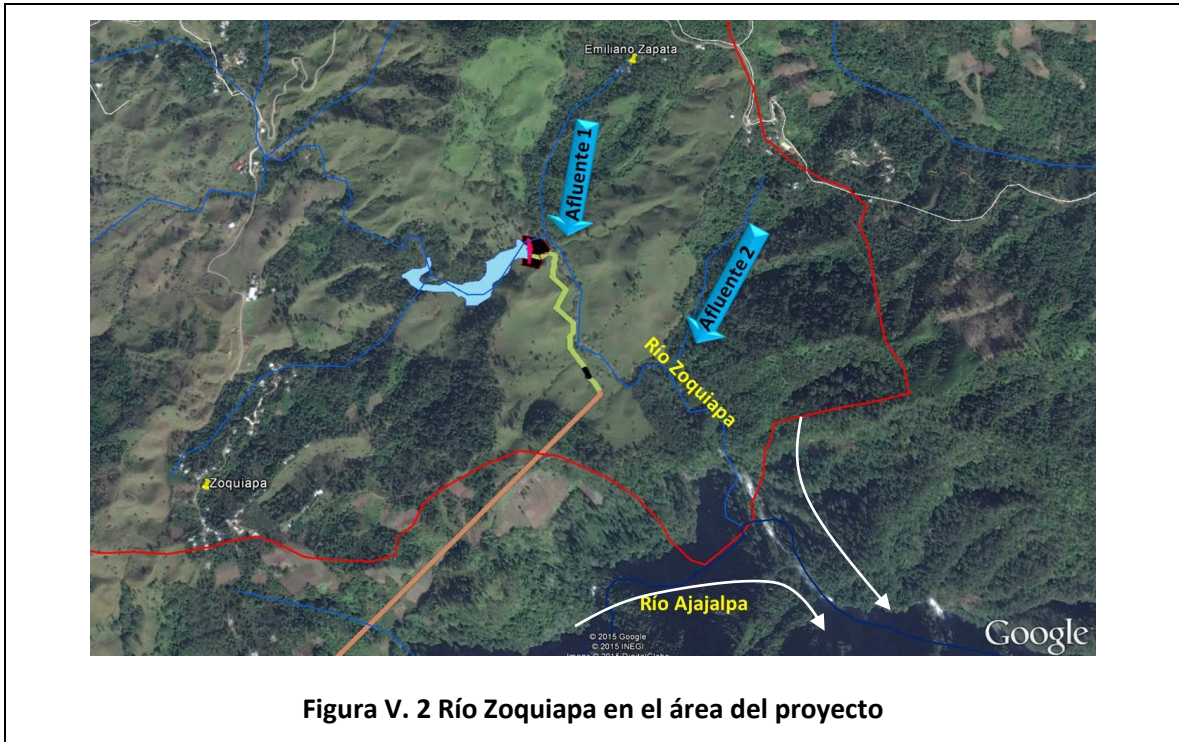


Figura V. 2 Río Zoquiapa en el área del proyecto

## Disminución del transporte de sedimentos aguas debajo de la cortina

Medio	Componente	Factor	Índice de Incidencia
Abiótico	Suelo	Transporte de sedimentos	0.625

Impacto durante las etapas de desarrollo del proyecto	
<i>Preparación del sitio</i>	No hay interacción
<i>Construcción</i>	En esta etapa se producirá la acumulación de sedimentos en el área de embalse, ya que será desviado el río para la construcción de la cortina. El proceso constructivo se describe detalladamente en el Capítulo II.
<i>Operación y mantenimiento</i>	En esta etapa y por la naturaleza del proyecto, se almacenará el agua proveniente de aguas arriba de la nanocuenca del río Zoquiapa, por lo que el transporte de sedimentos también será interrumpido y comenzara a depositarse en el embalse.

Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación
<p>La obstaculización del flujo hidrológico que producirá la construcción de la presa disminuirá tanto el agua como el volumen de sedimentos que circula por el río Zoquiapa hasta su intersección con el río Ajajalpan, por lo que es considerado un impacto ambiental <b>directo</b> que <b>afectará</b> a la cantidad de sedimentos transportados.</p> <p>La acumulación de sedimentos se dará en el área del embalse, el cual se encuentra en la parte baja de la nanocuenca del río Zoquiapa, por lo que es considerado un impacto <b>puntual</b>. No obstante la construcción del proyecto más las actividades realizadas en el proyecto autorizado anteriormente, P.H. Puebla 1, el cual también es una presa, se producirá un impacto <b>acumulativo</b> en la disminución de sedimentos del río Zoquiapa, desde la presa hasta la caseta de descarga y la intersección con el río Ajajalpan.</p> <p>La continua y permanente captación del agua y sedimentos por la cortina de la presa durante la vida útil del proyecto, disminuirá la cantidad de sedimentos del río Zoquiapa, por lo que es considerado un impacto a <b>largo plazo, periódico y permanente</b>.</p> <p>El proyecto se ubicará en la parte baja del río Zoquiapa, intersectando a 1.5 km con el río</p>

**Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación**

Ajalpalpan. En esta distancia se encuentran intersectando 2 escurrimientos intermitentes (ver capítulo IV), los cuales mantendrán un caudal de agua por lo que seguirán aportando sedimentos tanto al río Ajalpalpan como al tramo del río Zoquiapa a este. Es por ello que el impacto es considerado **reversible** y **no residual**.

**Conclusión**

El embalse captará los sedimentos que vienen de aguas arriba, y quedarán retenidos en la cortina de la presa, con lo cual disminuye el transporte de sedimentos cuenca abajo de la presa.

Sin embargo, el impacto de la disminución en el transporte de sedimentos es **NO significativo**, debido que aun cuando es considerado un impacto directo, acumulativo, a largo plazo, periódico y permanente, de acuerdo a la naturaleza del proyecto; en la caracterización del sistema hidrológico descrito en el capítulo IV, en el SAR existen una gran cantidad de escurrimientos tributarios que transportan el agua, y sedimentos, de las nanocuenca hacia el río Ajalpalpan, además también se considera la existencia de 2 escurrimientos entre la presa del río Zoquiapa y el río Ajalpalpan lo cuales mantendrán, y aportarán, sedimentos.

Es por ello que la disminución del transporte de sedimentos del río Zoquiapa entre la presa y la intersección con el río Ajalpalpan será mínima. Es importante mencionar que se estimó el aporte de sedimentos de la cuenca y la capacidad de atrape de sedimentos en el embalse, lo cual fue descrito en el capítulo II.

## Pérdida de suelo

Medio	Componente	Factor	Índice de Incidencia
Abiótico	Suelo	Cantidad	0.625

Impacto durante las etapas de desarrollo del proyecto	
<i>Preparación del sitio</i>	El impacto se dará al momento de realizar las actividades de limpieza de terreno, desmonte, despalme, excavación, compactación y nivelación del terreno del área de proyecto, para la cortina, el área de maniobras, el acondicionamiento del embalse y la instalación de la tubería de conducción, en los cuales es necesario remover las primeras capas de tierra para emplazar las obras y no presenten fallas estructurales o fisuras.
<i>Construcción</i>	No hay interacción
<i>Operación y mantenimiento</i>	No hay interacción

Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación
<p>La necesidad de realizar la eliminación de la primera capa del terreno para el emplazamiento de las obras y el acondicionamiento del embalse causará la pérdida de suelo y el cambio de uso desuelo en el área de proyecto, por lo que es considerado un impacto ambiental <b>directo</b> y que <b>afectará</b> la cantidad del suelo disponible.</p> <p>La pérdida de suelo se dará en el área de proyecto, por lo que el impacto es considerado como <b>puntal</b>. Sin embargo la construcción del proyecto y la constante deforestación para la creación de campos de cultivo en las zonas con cobertura vegetal más cercanas al proyecto, producirá un impacto <b>acumulativo</b> al suelo ya que sin la presencia de cobertura vegetal el grado de erosión por factores naturales puede aumentar.</p> <p>La pérdida de suelo se dará solo durante la etapa de preparación del sitio por lo cual es considerado un impacto a <b>corto plazo</b>, y ya que solo se dará por el desmonte, despalme y excavaciones en el área del proyecto para poder emplazar las obras y acondicionar el área del embalse, por lo que el impacto solo se producirá una <b>solá vez</b>. Sin embargo, por la naturaleza</p>



**Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación**

del proyecto, el impacto **permanecerá** durante la operación del proyecto.

La pérdida de suelos está directamente relacionada con la remoción de la cobertura vegetal riparia y vegetación secundaria arbórea de bosque meso filo, los cuales **no pueden recuperarse** de forma natural debido a la construcción de obras, así también quedara como un impacto **residual** ya que se perderá el suelo desmontado.

**Conclusión**

El impacto de pérdida de suelo es considerado **NO significativo**, debido a que aun cuando es un impacto directo, permanente y no reversible de forma natural, este solo se realizará solo en las superficies del proyecto (ver capítulo II) y una sola vez en la preparación del sitio. Además aun cuando se presenta como un impacto acumulativo e irreversible, el proyecto se encuentra inmerso en una zona donde ha presentado un cambio de uso de suelo constante, pasando de vegetación forestal a campo de cultivo. También se producirá un cambio de uso de suelo en las zonas donde se encuentran campos de cultivo, los cuales serán removidos de igual manera para el acondicionamiento del embalse.

## Pérdida de cobertura vegetal

Medio	Componente	Factor	Índice de Incidencia
Biótico	Vegetación	Cobertura vegetal	0.625

Impacto durante las etapas de desarrollo del proyecto	
<i>Preparación del sitio</i>	Este impacto se producirá principalmente durante la etapa de preparación del sitio, específicamente al momento de realizar la limpieza del terreno, el desmonte y despalme de la vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo y vegetación riparia, en las áreas donde se encontrara la cortina y el embalse hasta el nivel NAME (ver capítulo II). Sin embargo en esta etapa, el proyecto considera acciones de protección y reubicación de especies de flora por lo cual mitigará la magnitud del impacto.
<i>Construcción</i>	No hay interacción
<i>Operación y mantenimiento</i>	Durante la etapa de operación del proyecto, la disminución del caudal aguas abajo de la cortina reducirá la cantidad disponible de agua y por la que la vegetación se alimenta, por lo que podrá causar primeramente la afectación y después la pérdida de la vegetación riparia.

Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación
<p>La remoción de la vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo y riparia tanto para la construcción de las obras como para el acondicionamiento del embalse, causara la pérdida de cobertura vegetal, incluyendo 4 especies que se encuentran en la NOM-SEMARNAT-2010 (ver capítulo IV), por lo que es considerado un impacto ambiental directo que afectará al componente vegetación.</p> <p>La pérdida de cobertura vegetal se dará solo en el área de proyecto, por lo que el impacto es considerado como puntal. Sin embargo la construcción del proyecto y la constante deforestación para la creación de campos de cultivo en las zonas con cobertura vegetal más cercanas al proyecto, producirá un impacto acumulativo tanto para la vegetación como para el suelo ya que sin la presencia de cobertura vegetal el grado de erosión por factores naturales</p>

**Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación**

puede aumentar.

La pérdida de cobertura vegetal se dará durante la etapa de preparación del sitio y operación por lo cual es considerado un impacto a corto plazo, y ya que solo se dará por el desmonte, despalle y excavaciones en el área del proyecto para poder emplazar las obras y acondicionar el área del embalse, por lo que el impacto solo se producirá una sola vez. Sin embargo, por la naturaleza del proyecto, el impacto permanecerá durante la operación del proyecto.

Las superficies de vegetación secundaria arbórea de bosque meso filo y riparia que se removerán para emplazar el proyecto, no pueden recuperarse de forma natural debido a la construcción de obras, así también quedará como un impacto residual.

**Conclusión**

El impacto de pérdida de cobertura vegetal es considerado NO significativo, debido a que aun cuando es un impacto directo, permanente y no reversible de forma natural, este solo se realizará en las superficies del proyecto (ver capítulo II) y una sola vez en la preparación del sitio. Además aun cuando se presenta como un impacto acumulativo e irreversible, el proyecto se encuentra inmerso en una zona donde ha presentado un cambio de uso de suelo constante, pasando de vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo a campos de agricultura de temporal y para uso pecuario.

## Alteración a la calidad del agua del flujo hidrológico

Medio	Componente	Factor	Índice de Incidencia
Abiótico	Hidrología superficial	Calidad	0.500

Impacto durante las etapas de desarrollo del proyecto	
<i>Preparación del sitio</i>	No hay interacción
<i>Construcción</i>	El impacto se dará en la etapa de construcción de las obras, durante las actividades necesarias para construir la cortina y el acondicionamiento de la superficie para el embalse, ya que es necesario el entubamiento del flujo hidrológico (ver capítulo II), y por lo tanto si no se implementan adecuadamente las medidas preventivas, el flujo hidrológico podría verse afectado por residuos sólidos como plásticos, concreto, varillas, tubos de PVC, cimbras, alambres; también se puede ver afectado por el derramen accidental de líquidos como aditivos, aceites e hidrocarburos y aguas residuales; producto del material necesario para el proceso constructivo y del uso de herramientas y maquinaria pesada, así como de las actividades del personal de construcción. Cabe mencionar que las aguas residuales en esta etapa, se mantendrán en letrinas y no serán vertidas al río.
<i>Operación y mantenimiento</i>	En la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, la contaminación del flujo hidrológico como del agua acumulada en el embalse podría darse tanto por la generación de residuos como por el inadecuado manejo del mismo. Los residuos líquidos y sólidos serán producto de las actividades diarias del personal de operación, así como del mantenimiento necesario a la tubería de conducción tanto superficial como subterránea. Sin embargo también en el desmantelamiento de las obras temporales se prevé programas de manejo de residuos líquidos y sólidos con lo que el impacto podría disminuir.

**Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación**

El manejo inadecuado de los diferentes residuos generados en las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, como podrían ser residuos sólidos (orgánicos, residuos derivados de los materiales de construcción) y residuos líquidos (hidrocarburos, solventes), pueden ocasionar la contaminación del flujo hidrológico superficial, por lo que es considerado un impacto ambiental directo y que afectará la calidad de la hidrología superficial.

La posible contaminación del flujo hidrológico se daría solo en el área de proyecto, por lo que el impacto es considerado como puntal. Sin embargo los posibles contaminantes que presenta aguas arriba del río debido a los lixiviados de productos agroquímicos utilizados en los campos de cultivo ubicados en la ribera, podría producir un impacto acumulativo junto con la contaminación que se presente por el proyecto.

La contaminación hidrológica se podría dar solo durante la etapa construcción y operación por lo cual es considerado un impacto a largo plazo, y ya que solo se dará al realizar las actividades de construcción en el área del proyecto para poder emplazar las obras y acondicionar el área del embalse, por lo que el impacto solo se producirá una sola vez y por lo tanto no será permanente.

La contaminación que pueda tener el agua del río Zoquiapa, será no reversible de forma natural debido sin embargo con la implementación adecuada de medidas de mitigación el impacto será no residual.

**Conclusión**

El impacto de contaminación del flujo hidrológico del río Zoquiapa es considerado NO significativo, aun cuando es un impacto directo, acumulativo y no reversible de forma natural, el proyecto se encuentra en la parte baja de la nanocuenca y en la parte alta de la sub cuenca (ver capítulo IV), por lo que si se viera contaminado el flujo hidrológico afectaría no solo al río Zoquiapa si no también al río Ajajalpan, y por lo tanto a las cuencas continuas. Sin embargo la posible contaminación sería accidental previéndose que se dará en periodos cortos, además también el impacto se podrá disminuir si se implementan las adecuadas medidas de mitigación.

Cabe destacar que en el capítulo IV se presenta el análisis de los resultados de los estudios realizados para la caracterización de las propiedades físico-químicas del agua del río Zoquiapa en

el polígono del proyecto, y del cual se concluye, de acuerdo a los parámetros ambientales, que el agua del río no se encuentra contaminada, por su pH el agua es ligeramente alcalina y tiene una buena oxigenación, por lo que el agua del río puede considerarse de buena calidad.

## Afectación al hábitat

Medio	Componente	Factor	Índice de Incidencia
Biótico	Fauna	Hábitat	0.375

Impacto durante las etapas de desarrollo del proyecto	
<i>Preparación del sitio</i>	El impacto se dará durante las actividades de limpieza de terreno, desmante, despalme, excavación y compactación de las superficies (ver capítulo II) donde se emplazarán la cortina, el área de maniobras, la tubería superficial y el acondicionamiento del área del embalse, ya que será removida las primeras capas de tierra donde se mantienen los nutrientes para el óptimo crecimiento de las especies vegetales.
<i>Construcción</i>	No hay interacción
<i>Operación y mantenimiento</i>	El hábitat acuático y riparia aguas debajo de la cortina se verá afectado en la etapa de operación, ya que se cambiará las condiciones originales del hábitat por la disminución constante del flujo del agua. En caso de la tubería de conducción superficial, está también afectará a la conectividad de hábitats terrestres ubicados en la zona.

Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación
<p>Debido a la pérdida de la cobertura vegetal y la interrupción del flujo hidrológico, los hábitats terrestres y acuáticos se afectarán en el área de proyecto, por lo que es considerado un impacto ambiental directo al hábitat de la fauna.</p> <p>La afectación al hábitat se dará solo en el área del proyecto, por lo que el impacto es considerado puntual. Además, en las áreas aledañas al proyecto han presentado una fragmentación en la vegetación natural debido a la implementación de campos de cultivo en las zonas con pendientes bajas, por lo que la creación del proyecto reducirá aún más los pocos hábitat que se tiene, por lo que considerado como acumulativo.</p> <p>El impacto se dará durante la etapa de preparación del sitio y operación, por ello es considerado un impacto a corto plazo; y que solo se dará solo por la eliminación de la cobertura vegetal de</p>

**Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación**

vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo y riparia y la disminución del escurrimiento aguas abajo durante la preparación del sitio y la operación de proyecto, por lo que el impacto solo se producirá una sola vez. Sin embargo, por la naturaleza del proyecto, el impacto permanecerá durante la operación del proyecto.

La afectación al hábitat está directamente relacionada con la pérdida de cobertura vegetal, tanto vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo como vegetación riparia y la disminución del flujo hidrológico, que de acuerdo a sus características tiene una alta capacidad de recuperación natural, es por ello que el impacto se considera reversible y no residual.

**Conclusión**

El impacto de afectación al hábitat es considerado NO significativo, debido a que aun cuando es un impacto directo y permanente mientras dure la operación del proyecto, este puede ser mitigable con las adecuadas medidas de mitigación. Además aun cuando se presenta como un impacto acumulativo, en el área de proyecto no se encuentran hábitat de fauna representativos. (ver capítulo IV).



## Desplazamiento de individuos de especies de fauna terrestre y acuática incluyendo especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010

Medio	Componente	Factor	Índice de Incidencia
Biótico	Fauna	Distribución	0.375

Impacto durante las etapas de desarrollo del proyecto	
<i>Preparación del sitio</i>	Este impacto se producirá en la etapa de preparación del sitio, desde el momento en el que se realiza las actividades de trazado y delimitación del área, en la limpieza, desmonte, despalme, de excavación para las obras a construir, y ya que la remoción de cobertura vegetal modifica la distribución y abundancia de las especies de flora y con ello la estructura de la vegetación, por lo tanto se tiene como consecuencia una afectación en la oferta del alimento y resguardo para la misma, así como el dispersamiento de las especies que habitan ahí.
<i>Construcción</i>	No hay interacción
<i>Operación y mantenimiento</i>	No hay interacción

Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación
<p>Debido a la remoción de la vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo y vegetación riparia, el hábitat de especies de fauna, incluyendo especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, también será afectado por lo que se producirá un desplazamiento de individuos de especies de fauna que se encuentran en el área del polígono del proyecto, por lo que es considerado un impacto ambiental directo que afectará a la fauna.</p> <p>El desplazamiento de fauna se dará solo en el área del proyecto, por lo que el impacto es considerado puntal. Además, en las áreas aledañas al proyecto han presentado una fragmentación en la vegetación natural debido a la implementación de campos de cultivo, por lo que se ha ido desplazando parte de los hábitat y por lo tanto también de especies de fauna, incluyendo las especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>

**Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación**

El impacto se dará durante la etapa de preparación del sitio, por lo que es considerado un impacto a corto plazo; y que solo se dará por la eliminación de la cobertura vegetal tanto de vegetación secundaria de bosque mesófilo como vegetación riparia, por ello el impacto solo se producirá una vez, sin embargo por la naturaleza del proyecto y su vida útil, el impacto será permanente.

El desplazamiento de fauna está directamente relacionado con la afectación a su hábitat, es por ello que el impacto se considera **reversible** y no **residual**.

**Conclusión**

El impacto de desplazamiento de individuos de fauna es considerado **NO significativo**, debido a que aun cuando es un impacto directo y permanente, este puede ser mitigable si se implementan las adecuadas medidas de mitigación, además aun cuando se presenta como un impacto acumulativo, el proyecto ya se encuentra inmerso en una zona donde se ha presentado diversos impactos que han ido desplazando a las poblaciones de fauna.

**Para fauna voladora:**

En general para las aves se prevé que no sufrirán un impacto significativo, ya que la superficie de vegetación natural a afectar por el proyecto es un porcentaje menor en comparación con la del SAR, y con la restauración de áreas susceptibles de ello y la formación del embalse se propiciarán condiciones para ellas, además de que para evitar afectarlas durante las actividades de preparación del sitio y construcción del proyecto se plantea ahuyentarlas antes del inicio de las actividades del proyecto.

En los anexos del capítulo VIII se presenta el listado potencial de especies de fauna para el proyecto.

**Para fauna acuática:**

**-Aguas arriba de la cortina:** La formación del embalse propicia el cambio en el río; el cuerpo de agua pasa de ser lótico a léntico, modificándose los hábitats por la formación del embalse y la eliminación de la zona riparia, la cual se colonizará posteriormente, con lo cual los anfibios que se pudieran encontrar se desplazarán aguas arriba o aguas abajo de la cortina.

**-Aguas debajo de la cortina:** al momento de terminar de construir la cortina y cambie la situación del río, se modificarán los hábitats riparios por la disminución del flujo hidrológico, lo que ocasionará el desplazamiento de fauna asociada al río hacia sitios con condiciones para su desarrollo.

## Alteración a la calidad del suelo

Medio	Componente	Factor	Índice de Incidencia
Abiótico	Suelo	Calidad	0.250

Impacto durante las etapas de desarrollo del proyecto	
<i>Preparación del sitio</i>	El impacto se dará durante las actividades para la limpieza del terreno, desmonte, despalme y excavaciones, donde es necesario el uso de maquinaria pesada se generarán residuos tanto sólidos como líquidos.
<i>Construcción</i>	Al igual que en la etapa de preparación del sitio, es necesaria la utilización de maquinaria pesada para la construcción de la cortina, el acondicionamiento del área del embalse, la instalación de la tubería superficial y las obras provisionales. Sin embargo en el desmantelamiento de las obras provisionales se prevé el manejo adecuado de residuos, el cual puede mitigar el impacto.  Cabe mencionar que las aguas residuales provenientes de las letrinas serán operados por una empresa contratista por lo que en ningún caso los residuos serán dispuestos en el río ni estarán en contacto con el suelo.
<i>Operación y mantenimiento</i>	Durante esta etapa durante el manejo de residuos se generarán desechos sólidos y líquidos generados por los trabajadores a cargo del mantenimiento y operación de la presa.

Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación
<p>El inadecuado manejo de residuos sólidos, líquidos y peligrosos, el derrame accidental de hidrocarburos y aceites producirá la contaminación del suelo, y el tránsito de maquinaria pesada y trabajadores producirá la pérdida de la capacidad de infiltración del agua al suelo por compactación, por lo que es considerado un impacto ambiental <b>directo</b> que <b>afectará</b> al componente suelo.</p> <p>La posible contaminación y compactación del suelo se daría solo en el área del proyecto por lo que el impacto es considerado como puntual. Además, no se presentarán otras actividades las cuales puedan contaminar y/o compactar el suelo, por lo que es considerado un impacto no acumulativo.</p>

**Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación**

La contaminación y compactación del suelo se podría dar cuando sea necesario utilizar maquinaria pesada para realizar las actividades de preparación del sitio y construcción en horas laborales establecidas, por lo que es considerado un impacto a corto plazo, que se producirá una sola vez, y no será permanente.

La posible contaminación y compactación del suelo, aun cuando de forma natural sea irreversible, si se aplican las correctas medidas de mitigación el impacto puede evitarse y/o mitigarse por lo que es considerado un impacto no residual.

**Conclusión**

El posible impacto de alteración a la calidad del suelo es considerado **insignificante**, debido a que aun cuando es un impacto directo e irreversible de forma natural, este se presentará solo en periodos de tiempo corto, además de que en la etapa de construcción durante el desmantelamiento de obras provisionales se considerará la restauración de suelo tanto para compactación como para contaminación, impactado por las actividades para la construcción de obras y el uso de obras provisionales, además si durante la etapa de operación se aplican las correctas medidas de mitigación el suelo, el grado de afectación será mínimo.

## Pérdida de la conectividad

Medio	Componente	Factor	Índice de Incidencia
Biótico	Fauna	Conectividad	0.250

Impacto durante las etapas de desarrollo del proyecto	
<i>Preparación del sitio</i>	El impacto se producirá durante las actividades de limpieza del terreno, desmonte, despalme y excavaciones, ya que será removida la cobertura vegetal, la cual sirve como un elemento de protección para poder desplazarse, por lo que la conectividad se verá afectada.
<i>Construcción</i>	No hay interacción
<i>Operación y mantenimiento</i>	Operación de las obras el cual fragmentará los micro hábitats que se encuentran ahí y después durante la operación de la presa, la cortina y la tubería de conducción superficial, fragmentaran los espacios por donde se desplaza la fauna terrestre y acuática.

Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación
<p>La construcción del proyecto podría interrumpir la el desplazamiento de las especies que habitan en el área del proyecto, por lo que es considerado un impacto ambiental directo y que afectará la conectividad de la fauna.</p> <p>La pérdida de conectividad se dará solo en el área del proyecto, específicamente en la cortina de la presa, por lo que el impacto es considerado puntual. Además, en las áreas aledañas al proyecto no se presenta ninguna otra tipo que obra u actividad que interrumpa el paso de fauna, tanto terrestre como acuática, por lo que considerado como no acumulativo.</p> <p>La pérdida de la conectividad se dará durante las diferentes etapas de preparación del sitio y operación, por ello es considerado un impacto a largo plazo; y que solo se dará solo por la eliminación de tanto de la cobertura vegetal de vegetación secundaria arbórea y riparia como de los campos de cultivo en la preparación del sitio, y por la operación de proyecto, por lo que el impacto solo se producirá una sola vez. Sin embargo, por la naturaleza del proyecto, el impacto permanecerá durante la operación del proyecto hasta el abandono del sitio.</p>

**Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación**

La pérdida de la conectividad de fauna está directamente relacionada con la afectación a su hábitat y la construcción de las obras, es por ello que el impacto se considera reversible y no residual.

**Conclusión**

El impacto de la pérdida de conectividad es considerado **insignificante**, debido a que aun cuando es un impacto directo y permanente por la naturaleza del proyecto, este se presentará solo en las áreas del proyecto y en el cual este se encuentra en una zona que ha sido previamente impactada por actividades humanas que han modificado los hábitat, así como las áreas que funcionan como corredores biológicos, sin embargo con la aplicación de las correctas medidas de mitigación como de reubicación y protección de fauna se puede garantizar que los individuos de fauna se encuentren en áreas con las características ambientales originales donde puedan satisfacer sus necesidad sin tener que trasladarse a otras zonas.

## Alteración a la calidad del aire

Medio	Componente	Factor	Índice de Incidencia
Abiótico	Aire	Calidad	0.250

Impacto durante las etapas de desarrollo del proyecto	
<i>Preparación del sitio</i>	El impacto se dará durante las actividades de limpieza de terreno, desmante, despalme, excavación, compactación, nivelación y cimentación. En esta etapa se aumentará tanto la cantidad de gases de combustión como los decibeles del ambiente.
<i>Construcción</i>	Al igual que en la etapa de preparación del sitio, la cantidad de gases de combustión y ruido se verán aumentados por el uso de maquinaria necesaria para la construcción de la cortina, desarenador, caseta de descarga e instalación la tubería de conducción superficial y subterránea.
<i>Operación y mantenimiento</i>	No hay interacción

Caracterización del impacto de acuerdo a los atributos de evaluación
<p>La emisión de polvo, gases de combustión y ruido del uso de la maquinaria producirán contaminación atmosférica, por lo que se considera un impacto ambiental directo y que afectará la calidad del aire.</p> <p>La contaminación atmosférica y acústica se dará solo en el área del proyecto por lo que el impacto al aire es puntual. Además no habrá otros elementos que produzcan contaminantes a la atmosfera por lo que el impacto es considerado no acumulativo.</p> <p>La contaminación del aire se dará durante las etapas de preparación del sitio y construcción de las obras la cual dura 6 años (ver capítulo II), por ello es considerado un impacto periódico; no obstante es un impacto corto plazo y temporal ya que solo se producirá durante las horas laborables en los cuales sea necesaria la utilización de maquinaria pesada.</p> <p>El área de proyecto se encuentra en una zona abierta, lo que permitirá el libre esparcimiento del polvo, gases y ruido, por lo que el impacto podrá ser reversible de forma natural en un</p>



periodo de tiempo corto, además de que será recuperable aplicando las adecuadas medidas de mitigación, con lo cual se reducirán la cantidad de partículas suspendidas de polvo, gases de combustión y ruido.

Conclusión
El impacto de la alteración a la calidad del aire es considerado <b>insignificante</b> debido a que aun cuando es un impacto directo y periódico mientras dure la preparación del sitio y construcción de obras del proyecto, este puede ser mitigable con las adecuadas medidas de mitigación. Además de que el área de proyecto se encuentra un espacio libre donde se puede dar fácilmente la dispersión de los contaminantes y ruido.

#### ***V.4. Impactos acumulativos y residuales***

##### ***V.4.1. Impactos residuales***

La identificación y valoración de este tipo de impactos ambientales es fundamental, ya que en última instancia representan el efecto inevitable y permanente del proyecto sobre el ambiente, en consecuencia, el resultado de esta sección, aporta la definición y el análisis del “costo ambiental” del proyecto, entendiendo por tal la disminución real y permanente en calidad y/o cantidad de los bienes y servicios ambientales en el SAR.

La identificación de dichos impactos se llevó a cabo en función del atributo de la Recuperabilidad (Ri), por lo que aquellos impactos ambientales con calificación de 3, es decir, que los factores no podrán volver a su estado original, aún con la aplicación de medidas.

Con la aplicación de medidas de prevención y mitigación, es factible que un impacto ambiental que puede alterar el funcionamiento o la estructura de cierto componente o proceso eco sistémico dentro del SAR reduzca su efecto o significancia. Sin embargo, invariablemente, existen impactos cuyos efectos persisten aún con la aplicación de medidas, y que son denominados como residuales.

Derivado de lo anterior se tiene que el proyecto generará los siguientes impactos ambientales:

**Tabla V. 9. Impactos ambientales residuales**

Componente	Factor	Impacto	Recuperabilidad (Ri)
Paisaje	Calidad visual	Modificación del paisaje natural	3
Suelo	Cantidad	Pérdida de suelos	3
Vegetación	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	3

#### **V.4.2. Impactos acumulativos**

El análisis de los impactos ambientales debe basarse en la determinación de las desviaciones de la “línea base o cero” originada por efectos aditivos. Para lo anterior, no es suficiente con evaluar los impactos ambientales del proyecto como si éste fuera la única fuente de cambio en el SAR, Área de influencia y Área de afectación directa, es importante identificar los cambios ocasionados en el ambiente que se están generando o que ocurrieron como resultado de otras actividades humanas en la región, y que pueden tener un efecto aditivo o acumulativo sobre los mismos componentes ambientales con los que el proyecto interactúa.

La identificación para los impactos ambientales acumulativos se llevó a cabo en función del atributo de la Acumulación, por lo que aquellos impactos ambientales con calificación de 3, es decir, cuando el efecto en el ambiente resulta de la suma de los efectos de acciones particulares ocasionados por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

Los impactos ambientales acumulativos identificados son los siguientes:

**Tabla V. 10. Impactos ambientales acumulativos**

Componente	Factor	Impacto	Acumulación (A)
Paisaje	Calidad visual	Modificación del paisaje natural	3
Hidrología superficial	Cantidad	Diminución de la cantidad de agua del flujo hidrológico aguas abajo de la cortina	3
Suelo	Transporte de sedimentos	Disminución del transporte de sedimentos aguas abajo de la cortina	3
Suelo	Cantidad	Pérdida de suelos	3
Vegetación	Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	3
Hidrología superficial	Calidad	Alteración a la calidad del agua del flujo hidrológico	3
Fauna	Hábitat	Afectación al hábitat	3
	Distribución	Desplazamiento de individuos de especies de fauna terrestre y acuática incluyendo especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010	3

Sin embargo, llevando a cabo las medidas de mitigación correspondientes para cada uno de los impactos ambientales antes analizados, se determina que dichos impactos no afectarán la integridad funcional del ecosistema por el desarrollo del proyecto.

### ***V.5. Conclusiones***

En el Capítulo IV se ha analizado y caracterizado cada uno de los componentes y procesos ambientales del SAR, y como se describió anteriormente en el presente Capítulo, se puede llegar a la conclusión de cuáles son los componentes no afectables, los no afectados y los afectables, y de entre ellos cuales son los impactos Relevantes que pongan en peligro el ecosistema.

Cada uno de ellos responde a la relación que tiene entre las actividades y obras del proyecto con los componentes ambientales dentro del SAR.

La evaluación de impacto ambiental se enfoca en el impacto que pueda recibir los componentes Afectables con cada una de las actividades y obras del proyecto. Con base en la información del Capítulo II, los datos obtenidos de los estudios ambientales del Capítulo IV y la opinión de expertos y las diversas técnicas de evaluación de impacto ambiental utilizadas en el presente capítulo, se estima que el proyecto ocasionará en lo general una serie de impactos ambientales de naturaleza negativa.

Sin embargo, considerando los resultados de los análisis, no se identificaron impactos RELEVANTES que pueda afectar el estado actual del SAR. Se obtuvieron impactos No significativos e Insignificantes los cuales teniendo la correcta aplicación de medidas de prevención y de mitigación, ninguno de ellos serán relevante.

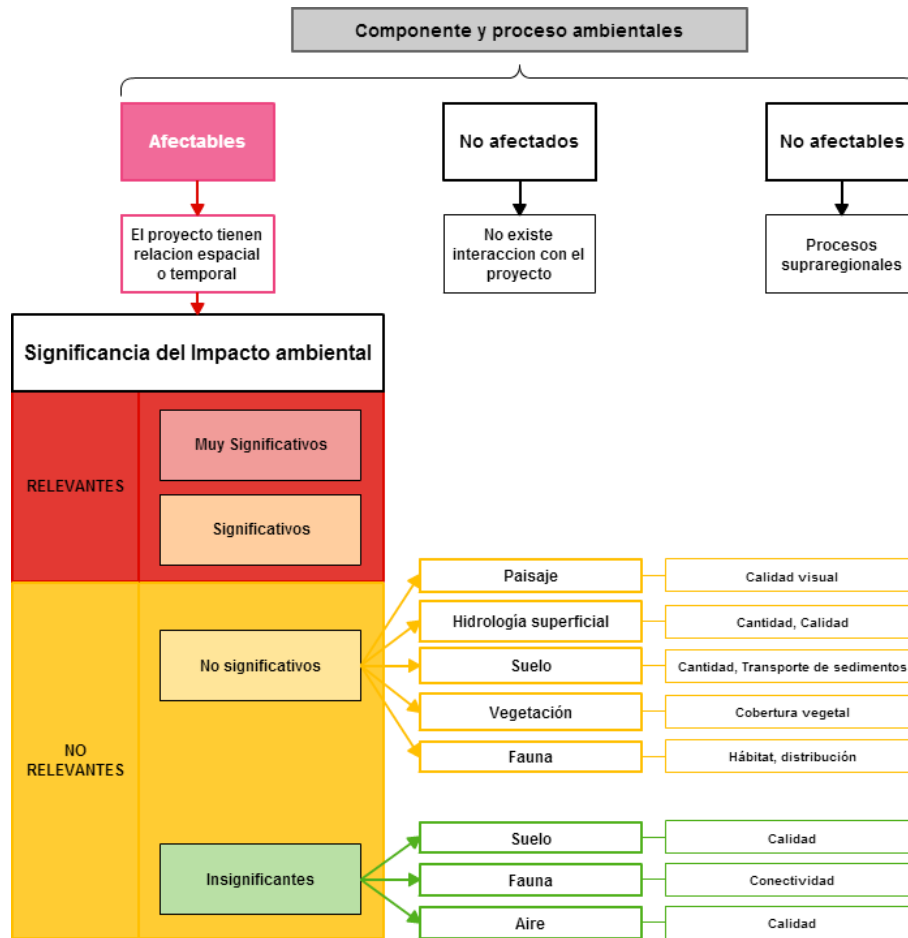


Figura V. 3 Síntesis de los impactos ambientales.

Recapitulando lo anterior, se puede concluir con lo siguiente:

1. Los impactos identificados son considerados No relevantes, debido a que ninguno ponen en riesgo la integridad funcional de los ecosistemas presentes en el SAR y área de influencia (nanocuenca).
2. Los impactos relacionados con la interrupción del flujo hidrológico del río, como son la disminución de la cantidad de agua del flujo hidrológico y del transporte de sedimentos aguas abajo de la cortina, son No relevantes, ya que en el SAR existen una gran cantidad de escurrimientos tributarios que transportan el agua y sedimentos de las nanocuenca hacia el río Ajajalpan, además también se considera la existencia de 2 escurrimientos entre

la presa del río Zoquiapa y el río Ajajalpan. Es por ello que la disminución del flujo hidrológico del río Zoquiapa entre la presa y la intersección con el río Ajajalpan será mínima, además de que este río no presentará una afectación considerable.

3. Los impactos relacionados con la remoción de la vegetación como son la pérdida de cobertura vegetal, la modificación del paisaje, pérdida de suelos, afectación al hábitat, el desplazamiento de individuos de especies de fauna terrestre y acuática incluyendo especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la pérdida de conectividad, que se presentan en el proyecto son No relevantes, ya que el área del proyecto se encuentra inmerso en una zona donde ha presentado un cambio de uso de suelo constante, pasando de vegetación forestal a campo de cultivo y donde también se producirá un cambio de uso de suelo en las zonas donde se encuentran campos de cultivo, los cuales serán removidos de igual manera para el acondicionamiento del embalse. Sin embargo estos impactos puede ser mitigable con las adecuadas medidas de mitigación.
4. Los impactos relacionados con la alteración de la calidad de los componentes ambientales, producto del uso de maquinaria y la generación de residuos líquidos y sólidos como son la contaminación del flujo hidrológico, la alteración a la calidad del suelo y del aire son No relevantes ya que el impacto se presentará solo en periodos de tiempo corto, además de que en la etapa de construcción, durante el desmantelamiento de obras provisionales, se considerará la restauración de las áreas impactadas por las actividades para la construcción de obras y el uso de obras provisionales, además si durante la etapa de operación se aplican las correctas medidas de mitigación a los componentes afectados el grado de impacto será mínimo.

Adicionalmente en el Capítulo VII, se presentarán las medidas necesarias para prevenir, mitigar, restaurar, controlar o compensar, según sea el caso, los impactos ambientales esperados en cada una de las etapas de implementación del proyecto e integrarlas de manera precisa y coherente en el marco de sistema de manejo y gestión ambiental , cuya ejecución permitirá no ocasionar ningún impacto que por sus atributos y naturaleza pueda provocar desequilibrios ecológicos de forma tal que se afecte la continuidad de los procesos naturales que actualmente ocurren en el SAR.

***CAPÍTULO VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN  
DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL  
SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL***

## VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES, DEL SISTEMA AMBIENTAL.

Una vez identificados y evaluados los impactos ambientales que pueden generarse por la ejecución del proyecto, a continuación se presentan las medidas que atenderán a los impactos con mayor valor, es decir aquellos considerados como relevantes, conforme a lo establecido en el artículo 30 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que al respecto señala:

*“ARTICULO 30.- Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una Manifestación de Impacto Ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, **así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.**”*

En consideración a lo anterior, en este capítulo se presentan las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas para reducir la relevancia de los impactos ambientales adversos que el proyecto ocasionará potencialmente al ambiente, poniendo especial énfasis en las medidas para los impactos ambientales identificados como residuales y acumulativos. Las medidas se han incorporado en diferentes programas.

Se presenta un **Sistema de Gestión y Manejo Ambiental (SMGA)** específico para el proyecto, en el que se establecen las estrategias donde se llevaran a cabo las medidas y acciones a seguir para atender los impactos ambientales acumulativos, sinérgicos y residuales derivados del proyecto. En la siguiente tablaTabla VI. 1 se describe la clasificación de las medidas propuestas en cada uno de los programas que componen el Sistema de Manejo y Gestión Ambiental.

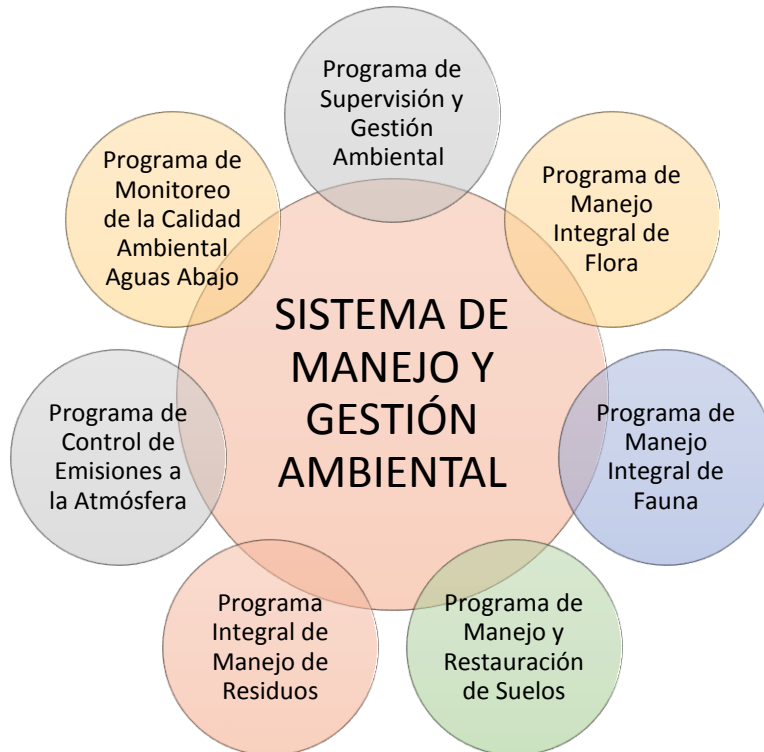


**Tabla VI. 1 Clasificación de medidas que se llevaran a cabo en el proyecto.**

Tipo de Medida	Características
<b>Medidas de Prevención</b>	Es un conjunto de disposiciones que tienen como finalidad anticiparse a las posibles modificaciones que pudieran registrarse por la realización de una o varias actividades del proyecto, a fin de evitar el deterioro del ambiente.
<b>Medidas de Mitigación</b>	Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas.
<b>Medidas de Compensación</b>	Son aquellas actividades que pretenden retribuir o resarcir el impacto ambiental que el proyecto ocasionará, generalmente estas actividades no se realizan en el sitio en donde se causa el impacto.

## SISTEMA DE MANEJO Y GESTIÓN AMBIENTAL

Una vez identificados los posibles impactos del proyecto, se ha diseñado un **Sistema de Manejo y Gestión Ambiental**, instrumento que además de atender en conjunto las medidas requeridas, permite visualizar con un enfoque integral, la atención de los efectos negativos al ambiente bajo objetivos particulares. La estructura de este Sistema se aprecia en la siguiente figura.



**Figura VI. 1 Estructura del Sistema de Manejo y Gestión Ambiental.**

El Sistema de Gestión y Manejo Ambiental permite visualizar el enfoque integral en la atención de los efectos al ambiente bajo los siguientes objetivos.

### **Objetivos generales**

1. Implementar las medidas para cada uno de impactos identificados en la presente MIA, para prevenir, mitigar y restaurar, según sea el caso, los posibles efectos derivados de los impactos ambientales relevantes y potenciales esperados en cada una de las etapas del proyecto.
2. Proponer las estrategias y acciones adecuadas para la mitigación de impactos, a través de programas ambientales cuya implementación pueda vigilarse mediante una supervisión y seguimiento.
3. Posibilitar la verificación del estricto cumplimiento de la legislación y la normatividad ambiental aplicable al proyecto.
4. Vigilar que, en relación con el ambiente, cada actividad o etapa del proyecto se realice acorde a las condiciones en las que se autorice el proyecto, de ser el caso.

A continuación se presenta una relación de los impactos ambientales que serán atendidos por cada uno de los Programas, los cuales incorporan las medidas de prevención, mitigación y/o compensación que garanticen la no afectación ambiental, manteniendo los impactos ambientales en niveles tales que no pongan en riesgo la integridad de los ecosistemas, hecho que deberá ser demostrado mediante las acciones de monitoreo ambiental de cada programa.

**Tabla VI. 2 Relación de impactos ambientales atendidos de acuerdo a los programas propuestos**

Componente	Impacto Ambiental	Programa
<b>Suelo</b>	Alteración a la calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de Supervisión y Gestión Ambiental</li> <li>• Programa de Manejo y Restauración de Suelos</li> <li>• Programa de Manejo Integral de Residuos</li> <li>• Programa Monitoreo de la Calidad Ambiental aguas abajo de la presa</li> </ul>
	Pérdida de suelos	
	Disminución del transporte de sedimentos aguas abajo de la cortina	
<b>Hidrología superficial</b>	Disminución de la cantidad de agua del flujo hidrológico aguas abajo de la cortina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de Supervisión y Gestión Ambiental</li> <li>• Programa Monitoreo de la Calidad Ambiental aguas abajo de la presa</li> <li>• Programa de Manejo Integral de Residuos</li> </ul>
	Alteración a la calidad del agua del flujo hidrológico	
<b>Aire</b>	Alteración a la calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de Supervisión y Gestión Ambiental</li> <li>• Programa de Control de Emisiones a la Atmósfera</li> </ul>
<b>Vegetación</b>	Pérdida de cobertura vegetal, incluyendo especies vegetales en la NOM-059-SEMARNAT-2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de Supervisión y Gestión Ambiental</li> <li>• Programa de Manejo Integral de Flora</li> </ul>
<b>Fauna</b>	Desplazamiento de individuos de especies de fauna terrestre y acuática, incluyendo especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de Supervisión y Gestión Ambiental</li> <li>• Programa de Manejo Integral de Fauna</li> <li>• Programa Monitoreo de la Calidad Ambiental aguas abajo de la presa</li> </ul>
	Afectación al hábitat	
	Pérdida de la conectividad	
<b>Paisaje</b>	Modificación del paisaje natural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de Supervisión y Gestión Ambiental</li> <li>• Programa de Manejo Integral de Flora</li> <li>• Programa de Manejo Integral de Residuos</li> </ul>

## **PROGRAMA DE SUPERVISIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL.**

El Programa de Supervisión y Gestión Ambiental del proyecto es la herramienta principal del Sistema de Gestión y Manejo Ambiental, y tiene como objetivo primordial orientar y coordinar todas las acciones previstas para el Sistema. Por tal motivo, el logro de las metas de todos los demás programas y subprogramas es verificado de manera sistemática a través de éste Programa para confirmar su congruencia con el cumplimiento de los objetivos del Sistema de Gestión y Manejo Ambiental.

### **Objetivos**

- Cumplir todas las obligaciones ambientales del proyecto en sus diversas fases de implementación incluyendo:
  - Los términos y condicionantes ambientales que la SEMARNAT imponga en caso de autorizar el proyecto.
  - La legislación y normatividad ambiental aplicable.
- Vigilar el cumplimiento de todas y cada una de las medidas de mitigación, prevención y/o compensación propuestas en la presente MIA-R, a fin de atenuar los posibles impactos ambientales adversos que pudieran generarse durante el desarrollo del proyecto.
- Ser un sistema de integración de la información y las comprobaciones documentales necesarias, que permita informar periódicamente a las autoridades ambientales, sobre el cumplimiento de las obligaciones ambientales y el desempeño ambiental del proyecto en cada programa, en caso de que se autorice.
- Registrar hechos significativos, ocurridos durante el periodo de supervisión de todas las etapas del proyecto.
- Promover la atención adecuada y oportuna de situaciones no previstas que puedan derivar en impactos ambientales.

## Metodología

### 1. Supervisión Ambiental

La supervisión ambiental del proyecto será la herramienta para verificar el cumplimiento estricto de las obligaciones ambientales establecidas, en caso de autorizarse el proyecto, así como las medidas de mitigación que se contemplan en la presente MIA-R.

### 2. Supervisión del proceso constructivo y de operación.

Establecer acuerdos específicos para garantizar que el responsable de la obra cumpla con las obligaciones ambientales durante la etapa de construcción del proyecto, y que lleve a cabo las obras y actividades conforme a los procesos de planeación y gestión previstos, dando especial atención a la identificación de cambios que requieran autorización oficial previa, y/o la implementación de medidas ambientales adicionales que aseguren la menor afectación ambiental.

### 3. Coordinación de los programas que integran el sistema de manejo y gestión ambiental

A partir de la supervisión y gestión ambiental, se coordinará y se dará directriz a los demás programas que integran el sistema para cumplir con los objetivos de cada programa, la normatividad aplicable y las condicionantes fijadas por la autoridad en caso de obtener una resolución positiva (ver siguiente figura).

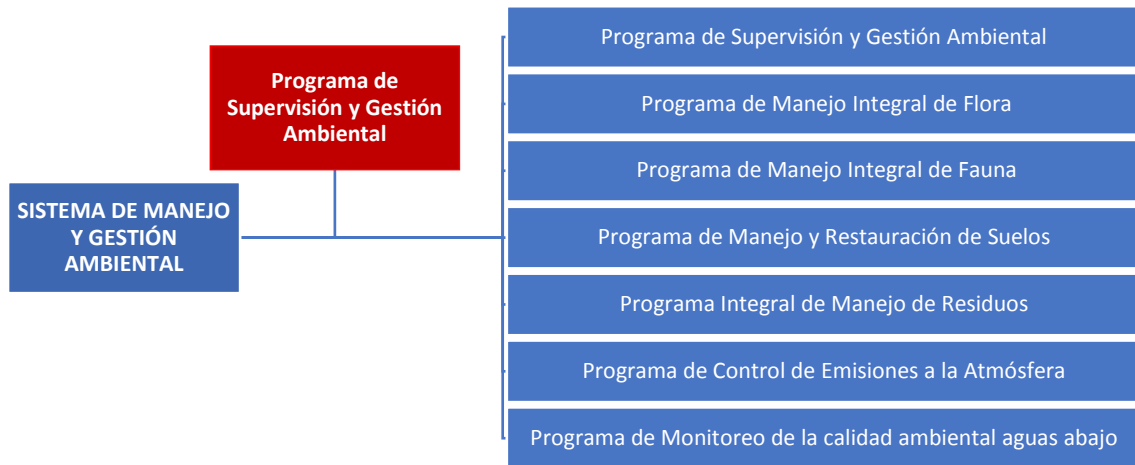


Figura VI. 2 Estructura y posicionamiento del Programa de Supervisión y Gestión Ambiental

Programa de actividades

Programa	SEMESTRES														QUINQUENIOS					
	Previo al inicio	Preparación del sitio						Construcción						Operación						
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6	
Supervisión y Gestión Ambiental	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Manejo Integral de Flora	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Manejo Integral de Fauna	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Manejo y Restauración de suelos	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Manejo Integral de Residuos	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Control de Emisiones a la Atmósfera	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Monitoreo de la Ambiental Aguas Abajo	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

Figura VI. 3 Programa de actividades correspondiente para todos los programas que integran el Sistema de Manejo y Gestión Ambiental.



## Responsables del seguimiento

### 1. Supervisor ambiental

Para la Supervisión Ambiental se requiere de un profesionalista del área químico biológica, con probada experiencia en el seguimiento de condicionantes establecidas en materia ambiental a proyectos constructivos. Este profesionalista deberá radicar preferentemente en el sitio donde se desarrollará el proyecto, o poder cambiar su domicilio a esa ubicación, a fin de verificar que el proyecto, en sus diferentes etapas, lleve a cabo las medidas establecidas para contrarrestar los efectos adversos que se pueden derivar. Sus funciones serán las siguientes:

- Verificar que el desarrollo del proyecto se realice en apego a los señalamientos establecidos en la autorización de impacto ambiental y la normatividad aplicable.
- Integrar el expediente del proyecto.
- Documentar la ejecución de acciones ligadas a las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del proyecto.
- Apoyar en la implementación de los otros programas que integran el SMGA.
- Atender cualquier situación extraordinaria con implicación en el ambiente, a fin de evitar efectos adversos.
- Elaborar informes semestrales a fin de atender los requerimientos en tiempo y forma.

### 2. Apoyo técnico

Se requiere de un profesionalista recién egresado del área química-biológica; con la capacitación suficiente para apoyar al supervisor ambiental, en diferentes tareas asociadas la supervisión ambiental de la construcción y operación del proyecto. Su función será apoyar al supervisor ambiental, en las actividades designadas.

## Indicadores de Seguimiento

- ✓ Cumplimiento de condicionantes establecidas en el resolutive en caso de ser positivo.
- ✓ Cumplimiento de los objetivos y medidas establecidas en cada programa de la presente MIA.

- ✓ Cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.
- ✓ Adecuado manejo y disposición de residuos sólidos.

## PROGRAMA INTEGRAL DE MANEJO DE FLORA

### Subprograma de Rescate

Objetivos:

1. Integrar un documento en el cual se establezcan las metodologías y técnicas adecuadas para la Conservación y Protección de la flora afectada por las obras de construcción del proyecto.
2. Identificar, seleccionar, rescatar especies endémicas y propias de la región, para su reincorporación en las áreas libres de acuerdo al diseño del proyecto, principalmente aquellas que se encuentran amenazadas o con algún estatus de protección según la NOM-059-SEMARNAT-2010.
3. Desarrollar acciones de extracción de individuos (y/o germoplasma) con algún estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010, o de especies que sean susceptibles de serlo.
4. Desarrollar las técnicas y métodos adecuados para el mantenimiento en un vivero cercano a la obra, y que contenga la infraestructura necesaria para el éxito de las actividades aquí propuestas para las especies que así lo requieran, al igual que el germoplasma recolectado para su adecuada propagación.

#### a) Especies que considera el programa.

De manera enunciativa más no limitativa, en el Capítulo IV de la presente MIA-R se presentan las especies principales susceptibles al rescate para su trasplante determinado por los especialistas, por su relevancia y para aquellas especies catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, como lo son *Cedrela odorata*, *Carpinus caroliniana*, *Alsophila firma* y *Ostrya virginiana*. Además de estas especies se considerara para su reubicación especies características del bosque mésofilo (individuos de tallas medianas o plántulas) como *Quercus affinis*, *Quercus xalapensis*, *Quercus sartorii*, *Quercus corrugata* y *Quercus skinneri*.

#### b) Número de individuos a rescatar.

Con base a la densidad encontrada en los muestreos se realizará la estimación del número de individuos a rescatar de cada especie.

**c) Sitios de trasplante.**

Los sitios de trasplante se elegirán de acuerdo a los siguientes criterios:

- Sitios libres de infraestructura dentro del polígono del proyecto
- Zonas con mayor propensión a la desestabilización.

**d) Técnicas de rescate.**

Para el rescate de flora se usarán tres técnicas; extracción completa con raíz desnuda, extracción con cepellón y reproducción vegetativa y por semillas. Estas técnicas que se sugieren son para casos especiales como epífitas o cactáceas, ya que siempre será mucho más conveniente el considerar plantas de viveros autorizados.

- *Extracción completa con raíz desnuda.*

Mediante este método se extraerá al ejemplar completo, evitando causar daño a las plantas. Este método se utilizará en ejemplares de tallas menores o hasta un máximo de 2.5 m de altura (dependiendo de su longevidad y grado de ramificación) y para especies que resisten la exposición a la intemperie de sus raíces desnudas. Este tipo de extracción se realizará también en ejemplares de tallas mayores, por lo que para facilitar el manejo de los ejemplares de porte robusto se podrá aplicar una poda de baja intensidad, a efecto de eliminar follaje, ramas o brazos.

- *Extracción con cepellón.*

Este método de rescate considera la salvaguarda de las estructuras principales de las plantas, tanto aéreas (ramas y brazos) como subterráneas (raíces), y la poda de estructuras secundarias que permitan su manejo. La extracción de los individuos se realiza con la parte del suelo (o tierra) que rodea las raíces del ejemplar (cepellón).

- *Reproducción vegetativa.*

Esta técnica realizada a partir de estructuras vegetativas (brazos o postes) o bien de semillas, representa un método de rescate que se recomienda cuando las características biológicas de la especie lo permiten y en el caso de que la sobrevivencia de las plantas rescatadas por otros métodos sea baja. La práctica con estructuras vegetativas, será utilizada con el material que resulte de las podas necesarias realizadas a ejemplares rescatados por otros métodos, con el fin de proteger y conservarlos, en reserva para el caso de que los ejemplares trasplantados presenten mortalidad significativa.

**e) Proceso general de rescate.**

1. Elección de experto técnico en el manejo de la especie.
2. Exploración del área y marcado de segmentos de manejo.
3. Identificación, elección y marcado de individuos.
4. Selección y acondicionamiento de sitios de trasplante.
5. Extracción o producción de las plantas.
6. Acarreo y/o traslado.
7. Trasplante.
8. Riego post-trasplante.
9. Cuidados post-sembrado y monitoreo de sobrevivencia

**f) Educación Ambiental y Difusión.**

Las actividades de difusión ambiental se dirigirán hacia los trabajadores involucrados en la obra. Se deberán ofrecer conferencias abordando temas sobre: las características ecológicas y la importancia del área, normatividad en materia de protección de flora y fauna y medidas de seguridad en el manejo de fauna. Además se deberá elaborar un folleto divulgativo con fotografías de las especies en estatus de protección.

**g) Secuencia de actividades para el rescate de la vegetación.**

1. Contratación de técnico especializado.
2. Delimitación de área de desmonte.

3. Identificación, selección y marcaje de plantas a rescatarse.
4. Selección y preparación del sitio de reubicación temporal o permanente.
5. Remoción de la vegetación factible de ser trasplantada.
6. Traslado de plantas a un sitio provisional para cicatrización.
7. Trasplante y plantado.
8. Monitoreo del trasplante.
9. Pláticas a trabajadores y distribución de tríptico.

#### **h) Indicadores de cumplimiento del subprograma**

- Total acumulado de número de plantas de especies nativas y propias de las regiones rescatadas.
- Dominio en las técnicas de rescate y trasplante, así como de producción y siembra de especies vegetales que se encuentran bajo algún estatus de protección según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

#### **Subprograma de revegetación**

Ante el compromiso del proyecto para la conservación y protección de medio ambiente, se llevará a cabo la implementación del Subprograma de Revegetación orientado al fortalecimiento y restauración del ecosistema como es el bosque mésofilo de montaña, a fin de conservar y proteger el valor ecológico, así como las bondades de los servicios ambientales que estos nos brindan.

Objetivos:

- Mitigar y compensar los daños ocasionados a las áreas forestales por las obras y actividades del proyecto, así como áreas desprovistas de vegetación o con susceptibilidad a ser reubicada.
- Determinar las especies, su proporción, densidad de plantación y superficie de reubicación.
- Determinar e implementar las técnicas y estrategias de replantación más adecuadas, considerando la geomorfología, pendiente, orientación y forma del terreno.

- Establecer las medidas correctivas en caso de sobrevivencia menor al 80% de individuos plantados.

Para ello se consideran como acciones principales las siguientes:

1. Identificación de las áreas a reubicar los individuos propios del bosque mésofilo.
2. Recolección de semillas, propágulos y/o plántulas.
3. Preparación del terreno a para el trasplante.
4. Mantenimiento del área de reubicación.

Los sitios a revegetar corresponderán aquellas áreas que de acuerdo al diseño del proyecto queden desprovistas de algún tipo de obra o infraestructura. Además de estas áreas se considerara la identificación dentro de la superficie del SAR de aquellas zonas degradadas, en las partes altas o laderas con pendientes pronunciadas, esto con la finalidad de disminuir la erosión aguas abajo con la revegetación. Cabe indicar que en estas zonas se deberán hacer las gestiones necesarias con los propietarios de los predios lo cual conlleva a un tiempo de gestión indeterminado. Por lo que una vez identificados estos sitios considerando que los propietarios de estos terrenos son ajenos a la promovente, se deberán llegar acuerdos para poder llevar a cabo estas actividades.

Indicadores de cumplimiento del subprograma.

- Total acumulado de la superficie de individuos reubicados con vegetación nativa de la región.
- Mejora constante de los procedimientos de trasplante.
- Incremento de la densidad de los elementos de la cobertura vegetal original.

Los avances que se registren en estos indicadores representarán además mayor conocimiento técnico y científico para la protección, conservación y creación de zonas con vegetación nativa de la región del Estado de Puebla.

### **Subprograma de Monitoreo**

Para comprobar la consolidación gradual de los anteriores subprogramas del Programa de Manejo Integral de Flora descritos anteriormente y el desempeño ambiental relacionado con la protección, conservación, rescate, revegetación o creación de vegetación nativa y propia de la región, se propone la implementación de un Subprograma de Monitoreo de la Vegetación del sitio del proyecto.

El subprograma se implementará antes del inicio de obras del proyecto y tendrá continuidad durante el proceso de construcción y en la fase de operación del mismo. Su ejecución permitirá evaluar de manera sistemática la estructura y calidad ambiental de los tipos de vegetación del sitio del predio, así como la efectividad de las medidas de control y mitigación propuestas. La finalidad del monitoreo es asegurar el mantenimiento y buen estado de conjuntos importantes de vegetación.

#### **Objetivos:**

- Vigilar la salud y calidad ambiental de los ecosistemas particularmente del bosque mesófilo de montaña, así como de la vegetación secundaria arbustiva/arbórea.
- Identificar medidas preventivas, correctivas o de minimización de impactos ambientales imprevisibles.
- Evaluar cuantitativamente los efectos ambientales del proyecto en los diferentes tipos de vegetación y la efectividad de las medidas propuestas para su mitigación.
- Establecer indicadores de éxito y calidad de las acciones autorizadas identificando causas naturales e inducidas.
- Generar información técnico-científica que soporte la toma de decisiones para el aprovechamiento sostenible de los recursos.

#### **a) Sitios de muestreo.**

Se propone realizar muestreos sistemáticos que posibiliten contar con datos cuantitativos de las zonas de vegetación del sitio del proyecto. Para ello, deben seleccionarse sitios de muestreo que se ubicarán en zonas representativas de las zonas de conservación previstas de vegetación como

es la vegetación secundaria de bosque mesófilo de montaña, con el propósito de tener una representación real de sus características.

Estos sitios deberán definirse en campo antes de que se inicien las actividades de preparación del terreno y deberá considerarse el primer monitoreo previo a cualquier actividad autorizada tomándose como referencia lo considerado en la presente MIA-R.

Los lugares seleccionados para el muestreo, se considerarán como Sitios Permanentes de Muestreo, por lo que serán ubicados geográficamente con GPS y representados en mapas. Lo anterior permitirá el poder observar en el tiempo sus cambios y la aplicación de medidas pertinentes al respecto.

**b) Estructura de la vegetación.**

Para las áreas sujetas a aprovechamiento y las áreas a conservar y aplicarle medidas de manejo, se considera mantener la estructura natural, y en casos aumentarla, para proveer de sitios de refugio, alimentación, escape y apareamiento de la fauna asociada a los tipos de vegetación presente.

c) Indicadores de vegetación a aplicar.

1. Cobertura de las áreas de revegetación (m<sup>2</sup>).
2. Estructura de las comunidades de vegetación natural de acuerdo a las unidades naturales correspondientes al sistema ambiental regional del proyecto (de acuerdo a los números de individuos por unidad de área).
3. Evaluación de sobrevivencia por área contabilizada por número de especies con información correspondiente en la fecha de revegetación.
4. Actualización de áreas revegetadas – áreas aprovechadas.

**d) Periodicidad del muestreo.**

Se recomienda realizar el muestreo de la vegetación cuando menos cada temporada (secas/humedad), la cual corresponde a las fechas cuando se presentan las lluvias intensas (mayo) a noviembre (humedad). Durante la etapa de construcción y en los subsecuentes 3 años, durante



la etapa de operación y mantenimiento. No obstante, se deberá efectuar una inspección de los sitios de muestreo por lo menos cada cuatro meses. Lo anterior con el propósito de determinar cualquier eventualidad que pudiera surgir en estos sitios y poder determinar la pérdida de las especies y del marcado de estas. También se deberá visitar las parcelas de muestreo como una medida para detectar perturbación en el suelo o sujeta a un siniestro.

**e) Métodos y Parámetros de monitoreo:**

- Medición de las especies arbóreas con diámetros igual o mayores a los 10 cm en Diámetro de Altura de Pecho, con la ayuda de una cinta métrica de metal o de tela.
- Identificación de las especies que se incluyen en el muestreo.
- Medición de la altura de las especies, por medio del uso distanciometro láser con medición de nivel y ángulo para determinación de altura instantánea.
- Determinación de distancia y rumbo de la ubicación de cada especie, por medio de brújula y distanciometro láser.
- Medición de la distancia de cada especie con respecto al centro de la parcela, con distanciometro láser.

**Indicadores de seguimiento para el Programa Integral de manejo de flora**

De acuerdo con lo anterior, el Programa Integral de Manejo de Flora integra los Subprogramas de Rescate, Revegetación y Monitoreo. Por lo que se establecieron indicadores generales que permiten obtener una visión general de los resultados obtenidos a partir de la aplicación del programa integral. Con lo anterior las medidas de éxito serán evaluadas con los resultados obtenidos y en consecuencia podrán representarse en mapas de distribución de los sitios muestreados con la información de línea base correspondiente al mapa de vegetación de la zona del proyecto. Todo lo anterior permitirá la determinación las medidas de acción a tomar, así como medidas de mitigación ante la presencia de impactos sobre las áreas monitoreadas.

- ✓ Número de individuos rescatados.
- ✓ Número de ejemplares rescatados en buenas y malas condiciones.
- ✓ Porcentaje de sobrevivencia de los ejemplares reubicados.

- ✓ Evaluación de la sobrevivencia de acuerdo con las condiciones fitosanitarias previas a la reubicación.
- ✓ Evaluación de la sobrevivencia de acuerdo con las condiciones fitosanitarias post – reubicación.
- ✓ Índice de mortandad de individuos utilizados en la revegetación
- ✓ Material fotográfico antes y después de la reubicación y revegetación.

### **Responsable de la ejecución**

Se considera la contratación de un biólogo, ingeniero forestal o un ingeniero ambiental, quien será el responsable, tal y como fue señalado, de supervisar las acciones que se implementen durante todas las etapas del proyecto. De ser necesario deberá contar con apoyo técnico durante las etapas de preparación del sitio y construcción para la reubicación de especies y revegetación

### **PROGRAMA INTEGRAL DE MANEJO DE FAUNA**

#### **Subprograma de Rescate**

Con la finalidad de mitigar al máximo posible los impactos a la fauna que pudiese generar el desarrollo del proyecto, se considera la implementación del Plan de Manejo de Fauna terrestre y acuática, el primero contempla el rescate y reubicación de individuos.

#### **Objetivos:**

- Proteger en el mayor grado posible la fauna en el sitio del proyecto.
- Identificar y rescatar individuos de especies de fauna silvestre, presentes en el área de desarrollo del proyecto; considerados bajo algún estatus de protección de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana **NOM-059-SEMARNAT-2010**, así como aquellas que en el ámbito local o regional estén consideradas bajo condición restringida en cuanto a su distribución y abundancia y/o por sus características de lento desplazamiento.
- Reubicar las especies rescatadas en hábitats adecuados para su sobrevivencia y propiciar el mantenimiento de estas áreas.

- Implementar estrategias de manejo y monitoreo que propicien la conservación y apreciación de fauna terrestre, acuática y aves de la región.

**a) Estrategias para la implementación del subprograma**

*Garantizar la realización de acciones de rescate antes del desmonte.*

El rescate de fauna aunque será prácticamente una acción exclusiva de las etapas de preparación del terreno y construcción, deberá prever realizarla durante las etapas de operación y mantenimiento del proyecto, esto derivado de que en ocasiones la fauna pueda estar merodeando en el área del proyecto en su etapa operativa. No obstante, es especialmente crítica su importancia en las dos primeras etapas, por lo cual, antes del inicio de la etapa de preparación del terreno y simultáneamente a la campaña de rescate de vegetación, en cada sitio autorizado para desmontar se deberá implementar la campaña de rescate de fauna con especial énfasis en especies de poca movilidad como pequeños mamíferos que usan cuevas o cavidades y nidos de aves que puedan ser reubicados. Cada ejemplar rescatado, será identificado y registrado en una bitácora, para posteriormente ser trasladado hacia áreas de conservación o a las zonas designadas por los especialistas.

*Aplicación de acciones de rescate.*

La estrategia fundamental para proteger a los animales silvestres es la de mantener la diversidad de los hábitats. Esto asegura la disponibilidad de los distintos medios para su sobrevivencia. Es de esperarse que dada la libre movilidad de los animales, especialmente aves, reptiles y mamíferos, y su sensibilidad a la perturbación (tránsito de personas y maquinaria, ruido), éstos abandonen por sí mismos la zona a desmontar ocupando los hábitats disponibles en otras zonas. En el caso de pequeños mamíferos de ámbito hogareño reducido cuyo micro hábitat se verá directamente modificado, por lo que es de esperarse al incrementarse la perturbación una parte de sus poblaciones de manera natural, abandonen sus madrigueras y se desplacen a las inmediaciones del predio.

**b) Criterios de elegibilidad de grupos o especies a proteger.**

Conforme la opinión de los especialistas participantes en esta MIA-R, los grupos o especies a proteger se eligieron con base a tres criterios:

- *Especies con ámbito hogareño pequeño y de distancias de dispersión cortas (baja movilidad).*
- *Hábitats críticos y/o zonas de reproducción.*
- *Especies de protección legal de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.*

**c) Estrategias y métodos de protección.**

- *Mantener la diversidad de los hábitats.*
- *Protección de individuos de ámbito hogareño pequeño/baja movilidad.*
- *Rescate y reubicación de organismos de baja movilidad.*
- *Educación ambiental.*

**d) Grupos y especies a proteger.**

1. *Herpetofauna*

Las estrategias para la protección de este grupo faunístico serán:

- La inducción del desplazamiento o ahuyentamiento. Previo al inicio de actividades de desmonte en cada área a desmontar se realizarán recorridos a pie en las horas de mayor actividad. El tránsito del personal inducirá el abandono del área de los individuos más sensibles a la perturbación, dando como resultado un desplazamiento inducido.
- De rescate (captura y reubicación) de especies que estén incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Cabe señalar que una de especie bajo alguna categoría de protección para este grupo identificada en campo corresponde a *Plectrohyla arborescandens* para la cual se realizaran acciones de ahuyentamiento: mediante

el uso de sirenas y altavoces se realizará en un horario de 6:00 pm – 10:00 pm, debido a que los anfibios suelen tener actividades nocturnas.

- La localización de individuos de *Plectrohyla arborescandens* se realizará mediante recorridos en el área de afectación del proyecto, revisando los microhábitat potenciales en donde se pudieran encontrar estos organismos, principalmente lugares con alta humedad, entre la vegetación densa, troncos de árboles, huecos, troncos caídos, entre la hojarasca y grietas. Esta especie cuando se siente amenazada, suele buscar un refugio debajo de rocas, o entre la vegetación acuática (CONABIO, 2014).
- Acciones de captura y traslado: en caso de ser necesario se llevarán a cabo acciones de captura y traslado de anfibios, para ello se utilizarán técnicas indirectas como trampas tipo cilindro y el método de baya de desvío. El cual consiste en colocar una baya metálica o plástica de 50 cm de ancho por varios metros de largo y enterrar cubetas de 20 litros en el piso con hoyos para desagüe, con la finalidad de que los especímenes caigan dentro de la cubeta, tal como se muestra en la siguiente figura.

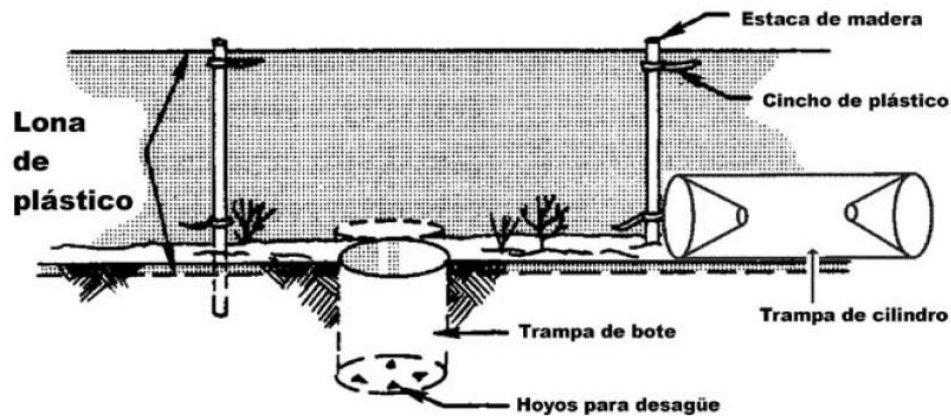


Figura VI. 4 Método de baya de desvío y trampa tipo cilindro (Heyer *et al.* 2001).

- Se usarán contenedores de plástico con hoyos que permitan la libre respiración de los individuos. Además, los contenedores serán humedecidos constantemente para evitar la

deshidratación de los especímenes y como medida adicional los individuos serán separados para su transporte por sexo y talla.

- Los individuos serán liberados en zonas del SAR con características bióticas y abióticas similares a los lugares de captura y el traslado de dichos individuos no durará más allá de 18-24 horas.

**Bitácora para el registro de herpetofauna**

A continuación se muestra una propuesta de la bitácora que se tendrá para el registro de herpetofauna (especies susceptibles de reubicación como *Plectrohyla arborescandens*, *Lithobates berlandieri*, *Scincella silvícola* y *Lampropeltis triangulum*).

FICHA PARA EL REGISTRO DE ANFIBIOS			
Nombre del observador:		Fecha:	
Tipo de vegetación:		Municipio:	
Condiciones climáticas: a) Soleado b) Nublado c) Lluvioso		Localidad:	
Hora	Especie	Ubicación geográfica (UTM)	Observaciones

**Figura VI. 5 .Propuesta de bitácora de registro de herpetofauna.**

2. Aves

La estrategia para la protección de las aves terrestres será ofertar sitios alternativos de refugio y sitios de perchado y dormideros para aves pequeñas. Por lo que se deberá construir estructuras de madera, cubiertas por vegetación que proporcionarán sitios de percheo, refugio y dormidero para aves pequeñas.

Cabe señalar que las especies registradas bajo una categoría de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 corresponden a *Aulacorhynchus prasinus*, *Eupsittula nana* y *Psittacara holochlorus*, por lo cual se pondrá vital atención en su reubicación y rescate a través de las siguientes acciones:

-Muestreos de recuento por puntos: se realizará por al menos dos personas situadas en puntos estratégicos de observación en el área del proyecto (copas de árboles, cerros o torres de observación) de manera simultánea. Cada observador contará los individuos que pasen, la hora de avistamiento y registrará los rumbos que siguen, lo cual servirá para desechar registros repetidos. Los horarios en los que se realizarán los muestreos podrán ser desde el amanecer hasta las 11:00 am o de 3:00 pm hasta el anochecer (Gallina-Tessaro & López-González, 2011).

-El muestreo de recuento por puntos servirá para identificar áreas de dormideros, nidos y crianza. En caso de que dichas áreas se encuentren dentro de las zonas de afectación directa del proyecto, se procederá a identificar y marcar con listones visibles, de colores llamativos, los árboles en donde se encuentren los nidos.

- Como primera opción se buscará la preservación de los árboles en los que haya nidos, hasta que los polluelos desarrollen el emplumado y abandonen el lugar por si solos y en caso de que únicamente existan individuos adultos se procederá a realizar acciones de ahuyentamiento con sirenas y altavoces.

- Como acción final, se buscarán nuevas áreas de dormideros y se registrará nuevamente el número de especímenes mediante el método de muestreo de recuento de puntos.

### Bitácora para el registro de aves

A continuación se muestra una propuesta de la bitácora que se tendrá para el registro de aves.

FICHA PARA EL REGISTRO DE AVES				
Nombre del observador:			Fecha:	
Tipo de vegetación:			Municipio:	
Condiciones climáticas: a) Soleado b) Nublado c) Lluvioso			Localidad:	
Hora	Especie	Ubicación geográfica (UTM)	Observaciones	Núm. de huevos o polluelos

Figura VI. 6. Propuesta de bitacora de registro de aves.

#### 3. Mamíferos

La mayoría de los mamíferos presentes por su fácil movilidad migrarán hacia zonas limítrofes con las áreas a desmontar y las acciones de ahuyentamiento. La estrategia de protección será que se concientice al personal para evitar que sean cazados o molestados.

#### 4. Ictiofauna (Ver Inciso “g”)

#### e) Actividades para el rescate de fauna

1. Contratación de técnico especializado
2. Delimitación de área de desmonte
3. Recorridos para identificación de madrigueras
4. Construcción de sitios alternativos de refugio
5. Rescate y reubicación de herpetofauna
6. Monitoreo
7. Sesiones informativas para trabajadores y distribución de tríptico
8. Entrega del reporte de actividades a la autoridad



**f) Cuidado y la recuperación de la fauna rescatada**

Los ejemplares de fauna rescatados durante las etapas de preparación del terreno, construcción, operación o mantenimiento del proyecto, identificados y registrados en buenas condiciones serán trasladados de la manera más inmediata posible a áreas de conservación semejantes a su hábitat o sitio de captura, lo que favorecerá la pronta recuperación de la fauna rescatada. En caso de organismos incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se comunicará a la autoridad competente y bajo su supervisión, se procederá al traslado en sitios autorizados.

**g) Programa de manejo de fauna acuática**

En particular, para la elaboración del Programa de Manejo de Fauna Acuática, se considera la recopilación de información y elaboración de estudios tres meses antes del inicio de las obras o actividades. Este Programa tendrá los siguientes alcances:

1. Determinar la distribución y riqueza de especies acuáticas (peces, decápodos, anfibios) en el tramo de afectación.
2. Determinar la distribución de estos mismos componentes en la microcuenca.
3. Analizar con la información disponible de campo y bibliográfica, que tan biodiversa es la microcuenca en comparación con otras de la misma subcuenca u otras regiones de Puebla.
4. Determinar y caracterizar la estructura comunitaria por hábitat, de aquellas comunidades que puedan ser empleadas como bioindicadores por ser dos de las comunidades con las que se tiene más experiencia en el ámbito internacional se proponen los peces y los decápodos.
5. Determinar y caracterizar los diferentes hábitats presentes en el tramo a afectar y en otros tramos de la microcuenca con la finalidad de establecer las preferencias ambientales de los peces y los decápodos.
6. Establecer las medidas correspondientes para prevenir, mitigar y compensar los impactos identificados a la fauna acuática.

### **Subprograma de Monitoreo**

El Subprograma se implementará antes del inicio de obras del proyecto y tendrá continuidad durante el proceso de construcción y en la fase de operación. Su ejecución permitirá evaluar de manera sistemática los aspectos previstos relacionados, así como la efectividad de las medidas de control y mitigación propuestas.

Los objetivos principales del monitoreo son:

- Evaluar los efectos ambientales del proyecto sobre los recursos faunísticos del sitio y zona de influencia del proyecto, para definir estrategias de mitigación.
- Generar información técnico-científica que soporte la toma de decisiones para el aprovechamiento sostenible de los recursos.
- Generar información que permita definir planes y programas de conservación de especies críticas.

El monitoreo permitirá evaluar la permanencia o desplazamiento de la fauna y patrones de interacción entre las especies. A través de este Subprograma de monitoreo y del análisis integrado que se realice, se podrá también evaluar el grado de integridad ecológica de los ecosistemas, entendiendo esta última como el estado de los valores de los componentes bióticos del sistema.

#### **1. Parámetros para el monitoreo**

El estado de la fauna del sistema se evaluará mediante algunas especies o grupos indicadores que reflejen el estado de la integridad ecológica de todo el sistema. Considerando que existen especies que indican perturbación, así como especies que indican un buen estado de conservación, así como especies cuyo status las hacen de interés particular, por ejemplo especies reportadas en los libros rojos de la UICN, CITES y de la NOM-059-SEMARNAT-2010, los indicadores seleccionados para el monitoreo de fauna fueron los que se describen en la siguiente tabla.

**Tabla VI. 3 Indicadores sugeridos para el programa de monitoreo de fauna en sitio del proyecto.**

Parámetro	Definición
<b>Riqueza específica</b>	Es el conjunto de especies de un taxón dentro de un área determinada. Se propone evaluar en aves, mamíferos, reptiles y anfibios.
<b>Abundancia relativa</b>	Es la proporción del tamaño poblacional de una especie con respecto al total de la población de las especies simpátricas, en el grupo de interés.
<b>Índice de diversidad de especies</b>	Se estima utilizando la riqueza específica y sus abundancias relativas. Se utilizará el índice de Shannon-Wiener.
<b>Indicadores biológicos</b>	Especies o grupos de especies que reflejan el estado de integridad ecológica del sistema.
<b>Especies de interés particular</b>	Son especies elegidas por razones obvias de conservación tales como su status de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 o carismática.

## 2. Monitoreo y Sitios de muestreo.

El monitoreo de fauna recomendado para el sitio del proyecto contempla tres tipos básicos de actividades: Monitoreo de Biodiversidad, Monitoreo de Impacto y Monitoreo de Especies de interés particular.

El monitoreo se propone en dos etapas. La primera etapa corresponde a los estudios de inventario previos a la preparación del terreno (esta etapa de monitoreo estará asociada a las actividades de rescate) y cada 6 meses durante la construcción del proyecto. Para la segunda etapa, se plantea que el programa de monitoreo se realice dos veces al año.

Se propone registrar los cambios generales en la biodiversidad utilizando 5 grupos indicadores de vertebrados: aves, mamíferos, anfibios y reptiles y peces. Considerando los 5 grupos de indicadores y la diversidad de fauna representativa en la zona del proyecto, se propone utilizar ejes de muestreo, sobre los que cruzarán transectos y sobre dichos transectos se localizarán puntos de muestreo.

### 3. Métodos para el monitoreo de la fauna

Existen varios métodos para el monitoreo de fauna. Los más detallados, y por lo general los más costosos, son aquellos en los que media la captura de los animales. Esta técnica permite obtener información tal como sexo, edad, peso y tamaño de los individuos. Además, los animales pueden ser marcados para luego ser identificados en eventuales recapturas durante el monitoreo. Técnicas de radio-telemetría son otro tipo de marca que permiten estimaciones precisas sobre ámbitos de hogar e información de movimientos y preferencia de hábitats de los animales bajo estudio.

Los métodos que se aplicarán para el monitoreo en el sistema serán:

#### 1. *Método de captura*

Con el objeto de realizar estudios de manejo y gestión a veces es necesario realizar captura de animales silvestres. Se considera el aplicar mediciones directas como pueden ser instalación de trampas tipo Sherman en el caso de roedores, en reptiles instalar piezas que almacenen e irradien energía calorífica como puede ser concreto o plástico solidó como punto de atracción. Para los mamíferos medianos se utilizarán trampas Tomahawk de diferentes tamaños, plegables o fijas, con una o dos puertas abatibles.

#### 2. *Método de conteo por transecto*

Se cuentan los animales observados en un determinado recorrido. Se seleccionan transectos de una misma distancia distribuidos a lo largo del sistema. Cada recorrido debe realizarse de forma tal que el tiempo de observación invertido en cada transecto sea el mismo.

También se debe escoger una distancia mínima de detección a cada lado del transecto, puede ser 1 metro reptiles y mamíferos y de 30 metros considerando aves. En este caso al finalizar el recorrido se tendría el número de individuos observados en una distancia de 1 Km. por 60 m de ancho para un total de 60,000 m<sup>2</sup> (6 ha).

Si las especies bajo monitoreo tienen hábitos nocturnos, se requiere realizar los conteos durante la noche. En caso que se conociera que una especie es más activa al atardecer o al amanecer, este

debe ser el horario óptimo para realizar los conteos, pues así habría una mayor probabilidad de detección de los individuos.

### *3. Método de conteo indirecto de rastros*

Para el conteo de rastros se deben también establecer varios transectos fijos de igual longitud, los cuales deben recorrerse en forma sistemática cada cierto tiempo e idealmente durante un mismo horario. Los rastros contabilizados deben permitir la identificación precisa de la especie que los dejó.

Los rastros más comunes que se encuentran son huellas, excrementos, piel (reptiles), marcas en troncos, rascaderos, madrigueras, echaderos de descanso, partes de cuerpos (presa o evidencia de restos dejados por depredador), y olores.

Este componente estará soportado con información de guías especializadas en cada una de las especies a considerar. También con información recopilada en campo y las fuentes bibliográficas que describen los hábitos de especies de zonas definidas como es la zona del proyecto.

### **4. Selección de especies**

Es recomendable escoger especies que por sus hábitos se facilite la detección y registro de huellas por parte de los técnicos que lleven a cabo el monitoreo. Lo anterior no exime la toma de datos en campo de las no mencionadas existentes dentro del área de monitoreo. Las especies que se proponen como base son aquellas identificadas en el sitio del proyecto, durante la caracterización ambiental y que han sido reportadas en el Capítulo IV de la presente MIA-R.

Los esfuerzos a aplicar con respecto a las especies citadas en el Capítulo IV, serán adaptados considerando que no todas las especies tienen los mismos hábitats y hábitos.

En este caso con referencia a los hábitats se considera el cubrir los presentes en el proyecto y en el caso de hábitos de las especies considerar muestreos correspondientes a diurnos y nocturnos. Con especies pequeñas de mamíferos y reptiles los cuales no dejan huellas o señales muy visibles para una fácil identificación de las especies menores, se considera la instalación de trampas

La metodología sugerida en este componente de monitoreo pues ser aplicada a cualquier especie, no obstante a continuación se propone con referencia a las especies representativas del área del proyecto, estas considerando las zonas de conservación y protección del área del proyecto.

### **Responsable de la ejecución**

Se considera la contratación biólogo un ingeniero forestal o un ingeniero ambiental, quien será el responsable, tal y como fue señalado, de supervisar las acciones que se implementen durante todas las etapas del proyecto. De ser necesario deberá contar con apoyo técnico durante las etapas de preparación del sitio y construcción para el rescate y reubicación de especies.

### **Indicadores de seguimiento para el Programa Integral de Manejo de Fauna**

Toda la información recopilada en campo será capturada en una base de datos específica para fauna. Lo anterior permitirá el analizar las variables tomadas en campo de cada uno de los transectos hechos en la zona del proyecto. Los indicadores de seguimiento propuestos para éste Programa son:

- Total acumulado de número de ejemplares de fauna rescatados y reubicados.
- Número de capturas en días sucesivos; para el caso de rescate en días consecutivos, en los que se determina el número acumulado de capturas, de tal forma que se pueda estimar el nivel de saturación de capturas, a partir del cual se puede determinar que ya se han rescatado o ahuyentado la mayor parte de los individuos.
- Total acumulado del número de especies de fauna registradas en el sitio del proyecto, que se hayan encontrado bajo algún estatus de protección según la NOM-059-SEMARNAT-2010.
- Área cubierta por el rescate y su relación con la superficie total del proyecto.
- Tendencias poblacionales de la fauna del ecosistema posterior a la ejecución del proyecto.

Cabe señalar que se darán los avisos anticipados de acción y la presentación de reportes de actividad y resultados de la implementación del Programa Integral de Manejo de Fauna ante la autoridad correspondiente.

## **PROGRAMA DE MANEJO Y RESTAURACIÓN DE SUELOS**

Este programa se crea con la finalidad de establecer e implementar las medidas necesarias para prevenir, mitigar y compensar los posibles impactos ambientales en el suelo y a la vez, dar cumplimiento a la normatividad y legislación ambiental aplicable en la materia. Este programa se aplicará principalmente durante la etapa de preparación del sitio y construcción, asimismo aplica para cualquier tipo de obra o actividad que requiera la remoción de suelo dentro del área del proyecto.

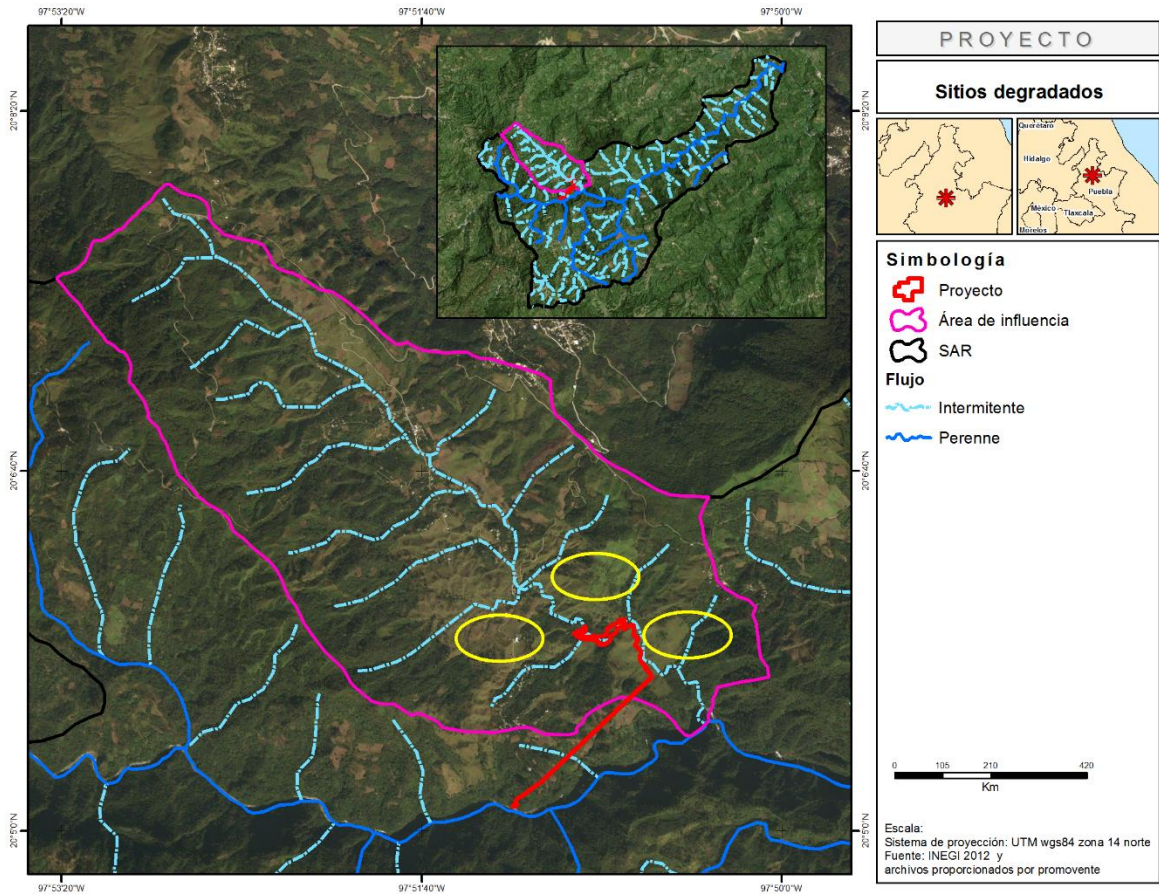
### **Objetivos**

- Establecer las acciones a seguir para remover, transportar y conservar en las mejores condiciones posibles los horizontes orgánicos de los diferentes tipos de suelos existentes en el SAR y que se verán directamente afectados por las actividades de desmonte y despalle del proyecto.
- Reducir el arrastre de sedimentos río arriba por efecto de la erosión hídrica.

#### *a) Medidas*

##### **1. De protección de la erosión**

- Se acumulará la mayor cantidad de suelo orgánico para que, una vez concluidas las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, sea empleado para cubrir áreas perturbadas, y como acolchado en las cepas elaboradas para la revegetación con especies nativas.
- Estabilizar suelos por medio de la revegetación con especies nativas en zonas degradadas en las partes altas (dentro del SAR), para reducir el azolve y la acumulación de sedimentos en la presa (ver siguiente figura), cabe señalar que para realizar estas actividades se requieren de acuerdos con los propietarios de estos espacios.



**Figura VI. 7. Localización de sitios con cobertura vegetal degradada (amarillo) cercanos al proyecto.**

- Se llevara a cabo la revegetación de las áreas desprovistas de cobertura vegetal, como son los bancos de disposición o tiro de materiales, patios de maniobras, áreas de almacén e instalaciones provisionales en la superficie del proyecto.

## 2. De protección de la contaminación

- Supervisar las actividades de mantenimiento de maquinaria a fin de que se lleven a cabo dentro de los parámetros establecidos, y así evitar los derrames accidentales de grasas, aceites u otros contaminantes sobre el suelo.
- Las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria y equipo sólo podrán realizarse en el área asignada para ello (Patio de maniobras). Adicional a esto,



deberá cubrirse el suelo natural con un material impermeable como polietileno de alta densidad para poder llevar a cabo el mantenimiento y reducir el riesgo de contaminación en caso de derrames.

- Se deberá dar seguimiento al Programa Integral de Manejo de Residuos para reducir el riesgo de derrames accidentales de residuos peligrosos y evitar la contaminación con residuos sólidos no peligrosos.
- En caso de que accidentalmente ocurra un evento de contaminación, se llevará a cabo la limpieza y restauración de superficies. De ser necesario se presentará en programa de remediación correspondiente mediante el procedimiento establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión de los Residuos.
- Se llevará a cabo el registro de los derrames accidentales que ocurran, así como las medidas tomadas para la contención y remediación del suelo contaminado.

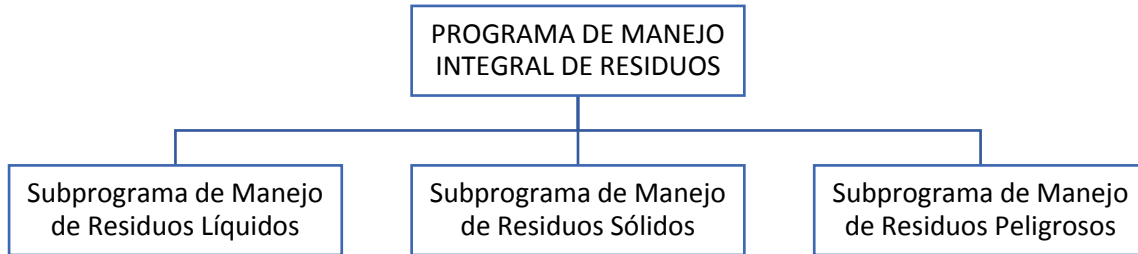
#### **Indicadores de seguimiento para el Programa de Manejo y Restauración de Suelos.**

- ✓ Volumen de suelo orgánico rescatado y aplicado a la restauración para ser conservado > 90 %
- ✓ Superficie que presenta cobertura total con especies nativas.
- ✓ Porcentaje de cubierta herbácea y grado de consolidación >85% después de las actividades de restauración y revegetación en las zonas delimitadas para ello.
- ✓ Registro de los derrames accidentales.

#### **PROGRAMA INTEGRAL DE MANEJO DE RESIDUOS**

La implementación del proyecto en sus etapas de preparación del sitio y construcción conllevará necesariamente la generación de residuos líquidos, sólidos y peligrosos, tal y como se refiere en el Capítulo II de esta MIA-R. Con la finalidad de disminuir al máximo los riesgos de contaminación al suelo, a la hidrología superficial y al manto freático se propone el Programa de Manejo Integral de Residuos. Este Programa se integra por tres subprogramas: Subprograma de Residuos Líquidos, Subprograma de Residuos Sólidos y Subprograma de Residuos Peligrosos.

En la siguiente figura se ilustra en el siguiente diagrama la estructura del Programa de Manejo Integral de Residuos.



**Figura VI. 7 Estructura del Programa de Manejo Integral de Residuos**

### **Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos**

El Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos ha sido diseñado y será implementado con la finalidad de evitar el riesgo de contaminación al suelo, subsuelo y cuerpos de agua, y al mismo tiempo dar cumplimiento a la normatividad y legislación ambiental aplicable en materia.

#### **Objetivos**

- Realizar un manejo adecuado de los residuos líquidos que se generen en el proyecto en sus distintas etapas.
- Disminuir el riesgo de contaminación de suelo, agua y ecosistemas por residuos líquidos.
- Proveer servicios sanitarios para los trabajadores en todas las etapas del proyecto.

#### *a) Metodología*

1. Se contratará a una empresa que rente los sanitarios portátiles y les de mantenimiento regular, disponiendo adecuadamente los residuos.
2. Se requerirá un sanitario por cada 15 trabajadores, mismos que se colocarán estratégicamente en los sitios de concentración de trabajadores y en el frente de obra. Los sanitarios se moverán conforme avancen los trabajos.
3. Para la operación, se contará al menos con un sanitario portátil o letrina por cada 15 empleados, para uso de los empleados que se encarguen del funcionamiento del proyecto, y los que den mantenimiento a la infraestructura.

*b) Medidas de urgente aplicación*

En el caso de que algún sanitario derramara los líquidos contenidos, sea por falla del equipo, destrucción accidental del depósito, o cualquier otra causa que ocasione el derrame de los residuos contenidos en uno o varios de los sanitarios, se procederá como sigue:

1. Informar al prestador del servicio para que acuda al sitio y lleve a cabo la limpieza de (los) sitios afectados.
2. Identificar las causas de falla, si es resultado de las condiciones de los sanitarios, se solicitará a la empresa que lo reemplace.
3. En el caso, de que trabajadores de la construcción estuvieran implicados, se les hará partícipes de las acciones de limpieza y serán advertidos de la posibilidad de remoción de sus puestos, en caso de reincidencia.
4. Incrementar la vigilancia en el uso de los servicios sanitarios, así como del mantenimiento de los equipos.

**Subprograma de Manejo Residuos Sólidos**

Para los fines del presente Subprograma, se ha previsto implementar una serie de acciones que se han organizado en dos fases (ver siguiente figura), para proporcionar un manejo adecuado a los residuos sólidos que se generarán en el proyecto.



Figura VI. 8 Diagrama de la estrategia para el manejo de residuos sólidos.

### Objetivos

- Identificar, clasificar y separar los residuos generados en las diferentes etapas del proyecto, de acuerdo con las normas y disposiciones legales aplicables y criterios de buenas prácticas de gestión ambiental.
- Coordinar la recolección y almacenamiento temporal de los residuos generados, de conformidad a las normas oficiales mexicanas y disposiciones legales en materia ambiental.
- Disponer adecuadamente los residuos generados en las distintas etapas del proyecto, de acuerdo con las normas y disposiciones legales aplicables.
- Establecer un sistema de reciclaje dirigido a los empleados, para la separación, manejo y almacenamiento temporal adecuado de los residuos.

#### a) Metodología

##### 1. Fase Interna

La fase interna en la Estrategia de Residuos Sólidos, transcurre dentro de las instalaciones; colectando, identificando, separando y preparando los residuos, para que sean enviados a un sitio de manejo o disposición final debidamente autorizado.

### **1.1. Identificación previa, separación y envasado.**

Los diferentes tipos de residuos sólidos que sean generados durante el proceso de construcción del proyecto, deberán ser identificados, separados y colocados en bolsas de polietileno, las cuales serán almacenadas temporalmente en tanques de 200 litros en buen estado y con tapa, y posteriormente trasladados y depositados en los sitios autorizados por la autoridad. Posteriormente se dará un manejo diferenciado en función del tipo de residuo, fuente generadora, mecanismos previstos de recolección, confinamiento y disposición final.

Acciones a considerar en el manejo de residuos para un manejo adecuado de los mismos:

- Las instalaciones deberán tener definida y señalizada una ubicación para los sistemas y equipo de manejo de los residuos sólidos.
- Los sitios donde se colocarán los depósitos, deben ser de fácil acceso y estar debidamente señalizados.
- No permitir que los contenedores se rebosen y mantenerlos cerrados.
- Mantener las áreas limpias y ordenadas.

### **1.2. Recolección interna y almacenamiento temporal**

Los residuos sólidos generados durante la construcción del proyecto serán separados en residuos inorgánicos (reciclables y no reciclables) y orgánicos, se trasladarán al almacén temporal de residuos, donde permanecerán hasta su recolección externa.

Los de manejo especial se colectarán en camiones de volteo para su traslado al vertedero de materiales de construcción y excavación autorizado.

## **2. Fase Externa**

La fase externa en la Estrategia de Residuos Sólidos, se da fuera de las instalaciones ya que implica el traslado para la disposición final de los residuos sólidos (urbanos, reciclables o de manejo

especial) en el vertedero municipal, vertedero de materiales de construcción, o en los sitios donde puedan reciclarse, cuando sea el caso.

### **2.1. Recolección externa y disposición final**

La actividad de recolección externa se llevará a cabo a través de una empresa autorizada prestadora del servicio cuando se trate de residuos orgánicos generados por los trabajadores, así como inorgánicos reciclables y no reciclables. Los residuos sólidos no peligrosos, se enviarán a disposición al Relleno Sanitario autorizado.

Para la disposición de los residuos de manejo especial derivados del proceso de construcción, se contratará a una empresa de transporte autorizada que conducirá los residuos al sitio de disposición final o, en su caso, al centro de acopio para reciclaje.

#### *b) Medidas de urgente aplicación*

La necesidad de implementar medidas urgentes, puede derivarse de una disposición inadecuada ya sea por causas involuntarias como un accidente, descompostura del vehículo de transporte o por ignorancia o negligencia. Cualquiera que sea la causa, las medidas que procederán serán las siguientes:

- Recoger los residuos del lugar donde fueron dispuestos inadecuadamente.
- Trasladarlos al sitio de reciclaje o al lugar de disposición final.
- Si se ocasionaron daños a la vegetación y están fuera de las áreas de desplante del proyecto, se procederá a su restauración.
- Se advertirá a los trabajadores involucrados de la situación y la posibilidad de separación del cargo ante reincidencia.

#### *a) Monitoreo*

La generación de residuos sólidos se registrará en una bitácora que contenga el tipo de residuo generado (reciclable, no reciclable u orgánico), cantidad generada, fecha de recolección, nombre de la empresa encargada de la recolección, destino y nombre del responsable técnico de la bitácora.

### **Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos**

Con la finalidad de dar cumplimiento a la legislación y normatividad ambiental aplicables, para un manejo adecuado de los residuos peligrosos que serán generados en las diferentes etapas del proyecto, se implementará el Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos, integrado por una serie de actividades de manejo y control, tal como se define en la legislación aplicable en materia de residuos.

#### **Objetivos**

- Implementar acciones para proporcionar un manejo adecuado a los residuos peligrosos que se generen durante las diferentes etapas de desarrollo del proyecto.
- Verificar que el área para el almacenamiento temporal de los residuos peligrosos cuente con la infraestructura apropiada para éstos.
- Verificar que el transporte y disposición final de los residuos peligrosos se realice por empresas debidamente acreditadas, y autorizadas, a los sitios de disposición final autorizados.
- Supervisar la atención de incidentes relacionados con residuos y sustancias peligrosas.

#### *b) Metodología*

Los residuos peligrosos son aquellos que por sus características son corrosivos, reactivos, tóxicos, explosivos, inflamables o biológico-infecciosos, y deben disponerse de forma adecuada conforme a la reglamentación y normatividad vigentes.

Este tipo de residuo se generará principalmente en la etapa de construcción del proyecto, debido al funcionamiento de la maquinaria y equipo. La estrategia para el adecuado manejo de los residuos peligrosos (ver Figura VI. 9 figura) comprende dos fases. La primera denominada interna, transcurre dentro de las instalaciones; colectando, identificando, separando y preparando los residuos para que sean enviados a un confinamiento autorizado de residuos peligrosos, o a una planta de tratamiento autorizada. A esta fase de disposición se ha denominado externa.



Figura VI. 9 Diagrama de la estrategia de manejo de residuos peligrosos.

## 1. Fase Interna

### 1.1. Identificación, separación y envasado.

Los diferentes tipos de residuos peligrosos que se prevé sean generados durante las diferentes etapas del proyecto los cuales deberán ser identificados previamente, para después ser envasados, etiquetados y posteriormente almacenados, de manera temporal, en contenedores de plástico o metálico según corresponda, en los sitios específicos para su almacenamiento. Lo anterior con el fin de entregarlos periódicamente a una empresa autorizada para el transporte, manejo y disposición final de residuos peligrosos.

A cada tipo de residuo identificado se le dará un manejo diferenciado conforme a su potencial de riesgo, el cual dependerá del tipo de residuo, ya sea líquido o sólido (solventes, aceites, estopa con pintura y residuos de pinturas), y de su fuente generadora (mantenimiento de equipo y maquinaria, etc.), así como del manejo y disposición final previstos. Por el tipo de proyecto, se requerirán grasas, aceites y lubricantes para los vehículos; así como pinturas y solventes para las estructuras.



## 1.2. Recolección interna y almacenamiento temporal

Durante la etapa de construcción del proyecto se instalará un almacén temporal de residuos peligrosos, el cual cumplirá con las especificaciones básicas para el almacenamiento temporal de sustancias peligrosas en exteriores establecidas por el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, que son:

1. Estar separadas de las áreas de servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas.
2. Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones.
3. Contar con dispositivos para contener posibles derrames, como pretiles de contención o fosas de retención para la captación de los residuos en estado líquido o de los lixiviados.
4. Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados.
5. Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles.
6. El almacenamiento debe realizarse en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su incompatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios.
7. La altura máxima de las estibas será de tres tambores en forma vertical.
8. Estar localizadas en sitios cuya altura sea, como mínimo, el resultado de aplicar un factor de seguridad de 1.5 al nivel de agua alcanzado en la mayor tormenta registrada en la zona.
9. Los pisos deben ser lisos y de material impermeable en la zona donde se guarden los residuos, y de material antiderrapante en los pasillos, resistentes a los residuos peligrosos almacenados.
10. En los casos de áreas no techadas, los residuos peligrosos deben estar cubiertos con algún material impermeable para evitar su dispersión por viento.

## 2. Fase Externa

### 2.1 Recolección, transporte y disposición final

Se contratarán los servicios una empresa debidamente acreditada para recolectar y transportar los residuos peligrosos en vehículos autorizados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, para su tratamiento o disposición final.

#### *c) Acciones a considerar en el manejo de residuos*

- Por seguridad se contará con un extintor del tipo ABC.
- En caso de derrames accidentales de aceites o hidrocarburos por descompostura de vehículos, se hará uso de lonas o materiales absorbentes (arena o aserrín) que posteriormente se recogerá en cubetas de plástico con tapa.
- En las descomposturas accidentales, los vehículos serán trasladados a talleres especializados, previo control de las fugas de aceites o combustibles que implicará colectar las sustancias en depósitos con tapa o sellar los depósitos.
- Se deberá realizar el registro y obtención del NRA para el proyecto. Es cumplimiento legal y por otro lado se requiere para recibir servicios de empresas especializadas, de acuerdo con la categoría de generación de residuos peligrosos, establecido a partir de la cantidad estimada de generación anual de residuos peligrosos.

#### *d) Monitoreo*

La generación de residuos peligrosos se registrará en una bitácora que contenga al menos la siguiente información:

1. Nombre del residuo y cantidad generada.
2. Características de peligrosidad.
3. Área o proceso donde se generó.
4. Fechas de ingreso y salida del almacén temporal de residuos peligrosos.
5. Señalamiento de la fase de manejo siguiente a la salida del almacén, área de resguardo o transferencia, señaladas en el inciso anterior (número de manifiesto entregado por la empresa autorizada para la disposición final).

6. Nombre, denominación o razón social y número de autorización del prestador de servicios a quien en su caso se encomiende el manejo de dichos residuos.

7. Nombre del responsable técnico de la bitácora.

*e) Medidas de urgente aplicación*

Por funcionamiento de maquinaria y equipo:

- Suspensión temporal de las actividades que derivaron en problema de contaminación.
- Implementación de medidas correctivas para remediar el daño ocasionado. En el almacén

de materiales peligrosos:

- En caso de derrame, colocar un material absorbente del tipo arena o aserrín y recoger en una cubeta con tapa.

Estas medidas de urgente aplicación serán aplicadas en caso de accidente para evitar mayor afectación; no obstante, de ser necesario se presentará el programa de remediación correspondiente mediante el procedimiento establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

**Indicadores de seguimiento para el Programa Integral de Manejo de Residuos**

Subprograma de Manejo de Residuos Líquidos:

- Número de trabajadores por sanitario portátil en el frente de trabajo.
- Reporte de incidencias de fecalismo al aire libre contra reportes de mal funcionamiento del equipo sanitario.

**Subprograma de Manejo de Residuos Sólidos:**

- Porcentaje de residuos sólidos reciclables enviados con empresas recicladoras. Porcentaje de residuos sólidos no reciclables dispuestos en el vertedero Municipal.
- Porcentaje de residuos de excavación (residuos de manejo especial) dispuestos en el vertedero autorizado.

- Volumen de residuos de desmonte (residuos de manejo especial) dispuestos en el vertedero autorizado contra Volumen de Residuos Sólidos no peligrosos.

#### **Subprograma de Manejo de Residuos Peligrosos**

- Cantidad de residuos peligrosos generados entre la cantidad de residuos generados por el proyecto.
- Número de incidentes relacionados residuos peligrosos entre el total de incidentes registrados.

#### **PROGRAMA DE CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA**

En este programa se establecen las medidas de carácter preventivo y de control de contaminantes a la atmósfera y generación de ruido, así como para el control de generación de polvos por el movimiento de materiales que afecten la calidad del aire, derivados principalmente de las actividades en las etapas de preparación del sitio y construcción.

#### **Objetivos**

- Controlar las emisiones de material particulado y gases a la atmósfera como resultado de los movimientos de tierra, y operación de vehículos, equipos y maquinaria.
- Prevenir el incremento en los niveles de ruido durante las actividades constructivas del proyecto.

#### *a) Medidas*

Las actividades que a continuación se describen se realizarán durante todas las fases del proyecto en términos de la legislación ambiental vigente, y de la observancia de la normatividad en materia de minimización del ruido y de las emisiones contaminantes que generen los vehículos y maquinaria.

##### **1. Control de partículas de polvo**

- Durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto se instalará un sistema de limpieza de los vehículos destinados al transporte de materiales de construcción, o excedentes de excavación, de tal forma que se evite el arrastre de material adherido a las llantas desde la zona del proyecto hacia las vías pavimentadas.

- Para evitar el levantamiento de polvos se mantendrá húmeda la zona de trabajo, las brechas y las vías de acceso, durante la hora de mayor tránsito vehicular, para evitar que las partículas de polvo puedan desplazarse a otros sitios. Por la naturaleza del suelo, se espera una alta evaporación de la humedad, por lo que se recomienda que los riegos se apliquen diariamente, sobre todo en las horas de mayor insolación.
- Durante la construcción del proyecto el transporte de materiales deberán cubrirse con lonas con el fin de minimizar la generación de polvo.
- Durante la construcción, operación y mantenimiento del proyecto se deberán seguir las especificaciones presentes en la NOM-045-SEMARNAT-2006: Protección ambiental.- vehículos en circulación que usan diésel como combustible.- límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de Medición.
- Durante la construcción, operación y mantenimiento del proyecto se deberá asegurar el correcto almacenaje y protección de los residuos sólidos.

## **2. Control de partículas de emisiones atmosféricas**

- Se elaborará y aplicará un programa de mantenimiento de maquinaria, equipo y vehículos para garantizar su adecuado funcionamiento, de tal forma que éstos no generen emisiones de ruido y/o gases y partículas adicionales, o en concentraciones superiores a las establecidas en la normatividad aplicable.
- Se deberán mantener afinados y en buenas condiciones mecánicas los motores de los vehículos cumpliendo con la verificación vehicular obligatoria.
- Se seguirán las especificaciones presentes en la NOM-044-SEMARNAT-2006 que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos, así como para unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores.
- Se seguirán las especificaciones presentes en la NOM-041-SEMARNAT-2006 que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes

provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

### 3. Control de Ruido

- Se realizará un adecuado mantenimiento de los vehículos, equipos y maquinaria utilizada por el proyecto, de tal forma que el buen funcionamiento de estos no genere emisiones de ruido irregulares.
- Se seguirán las especificaciones presentes en la NOM-080-SEMARNAT-1994 que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.
- Durante la construcción, operación y mantenimiento del proyecto, se deberá apagar el equipo o maquinaria que no esté en funcionamiento con el fin de evitar contaminación sonora y atmosférica.
- Durante la operación del proyecto se deberán monitorear permanentemente los niveles de sonido para asegurar que se encuentran dentro de los límites de ruido permitidos. Este registro se deberá llevar en una bitácora específica para generación de ruido.

#### Indicadores

- ✓ Mantenimientos preventivos y correctivos realizados a la maquinaria y equipo contra los programados.
- ✓ Control de verificaciones de los vehículos empleados en las diferentes etapas del proyecto.
- ✓ Eventos extraordinarios registrados y medidas aplicadas para su mitigación.

## **PROGRAMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD AMBIENTAL AGUAS ABAJO DE LA PRESA**

El Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental Aguas Abajo de la Presa, es un programa mediante el cual se establecen las medidas necesarias para dar seguimiento a la calidad ambiental aguas abajo de la cortina de la presa.

Este programa permitirá llevar a cabo la medición y evaluación de los parámetros necesarios para conocer la calidad de los diferentes factores ambientales que podrían ser afectados aguas abajo y durante la puesta en marcha de la presa, en el tramo comprendido entre la cortina de la presa y su confluencia con el Ajajalpa.

En este programa se indica la periodicidad de evaluación de los parámetros, así como los valores esperables a partir de las mediciones, y a partir de la información obtenida, determinar la eficacia de las medidas de prevención y mitigación que aquí propuestas para en caso necesario, implementar medidas de mitigación (correctivas) adicionales.

### **Objetivo**

- Llevar a cabo el monitoreo y seguimiento del comportamiento de los componentes naturales (bióticos y abióticos), aguas abajo de la cortina de la presa.
- Evaluar la calidad ambiental y el comportamiento de los organismos acuáticos, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, y dos años posteriores a la puesta en marcha del proyecto.
- Generar información de permita identificar si las medidas y programas propuestos, permiten cumplir con los estándares y límites aceptables, así como mitigar los efectos ambientales adversos aguas abajo y durante la puesta en marcha del proyecto en el tramo comprendido entre la cortina y su confluencia con el río Ajajalpa.

### *a) Metodología*

#### **Monitoreo de la calidad del agua**

El monitoreo de la calidad del agua únicamente se llevará a cabo durante las etapas de preparación del sitio y construcción con la finalidad de detectar posibles casos de contaminación como resultado de las actividades de estas etapas. Este muestreo se realizará con una periodicidad

semestral y se determinarán los siguientes parámetros de control tomando como referencia los Indicadores de Calidad del Agua (ICA) establecidos por la Comisión Nacional del Agua (2014), descritos a continuación.

1. Procedimiento

- 1.1 Se tomará la muestra blanco previo al inicio de actividades del proyecto con la finalidad de establecer la calidad del agua actual del Río Zoquiapa, y determinar las concentraciones de detección de eventos de contaminación.
- 1.2 A partir del inicio de la etapa de preparación del sitio, y con una periodicidad de seis meses, se realizará el muestreo de la calidad del agua, teniendo un total de 6 muestreos al término de los semestres 7, 8, 9, 10, 11 y 12 respectivamente.
- 1.3 El técnico encargado deberá realizar un reporte de resultados en donde se incluya la interpretación de estos, conclusiones y en su caso el origen de la contaminación o alteraciones de comportamiento fisicoquímico y las medidas a tomar.

2. Parámetros a analizar

En la siguiente tabla se presentan los parámetros establecidos como indicadores de la calidad del agua. Estos parámetros se evaluarán para definir la calidad del agua previa al inicio de actividades y en cada uno de los muestreos realizados. Se realizará la comparativa entre estas calidades y se propondrán medidas en caso de que se presenten resultados no esperados.



**Tabla VI. 4 Indicadores de la calidad del agua.  
(Fuente: CONAGUA, 2014)**

<b>Coliformes Fecales (CF)</b>		
Criterio (NMP/100 ml)	Clasificación	Color
CF ≤ 100	Excelente. No Contaminada.	Azul
100 < CF ≤ 200	Buena Calidad. Aguas superficiales con calidad satisfactoria para la vida acuática y para uso recreativo con contacto primario.	Verde
200 < CF ≤ 1,000	Aceptable. Aguas superficiales con calidad satisfactoria como fuente de abastecimiento de agua potable y para riego agrícola.	Amarillo
1000 < CF ≤ 10,000	Contaminada. Aguas superficiales con contaminación bacteriológica.	Naranja
CF > 10,000	Fuertemente contaminada. Aguas superficiales con fuerte contaminación bacteriológica.	Rojo
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO5)</b>		
Criterio (mg/l)	Clasificación	Color
DBO5 ≤ 3	Excelente. No Contaminada.	Azul
3 < DBO5 ≤ 6	Buena Calidad. Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable.	Verde
6 < DBO5 ≤ 30	Aceptable. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	Amarillo
30 < DBO5 ≤ 120	Contaminada. Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.	Naranja
DBO5 > 120	Fuertemente contaminada. Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.	Rojo
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO5)</b>		
Criterio (mg/l)	Clasificación	Color
DQO ≤ 10	Excelente. No Contaminada.	Azul
10 < DQO ≤ 20	Buena Calidad. Aguas superficiales con bajo contenido de materia	Verde

MIA REGIONAL PARA EL “PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)”

	orgánica biodegradable y no biodegradable	
$20 < \text{DQO} \leq 40$	Aceptable. Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	Amarillo
$40 < \text{DQO} \leq 200$	Contaminada. Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.	Naranja
$\text{DQO} > 200$	Fuertemente contaminada. Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.	Rojo
<b>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</b>		
Criterio (mg/l)	Clasificación	Color
$\text{SST} \leq 25$	Excelente. Clase de excepción. Muy buena calidad.	Azul
$25 < \text{SST} \leq 75$	Buena Calidad. Aguas superficiales con bajo contenido de sólidos suspendidos, generalmente en condiciones naturales. Favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola irrestricto.	Verde
$75 < \text{SST} \leq 150$	Aceptable. Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente. Condición regular para peces. Riego agrícola restringido	Amarillo
$150 < \text{SST} \leq 400$	Contaminada. Aguas superficiales de mala calidad con descargas de aguas residuales crudas. Aguas con alto contenido de material suspendido.	Naranja
$\text{DQO} > 400$	Fuertemente contaminada. Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales con alta carga contaminante. Mala condición para peces.	Rojo
<b>Toxicidad Aguda (TA) <i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i></b>		
Criterio (UT)	Clasificación	Color

MIA REGIONAL PARA EL "PROYECTO HIDROELÉCTRICO PUEBLA 1 (PRESA ZOQUIAPA)"

TA < 1	Toxicidad no detectable.	Azul
1 < TA ≤ 1.33	Toxicidad baja.	Verde
1.33 < TA ≤ 5	Toxicidad moderada.	Amarillo
TA > 5	Toxicidad alta	Rojo

**NMP** Número más probable  
**mg/l** Miligramos por litro  
**UT** Unidades de Toxicidad

### **Monitoreo de calidad ambiental**

1. Se llevará a cabo el monitoreo en cuatro sitios de muestreo representativos de la calidad ambiental, que permitirán identificar si el aporte complementario proveniente del poblado de Emiliano Zapata solventa las condiciones ambientales actuales aguas abajo de la cortina de la presa hasta su confluencia con el río Ajajalpa.
2. Cada uno de los sitios se geoposicionará en el primer monitoreo, para poder ubicarlo fácilmente en las mediciones posteriores, así mismo se registrarán las condiciones del lugar, su accesibilidad y las actividades que se desarrollan en la zona circundante a los puntos de monitoreo.
3. Se realizará un monitoreo inicial previo al inicio de actividades del proyecto para establecer los puntos representativos y las condiciones iniciales del sitio y se tomarán como línea base para realizar la comparación con los monitoreos posteriores. El monitoreo se llevará a cabo cada 6 meses a partir del inicio de la etapa de preparación del sitio y hasta dos años después del inicio de operación del proyecto. Este plazo puede ser ampliado en caso de requerir mayor tiempo para el análisis del comportamiento de los ecosistemas.
4. Se realizarán registros para monitorear los parámetros fisicoquímicos, de los organismos acuáticos y flora adyacente con el fin de observar las afectaciones que se pudieran presentar por la implementación del proyecto. Estos muestreos se adherirán a la metodología establecida en los Programas Integrales de Flora y Fauna.

### **Responsable de la ejecución**

Se considera la contratación de un especialista en temas ambientales, ya sea un biólogo, un ingeniero forestal o un ingeniero ambiental, quien será el responsable, tal y como fue señalado, de supervisar las acciones que se implementen durante la etapa de preparación del sitio y construcción. Se considera pertinente que este trabajo con los encargados de los otros programas.

**Indicadores de seguimiento**

- ✓ Comportamiento de la flora y fauna respecto al tiempo
- ✓ Similitud entre los indicadores de la calidad del agua de cada muestra con respecto al blanco.
- ✓ Análisis de la calidad ambiental en conjunto.

***CAPÍTULO VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.***

## VII. PRÓNOSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Predecir el futuro o construirlo, de acuerdo a perspectivas, no es una tarea sencilla. Métodos como los pronósticos cualitativos y cuantitativos, estudios prospectivos, la simulación, modelos causales, entre otros, proporcionan los indicios de lo que podría deparar el día de mañana con el objetivo de reducir la incertidumbre (Vergara C., Maza F. y Fontalvo T., 2010).

Es así, que para desarrollar estudios prospectivos existen diferentes metodologías entre las que se destaca la de escenarios. Un escenario es una descripción provisoria y exploratoria de un futuro probable. También se puede definir como un retrato significativo y detallado de un admisible, recomendable, coherente, mundo futuro. En él se pueden ver y comprender claramente los problemas, amenazas y oportunidades que tales circunstancias pueden presentar. No es una predicción o un pronóstico específico, es la descripción de eventos y tendencias que pueden ocurrir (Firmenich, 2009). Cabe mencionar que una proyección puede servir como materia prima para un escenario, pero un escenario comúnmente requiere información adicional, como las condiciones de una línea base (IPCC, 2013).

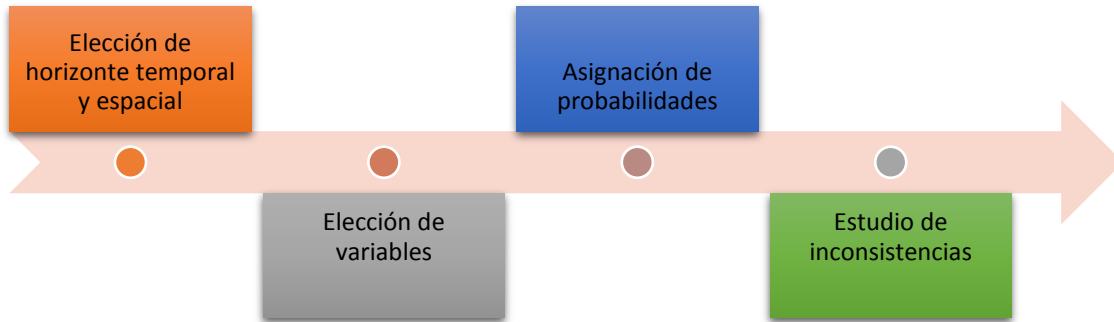
Es así como los escenarios se pueden clasificar en:

- Escenarios posibles: son todos aquellos escenarios que se puedan imaginar sin importar si su probabilidad de ocurrencia es alta o baja.
- Escenarios realizables: son los escenarios cuya ocurrencia es factible, teniendo en cuenta las restricciones del sistema de estudio.
- Escenarios deseables: son los escenarios a los que los actores desean llegar, también pueden ser calificados como escenarios más convenientes. Forman parte de los escenarios posibles y no necesariamente son realizables.

El método de escenarios consta de dos fases (Ogayar, 2001), las cuales se describen a continuación:

- Elección de variables relevantes: en esta etapa se trata de identificar las variables y de realizar la selección adecuada de los factores que pueden influir en el futuro.
  - Elección de horizonte temporal y espacial: Se refiere a la elección del periodo considerado como futuro, así como el ámbito territorial en el que se desarrollará la acción.

- Elección de variables: Se elegirán los fenómenos o factores que puedan tener una mayor incidencia en nuestro estudio.
- Asignación de probabilidades: Existen dos tipos de probabilidades, la de ocurrencia consiste en señalar la posibilidad de que la variable considerada llegue a presentarse y la probabilidad de importancia consiste en indicar el grado de relevancia que tiene la variable en cuestión.
- Estudio de inconsistencias y eliminación de algunas variables: Por inconsistencia se entiende una relación entre variables que no puede existir. En el caso de encontrarse una inconsistencia se deberán de eliminar las variables que la crean.



**Figura VII.1.** Fase 1 del método de escenarios.

- Elaboración de escenarios: a partir de la elección de las variables relevantes seleccionadas en el punto anterior se procede a la creación de escenarios. Posteriormente se describen las implicaciones de cada uno de los escenarios y se realizan una serie de recomendaciones en base a cada uno de ellos.



**Figura VII.2.** Fase 2 del método de escenarios.



Conforme a lo anteriormente mencionado, gran parte del método de escenarios ha sido completado, de forma involuntaria, a lo largo de esta MIA-R de la siguiente manera:

**Tabla VII.1. Partes de la MIA-R que alimentan el método de escenarios.**

<b>Fase 1 del método de escenarios</b>	<b>Capítulo de la MIA-Regional</b>
Elección de horizonte espacial y temporal	II y IV
Elección de variables	IV y V
Asignación de probabilidades	V
Estudio de inconsistencias	V
<b>Fase 2 del método de escenarios</b>	<b>Capítulo de la MIA-Regional</b>
Escenarios	V y VI
Implicaciones	V
Recomendaciones	VI

Es así como, en este capítulo se complementará la información necesaria para el correcto funcionamiento del método de escenarios, con la finalidad de encontrar **el escenario más deseable y realizable** para la ejecución del proyecto.

### **VII.1 Situación actual**

El proyecto se ubicará en el municipio de Tlapacoya entre las localidades de Zoquiapa y Xochicugtla en la parte Noreste del Estado de Puebla. En zonas adyacentes al área del proyecto se puede encontrar vegetación secundaria de bosque mesófilo de montaña, así como de selva alta perennifolia, entre otros tipos de vegetación. Cabe mencionar que en el área de influencia directa del proyecto existe únicamente vegetación perturbada, predominando campos de agricultura (permanente y de temporal) y pastizales.

En cuanto a fauna se puede mencionar que dentro del SAR se encontraron, conforme a los muestreos, 15 especies de anfibios y reptiles, 75 especies de aves, 13 especies de mamíferos. Igualmente, es necesario mencionar que en las inmediaciones del sitio del proyecto se ubicaron especies de flora y fauna que se encuentran dentro los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (ver capítulo IV de esta MIA-R).

## VII.2 Escenarios

Previo a la descripción de los escenarios previstos para el desarrollo del proyecto, cabe exponer de manera general que éste consiste en la captación y derivación de agua del río Zoquiapa, tributario del río Ajajalpan, en la cual a través de la construcción y operación de un conjunto de obras se complementará el volumen que recibirá el embalse del Proyecto Hidroeléctrico Puebla 1 (con autorización de impacto ambiental).

Lo anterior será posible a través de una pequeña cortina de concreto con altura total de 6.5 metros y 50 metros de largo de corona con la que se considera la formación de un embalse al NAMO (Nivel de Aguas Máximas Ordinarias) de aproximadamente 0.78 hectáreas, con capacidad de almacenamiento de 12,198 m<sup>3</sup>, y un embalse al NAME (Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias) de 1.75 hectáreas, con capacidad de almacenamiento de 37,598 m<sup>3</sup>, así como una tubería de acero rolado de 24 pulgadas de diámetro y 2,167 metros de longitud.

En el capítulo II del presente documento se puede encontrar más información acerca de la descripción del proyecto.

Derivado del desarrollo del proyecto se prevé la generación de impactos ambientales (descritos en el capítulo V), para los cuales se proponen una serie de medidas de prevención, compensación y mitigación, incorporadas en diferentes programas, tales como:

- Sistema de Manejo y Gestión Ambiental.
  - Programa de Supervisión y Gestión Ambiental.
  - Programa de Manejo Integral de Flora.
  - Programa de Manejo Integral de Fauna.
  - Programa de Manejo y Restauración de Suelos.
  - Programa Integral de Manejo de Residuos.
  - Programa de Control de Emisiones a la Atmosfera.
  - Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental Aguas Abajo.

A continuación se describen las afectaciones a las cuales pueden ser susceptibles los componentes ambientales (suelo, hidrología superficial, aire, vegetación, fauna y paisaje) en base a tres posibles escenarios:

- Escenario sin proyecto (situación actual).
- Escenario con proyecto sin medidas de mitigación.
- Escenario con proyecto con medidas de mitigación.

**Tabla VII.2. Escenarios para el Factor Suelo.**

SUELO		
ESCENARIO <u>SIN PROYECTO</u>	ESCENARIO <u>SIN MEDIDAS DE MITIGACIÓN</u>	ESCENARIO <u>CON MEDIDAS DE MITIGACIÓN</u>
<p>Habitantes de la región han transformado zonas forestales en campos agrícolas y ganaderos, lo cual ha causado una pérdida de suelo en zonas aledañas al sitio en donde se planea desarrollar el proyecto.</p> <p>Cabe mencionar que los tipos de suelo en el SAR son: Andosol, Leptosol, Luvisol y Phaeozem, que tienen como una de sus características principales, el ser propensos a la erosión.</p> <p>Se prevé que los pobladores continúen con actividades de desmonte y despalme, acciones que incrementarán la pérdida de suelo.</p>	<p>La implementación del proyecto, en su etapa de preparación del sitio y construcción, conllevará la pérdida de suelo, debido a la remoción de materiales y cobertura vegetal, así como a la circulación de vehículos y maquinaria pesada, entre otras actividades.</p> <p>El impacto y las actividades anteriormente descritas son propias de cualquier sitio de construcción y pueden ser mayores a lo previsto en caso de que no se lleven a cabo acciones concretas para mitigarlo.</p> <p>Asimismo, cabe la posibilidad de que el suelo sea contaminado debido al manejo inadecuado de residuos a lo largo de las etapas del proyecto.</p>	<p>Para mitigar los impactos mencionados en el escenario anterior se ha planeado la implementación del Programa de Manejo y Restauración de Suelos, entre las acciones de dicho programa se pueden mencionar la construcción de taludes, colocación de mallas, entre otras acciones, en las áreas que lo ameriten; así como el continuo monitoreo de las actividades de la maquinaria pesada.</p> <p>Respecto a la retención de sedimentos por parte de la presa, se prevé aumentar la cobertura vegetal aguas arriba, con lo que se evitará que los sedimentos lleguen hasta la cortina. En cuanto a los nutrientes que son transportados por los</p>

SUELO		
	<p>También, se prevé que en las etapas de construcción, operación y mantenimiento, la presa evite el libre paso de sedimentos, los cuales al acumularse en la cortina pueden generar problemas de operación, así como evitar que los nutrientes contenidos en ellos lleguen aguas abajo.</p> <p>Por último, también se prevé la compactación de suelo para la realización de obras provisionales, así como por el paso de maquinaria pesada; lo anterior evitará el libre desplazamiento de nutrientes a través del suelo.</p>	<p>sedimentos, se considera que los ríos que se encuentran metros abajo de donde se planea la construcción de la presa sigan aportando sedimentos, por lo cual no se afectará la salud del SAR.</p> <p>Para contrarrestar el impacto ocasionado por la compactación del suelo, se planea que después de que las obras provisionales sean removidas, las zonas compactadas sean escarificadas con la finalidad de devolverle la porosidad al suelo.</p> <p>Se acumulará la mayor cantidad de suelo orgánico para que, una vez concluidas las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, sea empleado para cubrir áreas perturbadas, y como acolchado en las cepas elaboradas para la revegetación con especies nativas.</p> <p>Asimismo se pretende estabilizar suelos por medio de la revegetación con especies nativas en zonas degradadas en las partes altas (dentro del SAR), para reducir el azolve y la acumulación de sedimentos en la presa. Cabe señalar que para realizar estas actividades se requieren de acuerdos con los propietarios de</p>

SUELO		
		<p>estos espacios.</p> <p>Se llevara a cabo la revegetación de las áreas desprovistas de cobertura vegetal, como son los bancos de disposición o tiro de materiales, patios de maniobras, áreas de almacén e instalaciones provisionales en la superficie del proyecto.</p> <p>Adicionalmente, como parte del Programa Integral de Manejo de Residuos, se prevé la colocación de contenedores especiales para almacenar residuos y un sistema de recolección continuo, a lo largo de las diversas etapas del proyecto, para evitar la contaminación del suelo.</p>

**Tabla VII.3. Escenarios para el Factor Hidrología Superficial.**

<b>HIDROLOGÍA SUPERFICIAL</b>		
<b>ESCENARIO SIN PROYECTO</b>	<b>ESCENARIO SIN MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	<b>ESCENARIO CON MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>
<p>El hecho de continuar con las actividades ineficientes de agricultura y ganadería, propias de la región en la que se planea realizar el proyecto, podría desencadenar la contaminación de cuerpos de agua por fertilizantes mal utilizados o por residuos animales.</p> <p>En cuanto a la cantidad de la hidrología superficial no se prevén impactos negativos, salvo que la continua deforestación de la zona tiene la inherente posibilidad de crear poca o nula cobertura vegetal, lo cual puede transformar la región en un ambiente árido y en tiempo de lluvias puede causar crecidas de agua peligrosas para humanos, animales y plantas.</p>	<p>La construcción de la presa indudablemente modificará la hidrología superficial en cuanto a cantidad, ya que el objetivo de cualquier presa es retener una cantidad importante de agua para posteriormente darle otro uso.</p> <p>Asimismo, existe la posibilidad de que los diversos residuos, sólidos, líquido y/o peligrosos, generados a lo largo del proyecto, contaminen el suelo y cuerpos de agua.</p> <p>Los impactos descritos anteriormente, a pesar de ser no significativos, son de carácter negativo para el Sistema Ambiental Regional.</p>	<p>En cuanto al hecho de que la presa modificará el libre flujo de agua del río, se ha determinado que este impacto no afectará la continuidad de los procesos naturales de la región en la que se llevará a cabo el proyecto, ya que metros adelante se encuentran dos ríos tributarios que abastecen de agua a las zonas cercanas y se prevé la liberación de un gasto ecológico, lo cual se expone en los capítulos IV y V de la presente MIA-R.</p> <p>La implementación del Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental Aguas Abajo medirá, mediante muestreos periódicos de parámetros fisicoquímicos importantes (DBO, SST, entre otros), la calidad del agua proveniente del embalse de la presa. Con la acción anterior se verificará que la calidad del agua sea la adecuada para no causar perturbaciones negativas al entorno.</p> <p>Adicionalmente, el Programa de Manejo Integral de Residuos contempla la presencia de</p>

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL		
		contenedores especiales para almacenar los residuos que sean generados en todas las etapas del proyecto, lo cual evitará la contaminación del suelo y de cuerpos de agua.

**Tabla VII.4. Escenarios para el Factor Aire.**

<b>AIRE</b>		
<b>ESCENARIO SIN PROYECTO</b>	<b>ESCENARIO SIN MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	<b>ESCENARIO CON MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>
<p>En la actualidad se tienen vialidades municipales y caminos privados cercanos al sitio en donde se planea desarrollar el proyecto. Por dichos caminos pasan vehículos automotores que generan ruido (contaminación acústica), polvo y gases de combustión (contaminación atmosférica). Se prevé que esta situación siga sucediendo.</p> <p>Por otra parte, no se posee información que indique la presencia de acciones, adicionales a lo anteriormente descrito, que puedan generar impactos negativos al componente ambiental “aire”.</p>	<p>Se prevé que en la etapa de preparación del sitio y de construcción se genere ruido y gases de combustión, procedentes de la circulación de vehículos automotores y maquinaria pesada, lo cual es propio de cualquier sitio de construcción.</p>	<p>Para mitigar los impactos adversos mencionados en el escenario anterior se ha planeado cuidadosamente el Programa de Control de Emisiones a la Atmosfera, el cual incluye acciones como el supervisar que los vehículos automotores y la maquinaria pesada cumplan con la verificación ambiental.</p> <p>Por otra parte, en caso de ser necesario los caminos serán humedecidos para evitar la dispersión de polvo.</p> <p>Es así como el Programa de Control de Emisiones a la Atmosfera se encargará de conformar un entorno de trabajo seguro y que los impactos al componente ambiental “aire” no sean mayores a lo previsto en la descripción del proyecto.</p>



**Tabla VII.5. Escenarios para el Factor Vegetación.**

VEGETACIÓN		
ESCENARIO <u>SIN PROYECTO</u>	ESCENARIO <u>SIN MEDIDAS DE MITIGACIÓN</u>	ESCENARIO <u>CON MEDIDAS DE MITIGACIÓN</u>
<p>En las inmediaciones del sitio en donde se planea realizar el proyecto se seguirán realizando actividades de agricultura y ganadería con técnicas que promueven la pérdida de cobertura vegetal.</p> <p>Lo descrito anteriormente, se justifica debido a que en la actualidad no se tiene evidencia alguna de la existencia de un programa gubernamental o privado, integral y efectivo, que tenga por objetivo que los habitantes de la región cambien sus técnicas agrícolas y ganaderas por otras menos dañinas o por la realización de actividades económicas diferentes.</p>	<p>En la etapa de preparación del sitio se llevarán a cabo actividades de desmonte y despalme en el área del futuro embalse, en la cual hay presencia de bosque de galería con vegetación secundaria. Aparte de la pérdida vegetación, se corre el riesgo de afectar a individuos de especies de flora presentes en los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en las etapas de preparación del sitio y construcción, debido al desconocimiento de los desarrolladores del proyecto.</p>	<p>La pérdida de cobertura vegetal marcada en la descripción del proyecto no presentará una afectación relevante en términos de la integridad funcional del SAR.</p> <p>A pesar de lo anteriormente mencionado; se tiene planeado rescatar individuos de flora que por su importancia lo ameriten y trasladarlos a sitios en los cuales puedan continuar con su desarrollo natural.</p> <p>Se llevara a cabo la revegetación de las áreas desprovistas de cobertura vegetal, como son los bancos de disposición o tiro de materiales, patios de maniobras, áreas de almacén e instalaciones provisionales en la superficie del proyecto</p> <p>Asimismo, se tiene contemplado revegetar zonas impactadas cercanas al sitio del proyecto, esto como acción de compensación ante la pérdida de cobertura vegetal.</p>

**Tabla VII.6. Escenarios para el Factor Fauna.**

<b>FAUNA</b>		
<b>ESCENARIO SIN PROYECTO</b>	<b>ESCENARIO SIN MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>	<b>ESCENARIO CON MEDIDAS DE MITIGACIÓN</b>
<p>Se considera que la pérdida de cobertura vegetal continuará, debido a las actividades de agricultura y ganadería propias de la región, lo cual conllevará pérdida de hábitats y conectividad entre los mismos, ocasionando un cambio en la distribución de especies faunísticas.</p>	<p>En este escenario existirá una pérdida de cobertura vegetal en el área en donde se llevará a cabo el proyecto, lo cual conllevará la pérdida de hábitats y de conectividad de los mismo, lo anterior impactará adversamente a varias especies faunísticas.</p> <p>Anfibios y reptiles serán los seres que sufrirán un mayor impacto, ya que cuentan con menores capacidades de movilidad en comparación con aves y mamíferos.</p> <p>Es así como se prevé que especies que se encuentran en el listado de la NOM-059-SEMARNAT-2010 se vean afectadas y se presente un cambio en la distribución de las mismas.</p>	<p>La implementación del Programa de Manejo Integral de Fauna identificará, ahuyentará, rescatará y trasladará, con la ayuda de personal experto, a los individuos de fauna presentes en el sitio del proyecto a zonas en las que puedan continuar con su desarrollo normal.</p> <p>Lo anterior evitará la pérdida de especies faunísticas y por lo tanto de biodiversidad. Se pondrá especial atención en el rescate y traslado de especies que estén en los listados de la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>

Tabla VII.7. Escenarios para el Factor Paisaje.

PAISAJE		
ESCENARIO <u>SIN PROYECTO</u>	ESCENARIO <u>SIN MEDIDAS DE MITIGACIÓN</u>	ESCENARIO <u>CON MEDIDAS DE MITIGACIÓN</u>
<p>El paisaje de la zona en la que se planea realizar el proyecto ha sido impactado a lo largo de varias décadas por actividades agrícolas y ganaderas, las cuales han generado la pérdida de cobertura vegetal y por lo tanto una modificación al paisaje original. Se prevé que el impacto anteriormente mencionado continúe repitiéndose en la región.</p>	<p>La construcción de la presa y el posterior llenado del embalse, sin lugar a duda, causarán un impacto adverso al paisaje del sitio. Lo anterior no puede ser evitado, ya que la modificación del paisaje, por las obras planteadas en el capítulo II del presente documento, es una característica inherente del proyecto.</p>	<p>Mediante la aplicación del Programa de Supervisión y Gestión Ambiental se verificará que el impacto al paisaje no sea mayor a lo estipulado en la descripción del proyecto. Indirectamente, los programas de Manejo Integral de Flora y el Programa de Manejo integral de Residuos evitarán que el paisaje se vea afectado por un lado por el manejo inadecuado de residuos y por otro por una pérdida de cobertura vegetal superior a la prevista.</p>

### VII.3 Comparación de los escenarios y conclusiones

El escenario **menos deseable** es sin lugar a duda *“Escenario sin medidas de mitigación”*, ya que de volverse una realidad, este afectará de manera adversa diversos componentes ambientales, entre los que se puede destacar la afectación al patrón hidrológico superficial, el transporte de sedimentos y a la flora y fauna del sitio del proyecto.

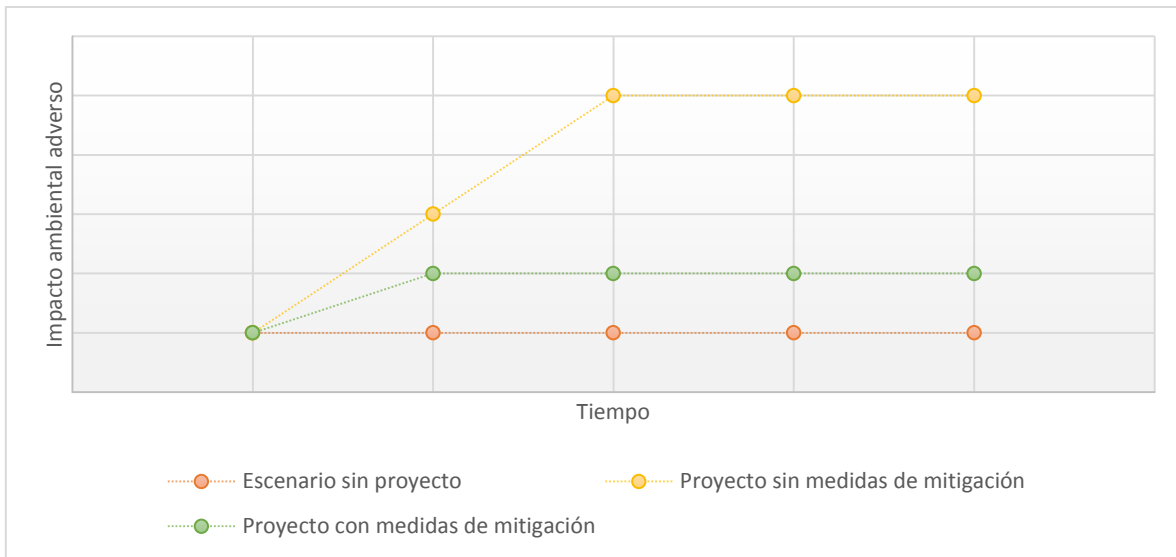
La falta de un programa encargado de monitorear constantemente la calidad del agua, sin lugar a duda, podrá dar pie a la creación de un desequilibrio en los alrededores del sitio del proyecto que concluirá en un impacto mayor al descrito a lo largo de este documento. Asimismo, sin que se supervisen las obras del proyecto o sin que se lleven a cabo programas para mitigar la pérdida de cobertura forestal, el proyecto podría generar aún más impactos adversos que los previstos.

Por otra parte, al llevarse a cabo el proyecto, el escenario **más deseable y realizable** es *“Escenario con medidas de mitigación”*, ya que a pesar de existir una serie de impactos adversos a lo largo de las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, estos serán temporales

y/o mínimos siempre y cuando se lleven a cabo los programas descritos en el capítulo VI de esta MIA-Regional.

El programa encargado de monitorear las características fisicoquímicas del agua, dará pie a actuar en caso de que alguno de dichos parámetros rebase los niveles previstos. De igual forma los programas encargados de revegetar zonas aledañas al sitio del proyecto, y de rescatar a individuos de flora y fauna y trasladarlos a sitios en los que puedan seguir con su desarrollo natural, serán la base para que el proyecto se pueda realizar en un marco de sustentabilidad, sin afectar la biodiversidad del sitio.

Finalmente, a continuación se explica de manera gráfica los diferentes impactos ambientales adversos que se tendrán en cada uno de los posibles escenarios planteados en este capítulo:



**Figura VII.3.** Magnitud de los impactos ambientales adversos de cada uno de los escenarios.

**CAPÍTULO VIII IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS  
METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS QUE SUSTENTAN LOS  
RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO  
AMBIENTAL**

## VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

### *Presentación de la información*

De acuerdo con las políticas de sustentabilidad y manejo responsable de los recursos naturales, la presente manifestación de impacto ambiental se exhibe en un tanto impreso acompañado de 3 copias debidamente digitalizadas en disco compacto de todo el estudio, entregando los archivos respectivos del texto en formato Word, así como sus anexos en formatos de Word y .pdf. Así mismo, se entrega un ejemplar digitalizado para consulta del público.

Dentro de este capítulo se listará el contenido de los anexos digitales, lo cuales se encontrarán en carpetas del mismo nombre que el apartado (por ejemplo: VIII.1 Anexo fotografías). También se encuentra la metodología para identificación de impactos ambientales.

### **VIII.1. Anexo fotografías**

Las fotografías que se presentan forman parte de los trabajos de campo para caracterización de flora y de fauna, incluye la toma fotográfica del sitio de muestreo, así como las especies observadas en los mismos.

- Anexo fotográfico de Vegetación
- Anexo fotográfico de Fauna

### **VIII.2. Anexo Listados bióticos**

Se presentan listados bibliográficos (potenciales) y de trabajo de campo para caracterización biótica, así como fichas de las especies de fauna.

- Listado Florístico de especies presentes en el SAR
- Listados potenciales de fauna en el SAR
- Fichas técnicas de especies de fauna

### **VIII.3. Anexo legal**

Se integra por documentos que se presentan al ingresar la MIA

### **VIII.4. Metodología de impactos ambientales**

En el desarrollo del capítulo V se diseñó un proceso metodológico que comprende, por una parte, la consideración del diagnóstico ambiental del SAR, para identificar cada uno de los factores y componentes que pueden resultar afectados de manera significativa por alguno o algunos de los componentes del proyecto (obra o actividad), de manera que, se haga un análisis de las interacciones que se producen entre ambos, y se alcance gradualmente una interpretación del comportamiento del SAR.

En este orden de ideas, se consideró la información derivada del análisis del proyecto, identificando sus fases y en particular las acciones que pueden desencadenar impactos en los componentes del entorno del SAR, considerando para ello, la información señalada en el Capítulo II sobre las obras y actividades a desarrollar, así como la información del Capítulo IV sobre la delimitación del SAR y la descripción de sus componentes ambientales.

Posteriormente, se identificaron las relaciones causa-efecto, que en sí mismas son los impactos potenciales cuya significancia se estimó más adelante. Las relaciones causa-efecto se identificaron con la ayuda de grafos realizados para el proyecto, dicha metodología se describe más adelante. Una vez identificadas las relaciones causa-efecto, se elaboró un cribado, para posteriormente determinar su denominación, es decir, se establecen los impactos como frases que asocian la alteración del entorno derivada de una acción humana, elaborando así un listado de las interacciones proyecto-entorno (impactos ambientales), para poder así determinar el índice de incidencia que se refiere a la severidad y forma de la alteración, la cual se define por una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración, para lo cual se utilizaron los atributos y el algoritmo propuesto por Gómez-Orea (2002), y jerarquizando así los impactos con el índice de incidencia.

A partir del índice de incidencia y la magnitud de cada impacto, se hace un análisis de la relevancia o significancia de los impactos, misma que se evalúa a través de una serie de criterios jurídico, ecosistémicos y de la calidad ambiental de los componentes, siempre relacionado a sus efectos ecosistémicos, para poder así, valorar y posteriormente describir los impactos ambientales de todo el proyecto sobre el SAR, finalizando el capítulo con las conclusiones del mismo.

**Identificación de las interacciones proyecto-entorno**

Para el desarrollo de la presente sección, se consideraron técnicas conocidas para la identificación de impactos ambientales en las diferentes etapas del proyecto, las principales herramientas utilizadas fueron:

- Grafos o redes de interacción causa-efecto
- Matrices de interacción
- Juicio de expertos

A continuación se describen brevemente cada una de ellas:

**Tabla VIII. 1.** Descripción de las herramientas utilizadas en la identificación de impactos ambientales.

Herramienta	Descripción
Grafos o redes de interacción causa-efecto	Consisten en representar sobre el papel las cadenas de relaciones sucesivas que van del proyecto al medio. Aun cuando ésta técnica es menos utilizada que las matrices de interacción, refleja de una mejor manera la cadena de acontecimientos y sus interconexiones, es decir, las redes de relaciones entre la actividad y su entorno. Se sugiere que la técnica del grafo y la de las matrices sean consideradas de forma complementaria. (Gómez-Orea, 2002)  En la técnica del grafo, los impactos vienen identificados por las flechas, las cuales definen relaciones causa-efecto: la causa está en el origen, y el efecto en el final de la flecha.
Matrices de interacción	Son cuadros de doble entrada; en una de las cuales se disponen las acciones del proyecto causa de impacto y en la otra los elementos o



Herramienta	Descripción
	factores ambientales relevantes receptores de los efectos, ambas entradas identificadas en tareas anteriores. En la matriz se señalan las casillas donde se puede producir una interacción, las cuales identifican impactos potenciales, cuya significación habrá que averiguar después.
Juicio de expertos	Las consultas a paneles de expertos se facilita mediante la utilización de métodos diseñados para ello en donde cada participante señala los factores que pueden verse alterados por el proyecto y valora dicha alteración según una escala preestablecida y por aproximaciones sucesivas, en donde se comparan y revisan los resultados individuales, se llega a un acuerdo final que se especifica y justifica en un informe. (Gómez-Orea, 2002).

Las técnicas de identificación de los impactos significativos conforman, por lo tanto, la parte medular de la metodología de evaluación y se registran numerosas propuestas en la literatura especializada, algunas muy simples y otras sumamente estructuradas, siendo la identificación de impactos y su cambio de uso de suelo el paso más importante en la EIA ya que “un impacto que no es identificado, no es caracterizado, ni evaluado, ni descrito”.

***Grafos o redes de interacción causa-efecto***

Se realizaron grafos para todas las etapas de las obras del proyecto. Se eligió dicha técnica ya que representan sobre el papel las cadenas de relaciones sucesivas que van del proyecto al medio. Aún en la técnica del grafo, los impactos vienen identificados por las flechas, las cuales definen relaciones causa-efecto (la causa está en el origen, y el efecto en el final de la flecha), se hizo una modificación a la técnica y se adicionó el efecto de manera escrita para cada componente, lo anterior para una mejor y clara comprensión del efecto o impacto sobre el ambiente (Ver figura siguiente).

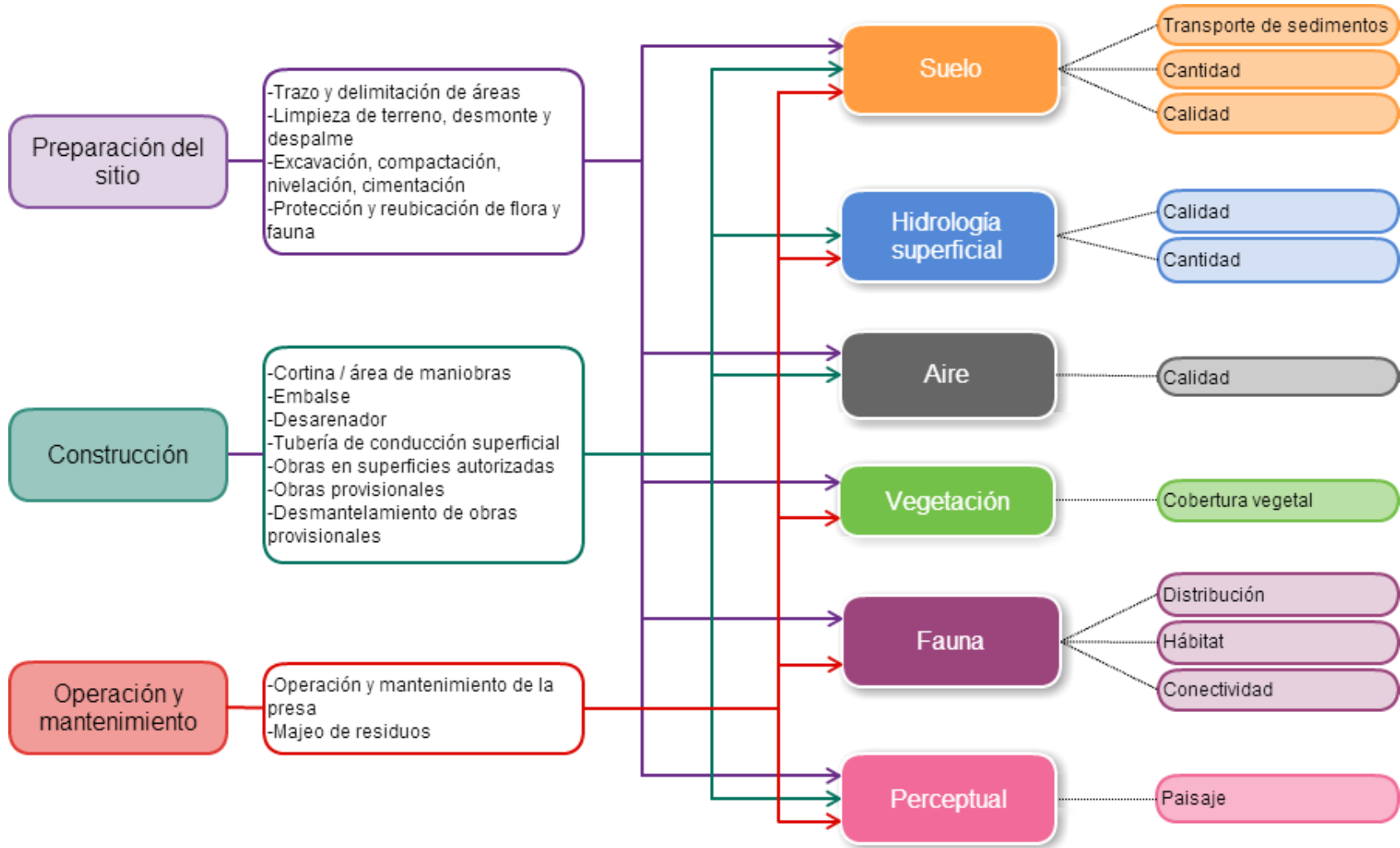


Figura VIII. 1: Grafo de interacción proyecto /ambiente.

### ***Matrices de interacción***

Siguiendo la observación que hace Gómez-Orea, respecto de la conveniencia de considerar la técnica del grafo y la de las matrices de forma complementaria, se elaboró la *Matriz de identificación de interacciones* tomando en cuenta en todo momento el juicio de expertos, además de la prospección ambiental del predio. La *Matriz de identificación de interacciones* se implementó considerando las actividades previstas por el proyecto (Capítulo II) y los factores ambientales relevantes por componente ambiental potencialmente afectable.

Cabe mencionar la importancia y valor del análisis descrito ya que no sólo se identifican los impactos, sino que como resultado de ello se definirán posteriormente las medidas de prevención, mitigación y compensación que son integradas en programas que conforman el Sistema de Manejo y Gestión Ambiental propuesto para el proyecto y que se describe en el Capítulo VI.

### ***Juicio de expertos***

El juicio de expertos se consideró en todo momento para la identificación, caracterización y evaluación de los impactos del proyecto.

La *Tabla de Identificación de Impactos Ambientales por factor y componente ambiental* que se elaboró para el proyecto se encuentra en el capítulo V.

### ***Valoración de impactos ambientales***

Según Gómez-Orea (2002), el valor de un impacto mide la gravedad de éste cuando es negativo y el “grado de bondad” cuando es positivo; en uno u otro caso, el valor se refiere a la cantidad, calidad, grado y forma en que un factor ambiental es alterado y al significado ambiental de dicha alteración. Se puede concretar en términos de magnitud y de incidencia de la alteración.

- a) La **magnitud** representa la cantidad y calidad del factor modificado, en términos relativos al marco de referencia adoptado<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Marco de referencia: espacio geográfico en relación con el cual se estima el valor de un impacto, que para el caso de esta MIA, se refiere al SAR.

- b) La **incidencia** se refiere a la severidad: grado y forma, de la alteración, la cual viene definida por la intensidad y por una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración que son los siguientes: consecuencia, acumulación, momento, periodicidad, permanencia, reversibilidad y recuperabilidad.

***Caracterización de impactos ambientales: índice de incidencia***

Como se mencionó anteriormente, la incidencia se refiere a la severidad y forma de la alteración, la cual viene definida por una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración, por lo que tomando como base el juicio de expertos, la Matriz de Identificación de Impactos Ambientales, y el grafo que le dio origen, se generó una tabla de impactos ambientales por componente y factor ambiental (Véase capítulo V), a dichos impactos ambientales se les atribuye un índice de incidencia que variará de 0 a 1 mediante la aplicación del modelo conocido que se describe a continuación el cual fue propuesto por Gómez Orea (2002)<sup>2</sup>, de manera que la autoridad pueda replicarlos al evaluar los impactos ambientales del proyecto.

- 1) Se tipifican las formas en que se puede describir cada atributo, es decir el carácter del atributo, mismo que se cita en la **Tabla VIII.2**;
- 2) Se atribuyó un código numérico a cada carácter del atributo, acotado entre un valor máximo para la más desfavorable y uno mínimo para la más favorable (véase la **Tabla VIII.2**), cabe hacer mención que para mayor claridad sobre la aplicación de cada valor, así como para su reproducción por parte de la DGIRA, se definió cada rango en la **Tabla VIII.3**.
- 3) El índice de incidencia de cada impacto, se evaluó a partir del siguiente algoritmo simple, que se muestra a continuación, por medio de la sumatoria de los valores asignados a los atributos de cada impacto:

$$I = C + E + A + T + P_i + P_m + R_v + R_c^{(3)} \quad \text{Expresión V.1}$$

---

<sup>2</sup> Domingo Gómez Orea (2002), página 330

<sup>3</sup> Modificado de Gómez-Orea, Domingo. Evaluación de Impacto Ambiental. Mundi Prensa 2002. Pág. 330

4) Se estandarizó cada valor de cada impacto entre 0 y 1 mediante la expresión V.2.

$$\text{Indice de incidencia} = \frac{I - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \quad \text{Expresión V.2}$$

Siendo:

I = el valor de incidencia obtenido por un impacto.

I<sub>max</sub> = el valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifestaran con el mayor valor, que para el caso de esta evaluación será 24, por ser 8 atributos cuantificables con un valor máximo cada uno de 3.

I<sub>min</sub> = el valor de la expresión en caso de que los atributos cuantificables se manifiesten con el menor valor, que para el caso de esta evaluación será 8, por ser 8 atributos con un valor mínimo cada uno de 1.

**Tabla VIII. 2.** Atributos de los impactos ambientales.

Atributo	Carácter del atributo	Valor o calificación
Signo del efecto	Benéfico	Positivo (+)
	Perjudicial	Negativo (-)
Consecuencia (C)	Directo	3
	Indirecto	1
Extensión (E)	Puntual	1
	Parcial o total	3
Acumulación (A)	Simple	1
	Acumulativo	3

Atributo	Carácter del atributo	Valor o calificación
Momento o tiempo (T)	Corto Plazo	1
	Mediano Plazo	2
	Largo Plazo	3
Periodicidad (Pi)	Periódico	3
	Aparición irregular	1
Permanencia (Pm)	Permanente	3
	Temporal	1
Reversibilidad (Rv)	Reversible	1
	Entre 1 y 3 años	2
	Irreversible	3
Recuperabilidad (Rc)	Recuperable	1
	Irrecuperable	3

**Tabla VIII. 3.** Descripción de la escala de atributos.

Atributos	Escala		
	1	2	3
<b>Consecuencia (C)</b>	Indirecto: el impacto ocurre de manera indirecta.	No aplica.	Directo: el impacto ocurre de manera directa.
<b>Extensión (E)</b>	Puntual: cuando la extensión del impacto no se extenderá más allá del	No aplica	Parcial o total: cuando la extensión del impacto se extenderá más allá del

Atributos	Escala		
	1	2	3
	polígono del proyecto		polígono del proyecto
<b>Acumulación (A)</b>	Simple: cuando el efecto en el ambiente no resulta de la suma de los efectos de acciones particulares ocasionados por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.	No aplica.	Acumulativo: cuando el efecto en el ambiente resulta de la suma de los efectos de acciones particulares ocasionados por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
<b>Momento o Tiempo (T)</b>	Corto: cuando la actividad dura menos de 3 años.	Mediano: la acción dura más de 3 años y menos de 10 años.	Largo: la actividad dura más de 10 años.
<b>Periodicidad (Pi)</b>	Aparición irregular: cuando el efecto ocurre de manera ocasional.	No aplica.	Periódico: cuando el efecto se produce de manera reiterativa.
<b>Permanencia (Pm)</b>	Temporal: el efecto se produce durante un periodo definido de tiempo.	No aplica.	Permanente: el efecto se mantiene al paso del tiempo.
<b>Reversibilidad del impacto (Rv)</b>	A corto plazo: la tensión puede ser revertida por las actuales condiciones del sistema en un período de tiempo	A mediano plazo: el impacto puede ser revertido por las condiciones naturales del	A largo plazo: el impacto podrá ser revertido naturalmente, sin medidas de mitigación, en un periodo mayor a tres años, o no ser

Atributos	Escala		
	1	2	3
	relativamente corto, menos de un año.	sistema, pero el efecto permanece de 1 a 3 años.	reversible.
<b>Recuperabilidad (Rc)</b>	Recuperable: que el componente afectado puede volver a contar con sus características aplicando las adecuadas medidas de mitigación.	No aplica	Irrecuperable: que el componente afectado no puede volver a contar con sus características originales aun con medidas de mitigación (efecto residual).

***Criterios para la determinación de la significancia***

A continuación se describen los criterios usados por los mismos para determinar la significancia o relevancia de los impactos evaluados, que se fundamenta en la definición de “impacto significativo” establecida en el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental, que en su fracción IX del Artículo 3 dice a la letra:

*IX. Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales;*

Esta definición y su consecuente razonamiento, indica que no todos los impactos deben atenderse con la misma intensidad, sino que conviene centrarse en los impactos clave, es decir, aquellos que potencialmente pueden generar desequilibrios ecológicos o ecosistémicos o que puedan sobrepasar límites establecidos en normas jurídicas específicas, por lo que antes de pasar al análisis específico de la relevancia de los mismos, es necesario describir y analizar los criterios que



con base en dicha definición se tomaron en consideración en este caso, los cuales fueron los siguientes:

***Criterio jurídico***

El atributo de significativo o relevante lo alcanza un impacto ambiental cuando el componente o subcomponente ambiental que recibirá el efecto del mismo adquiere la importancia especial reconocida en las leyes, en los planes y programas, en las NOM's, etc. Respecto a la posibilidad de generar desequilibrios ecológicos o rebasar límites establecidos en alguna disposición aplicable para la protección al ambiente. En este último caso, es por ejemplo conveniente citar como efecto el reconocimiento del estatus de protección que alcanzan las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 con las siguientes categorías de riesgo:

- Probablemente extinta en el medio silvestre,
- En peligro de extinción,
- Amenazadas y
- Sujeta a protección especial.

El nivel de significancia del impacto ambiental que pudiera incidir sobre alguna de estas especies radica en el estatus de protección que le asigne la Norma de acuerdo a su vulnerabilidad, así resulta obvio que el impacto sobre una especie con estatus de “en peligro de extinción” puede alcanzar un mayor significado ambiental que si la especie estuviera catalogada en estatus de protección especial.

***Criterio ecosistémico (integridad funcional)***

El nivel significativo de un impacto ambiental se reconoce cuando es capaz de afectar el funcionamiento de uno o más procesos del ecosistema, de forma tal que su efecto puede generar una alteración entre componentes ambientales y generar un desequilibrio ecológico.

***Criterio de calidad ambiental (percepción del valor ambiental)***

El carácter de significativo lo alcanza el impacto ambiental por el conocimiento generalizado que se pudiera tener acerca de la importancia o escasez del recurso, ambiente o ecosistema a ser impactado. Este criterio se basa en dictámenes técnicos o científicos, tales como los estudios realizados para la presente MIA.

***Criterio de capacidad de carga***

La significancia de este tipo de impactos ambientales se mide en razón de la posible afectación a la capacidad de asimilación, recuperación o renovación de recursos naturales.

Por ejemplo, este criterio se aplica cuando se pretende afectar a una especie, cuyo rango de distribución es tan limitado que los efectos ambientales en el predio ponen en riesgo la permanencia de la misma. O cuando se vierten desechos, efluentes o emisiones a un cuerpo receptor en una proporción mayor que la capacidad natural de asimilación y/o dispersión.

**VIII.5. Documentos e informes**

**Se incluyen el formato anexo digital el documento del estudio de caracterización de la fauna acuática presentado en el capítulo IV**

**1. Informe ambiente acuático\_Zoquiapa**

**VIII.5. Referencias bibliográficas**

Acosta Chaves, V., A. Batista, G. Chaves, O. Flores-Villela, R. Ibáñez, C. Jaramillo, G. Köhler y A. Solórzano. 2013. *Holcosus undulatus*. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 24 de noviembre de 2014].

Aguilo, M. 1981. **Metodología para la evaluación de la fragilidad visual del paisaje**. Tesis Doctoral. E.T.S. de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica, Madrid.

Aguirre, L., H. Mantilla, B. Miller y L. Dávalos. 2008. *Chiroderma salvini*. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 27 de noviembre de 2014].

Alfaro, M.C. 2009. **Densidad de microhábitat de la rana arborícola *Ecnomiohyla miotympanum* (Cope, 1863) en la región centro de Veracruz**. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana.

Allan D.J. 1995. **Stream ecology. Structure and function**. Chapman y Hall. London.

Álvarez, T., S. T. Álvarez-Castañeda y J. C. López-Vidal. 1994. **Claves para murciélagos mexicanos**. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. y Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México.

American Ornithology Union. [http://www.wec.ufl.edu/birds/SurveyDocs/species\\_list.pdf](http://www.wec.ufl.edu/birds/SurveyDocs/species_list.pdf). 8. [Revisado: 2 de Diciembre 2014].

APHA. 1985. **Standard methods for examination of water and wastewater**. APHA-AWWAWPCF, Washington.

Aranda, J. 2012. **Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México**. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de Biodiversidad (Conabio). México. D.F. Pp 255.

Arizmendi, M. C. 2003. **Estableciendo prioridades para la conservación de las aves**. In **Conservación de aves: experiencias en México**, H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (eds.). CIPAMEX/CONABIO/NFWF, México, D. F. p. 133–149.

Armitage, P. D. 1984. **Environmental changes induced by stream regulation and their effect on lotic macroinvertebrate communities**. In: *Regulated rivers*. A. Lillehammer & S. J. Saltveit (eds.): 139- 165. Universitetsforlaget, Oslo.

Armstrong, D. 1990. **Surface Mining**. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. Colorado, E.U.A. pp. 465-469.

Barquez, R., S. Pérez, B. Miller y M. Díaz. 2008. ***Sturnira lilium***. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 27 de noviembre de 2014].

Bello, J., R. Reyna y J. Schipper. 2008. ***Mazama temama***. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 27 de noviembre de 2014].

Best, L.T. 1995. ***Sciurus deppei***. The American Society of Mammalogists. Mammalian Species 505: 1-5.

BirdLife International. 2012. ***Buteo platypterus***. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 2 de diciembre de 2014].

BirdLife International. 2012. ***Catharus frantzii***. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 2 de diciembre de 2014].

BirdLife International. 2012. ***Chondrohierax uncinatus***. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 2 de diciembre de 2014].

BirdLife International. 2012. ***Cinclus mexicanus***. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 2 de diciembre de 2014].

BirdLife International. 2012. ***Myadestes occidentalis***. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 2 de diciembre de 2014].

BirdLife International. 2012. ***Myadestes unicolor***. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 2 de diciembre de 2014].

BirdLife International. 2012. ***Psarocolius montezuma***. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 2 de diciembre de 2014].

BirdLife International. 2012. ***Turdus infuscatus***. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 2 de diciembre de 2014].

BirdLife International. 2014. ***Aulacorhynchus prasinus***. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 2 de diciembre de 2014].

BirdLife International. 2014. **Eupsittula nana**. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 2 de diciembre de 2014].

BirdLife International. 2014. **Psittacara holochlorus**. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 2 de diciembre de 2014].

Boada, C. 2001. **Chiroderma salvini**. En: Santiago Burneo (eds). Mamíferos de Ecuador. Quito, Ecuador. [En línea]. Versión 2013.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. <http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/mamiferos/FichaEspecie.aspx?Id=732>. [Consulta: 27 de noviembre de 2014].

Brown A.V. y P.P Brussock. 1991. **Comparisons of benthic invertebrates between riffles and pools**. Hydrobiologia 220:99-108.

C.F.E. 1977. **Boletín Hidrométrico: Cuenca del río Tecolutla**. Comisión Federal de Electricidad. Vol. No. 7.

Calderón M.R., C.P de la Tijera y R. Cedeño-Vázquez. **Guía Rústica de los Reptiles de Calakmul**. El colegio de la Frontera Sur y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Canseco Márquez, L. y M. G. Gutiérrez Mayén. 2006. **Herpetofauna del municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla**. Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana (3):180-196.

Canseco-Márquez L. y M.G. Gutiérrez-Mayén. 2010. **Anfibios y Reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán**. Benemérita Universidad de Puebla-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

Canseco-Márquez, L. y G. Santos-Barrera. 2007. **Scincella silvicola**. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Versión 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 26 de noviembre de 2014].

Canseco-Márquez, L., F. Mendoza-Quijano y O. Flores-Villela. 2007. **Conopsis lineata**. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 25 de noviembre de 2014].

Capra, L., J. Lugo-Hubp y J.J. Zamorano-Orózcó. 2006. **La importancia de la geología en el estudio de los procesos de remoción en masas: el caso de Totomoxtla, Sierra Norte de Puebla, México**. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Número Especial de Geología Urbana. 58(2):205-214.

Carrillo, B.L. 1965. **Estudio geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla**: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v. 17, p. 73-96.

Castro-Arellano, I. y E. Vázquez. 2008. **Peromyscus furvus**. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 27 de noviembre de 2014].

CDI. 2006. **Regiones indígenas de México**. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. México. 147 p.

CDI. 2010. **Indicadores sociodemográficos de la población total y la población indígena, 2010, Ahuacatlán, Puebla**. México. 3 pp.

CDI. 2010. **Indicadores sociodemográficos de la población total y la población indígena, 2010, Amixtlan, Puebla**. México. 3 pp.

CDI. 2010. **Indicadores sociodemográficos de la población total y la población indígena, 2010, Hermenegildo Galeana, Puebla**. México. 3 pp.

CDI. 2010. **Indicadores sociodemográficos de la población total y la población indígena, 2010, Jopala, Puebla**. México. 3 pp.

CDI. 2010. **Indicadores sociodemográficos de la población total y la población indígena, 2010, San Felipe Tepatlán, Puebla**. México. 3 pp.

CDI. 2010. **Indicadores sociodemográficos de la población total y la población indígena, 2010, Tlaola, Puebla**. México. 3 pp.

CDI. 2010. **Indicadores sociodemográficos de la población total y la población indígena, 2010, Tlapacoya, Puebla.** México. 3 pp.

Ceballos, G. y D. Navarro. 1991. **Diversity and conservations of mexican mammals. Pp. 167-198 en: Topics in Latin American Mammalogy: History, Biodiversity, and Education** (M. A. Mares y D. J. Schmidly, eds). University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma.

Ceballos, G. y G. Oliva (Coords). 2005. **Los Mamíferos Silvestres de México.** Fondo de Cultura Económica, CONABIO. México D.F. 986 pp.

Ceballos, G. y L. Márquez-Valdelamar. 2000. **Las aves en México en peligro de extinción.** Instituto de Ecología, CONABIO, Fondo de Cultura Económica. México D.F. 430 pp (322-323).

Chaves, G., W. Lamar, L.W. Porras y J. Sunyer. 2013. **Sceloporus variabilis. The IUCN Red List of Threatened Species.** Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 26 de noviembre de 2014].

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2007. **Cuerpos de agua de México, con descripción y nombre.** Modificado de Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática carta topográfica. Escala 1:250,000.

CONAGUA, 2009. **Atlas de agua en México.** Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. D.F. Pp 122.

CONAGUA. 2005. **Mapa Hidrológico, escala 1:1 000 000.** Sistema de Información Geográfica del Agua, Subgerencia de Programación de la Gerencia Regional Golfo Centro de la Comisión Nacional del Agua.

**Convenio 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes,** publicado mediante Decreto promulgatorio el 25 de septiembre de 1999.

Cuanalo, C.O, P.P, Quezada, A.M. Aguilar, A.R. Olivan y E.O. Barona. 2006. **Sismos y Lluvias, factores detonantes de deslizamientos de laderas en las Regiones Montañosas de Puebla, México.** Universidad de Guadalajara. E-Gnosis 4: 1-14.

Cuanalo, Oscar A. y Melgarejo, Guillermo. 2002. **Inestabilidad de Laderas Sierra Norte y Nororiental del Estado de Puebla**. Ciencia y Cultura. Vol. 9, Núm. 047. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. Pp. 51-55.

Cypher, B.L., T.K. Fuller y R. List. 2008. **Urocyon cinereoargenteus**. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 27 de noviembre de 2014].

Davis, S., S.W. Golladay, Vellidis, 9, y C.M. Pringle. 2003. **Macroinvertebrate Biomonitoring in Intermittent Coastal Plain Streams Impacted by Animal Agriculture**, 1. Environ. Qual. 32: 1036-1043.

De La Torre-Loranca, M.A., G. Aguirre-León y M. A. López-Luna. 2006. **Coralillos Verdaderos (Serpentes: Elapidae) y Coralillos Falsos (Serpentes: Colubridae) de Veracruz**, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 23 (3): 11-22.

Delong M.D. y M.A. Brusven. 1998. **Macroinvertebrate community structure along the longitudinal gradient of an agriculturally impacted streams**. Environmental Management 22: 445-447.

Dessaix, J., J. F. Fruget, J. M. Olivier y J. L. Befly. 1995. **Changes of the macroinvertebrate communities in the dammed and by-passed sections of the french upper Rh<sup>one</sup> after regulation**. Regulated Rivers: Research & Management, 10: 265-279.

Eguiluz de Antuñano, S, M. Aranda-García y R. Marrett. 2000. **Tectónica de la Sierra Madre Oriental**. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 53: 1-26.

ELAW. 2010. **Guía para Evaluar EIAs de Proyectos Mineros**. Alianza Mundial de Derecho Ambiental. USA. 120pp.

Escalante, P., A.M. Sadama y J. Robles-Jil. 2014. **Listado de los nombres comunes de las aves de México**. Instituto de Biología. UNAM. Pp 39.



**Estudio de Ordenamiento Ecológico Territorial de las Cuencas Hidrológicas de los ríos Necaxa y Laxaxalpan.** Secretaria de Ambiente y Recursos Naturales. Instituto de Ecología. Universidad Autónoma de Chapingo.

FAO. 2000. **Relaciones tierra-agua en cuencas hidrográficas rurales.** Actas del Taller electrónico. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas de la FAO. Pp 89.

Firmenich E. (2009). **Metodología para la construcción de escenarios.** CONDUCE – Grupo consultor. Argentina.

Flores, J. S y J. Álvarez-Sánchez. 2011. **Flora y Vegetación.** Pp.389-413. En: Bautista, Z. F., Palacio, P. J. L., Delfín, G. H (eds.), Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Segunda edición. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM, e Instituto de Geografía, UNAM. México.

Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2005. **Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México.** Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 20:115-144.

Frost, Darrel R. 2011. **Amphibian Species of the World:** an Online Reference. Version 5.5 (31 January, 2011). <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/> American Museum of Natural History, Nueva York, USA.

Fruget, J. F. 1991. **The impact of river regulation on the lotic macroinvertebrate communities of the lower Rhône, France.** Regulated Rivers: Research & Management, 6: 241-255.

Gannon, M.R., M. R. Willig y J. Knox. *Sturnira lilium*. 1989. **The American Society of Mammalogists. Mammalian Species** 333: 1-5.

Gallina-Tessaro & López-González.( 2011). **Manual de Técnicas para el estudio de fauna.** Instituto de Ecología. INECOL. Queretaro.

García-Vázquez, U.O., L. Canseco-Márquez, J.L. Aguilar-López, I. Solano-Zavaleta, y R.J. Maceda-Cruz. 2009. **Noteworthy records of amphibians and reptiles from Puebla, México**. *Herpetological Review*, 40: 467–470.

Gaston, K. J. y J. I. Spicer. 2004. **Biodiversity. An introduction**. Segunda Edición. Blackwell. Malden, Massachusetts.

Geoffrey, H. y L. Canseco-Márquez. 2004. **Incilius nebulifer**. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Versión 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 26 de noviembre de 2014].

Gómez Orea, D. (2002), **Evaluación de Impacto Ambiental**. 2a. Edición. España: Mundi-Prensa. 756p.

Gómez Orea, D. (2008), **Ordenamiento Territorial**. 2a. Edición. España: Mundi-Prensa. 766p.

Gómez Orea, D.(1999), **Evaluación del Impacto Ambiental, Un Instrumento Preventivo para la Gestión Ambiental**.- Ediciones Mundi-prensa.- Ed. Agrícola Española, S.A. de C.V.

Gómez Orea, D. (2009), **Evaluación de Impacto Ambiental**. Mundi Prensa. Pág. 324.

Gómez-Nísino, A. 2006. Ficha técnica de Lontra longicaudis. En: Medellín, R. (compilador). **Los mamíferos mexicanos en riesgo de extinción según el PROY-NOM-059-ECOL-2000**. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. W005. México. D.F

Goyenechea I. y O. Flores-Villela. 2006. **Taxonomic summary of Conopsis**, Günther, 1858 (Serpentes: Colubridae). *Zootaxa* 1271: 1-27.

Gutiérrez Mayén, M. G. y J. Salazar Arenas. 2006. **Herpetofauna de los municipios de Camocautla, Zapotitlán de Méndez y Huitzilán de Serdan de la Sierra Norte de Puebla**. *Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana* (3):197-223.

Gutiérrez-Mayén, G, L. Canseco-Márquez, U. O. GarcíaVázquez y C. Hernández-Jiménez. 2011. Anfibios y reptiles. In **La biodiversidad en Puebla: estudio de estado. México** (eds.). Comisión

Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla. 440 p.

Hall, E. R. 1981. **The mammals of North America**, vol. 2. Wiley. Nueva York.

Hammer, O., D. A. T. Harper, P. D. Ryan. 2001. **PAST: Paleontological Statistic software package for educatino and data analysis**. Paleontologia Electronica. 4(1):9 p.

Hellawell, J. M. 1986. **Biological indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management to Elsevier applied Science**. Washington DC, USA.

Heyer, E.R., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.A.C. Hayek y M.S. Foster. (Eds.). (2001). **Medición y monitoreo de la diversidad biológica**. Métodos estandarizados para anfibios. Smithsonian Institution Press/ Editorial Universitaria de la Patagonia.

Hernández-Madrigal, V.M., V.H. Garduño-Monroy y I. Alcántara-Ayala. 2007. **Estudio geológico para entender los procesos de remoción en masa de la región de Zacapoaxtla, Puebla, México**. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 59(2): 147-162.

Hernández-Mena, Z. 2008 **Mapa de susceptibilidad a procesos de remoción en masa con base en análisis multivariado: la región de Zapotitlán de Méndez, Puebla, México**, Universidad Nacional Autónoma de México centro de Geociencias.

Howell, N.G. S. y S. Webb. 1995. **A guide to The Birds of Mexico and Northern Central America**. OXFORD UNliversity Press. 6 reprint. 851 pp.

Howell, S. N. G. y S. Webb. 1995. **A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America**. Oxford University Press. Cambridge, Massachusetts.

<http://bdi.conabio.gob.mx/>

<http://conabio.inaturalist.org/taxa/5329-Chondrohierax-uncinatus> [Consulta: 2 de diciembre de 2014].

<http://www.birdlife.org/datazone/sowb/sowbps>

INAFED-SEGOB. 2010. **Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Puebla Región I.** <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/index.html>. [Consulta: 13 de enero de 2015].

INEGI 2000. **Síntesis Geográfica del estado de Puebla.**

INEGI. 2009. **Diccionario de datos Edafológicos. Escala 1:250 000.** Pp 36 (31).

INEGI. 2010. **Compendio de información geográfica municipal 2010, Ahuacatlán, Puebla. México.** 10 p.

INEGI. 2010. **Compendio de información geográfica municipal 2010, Amixtlan, Puebla. México.** 10 p.

INEGI. 2010. **Compendio de información geográfica municipal 2010, Hermenegildo Galeana, Puebla. México.** 10 p.

INEGI. 2010. **Compendio de información geográfica municipal 2010, Jopala, Puebla. México.** 10 p.

INEGI. 2010. **Compendio de información geográfica municipal 2010, San Felipe Tepatlán, Puebla. México.** 10 p.

INEGI. 2010. **Compendio de información geográfica municipal 2010, Tlaola, Puebla. México.** 10 p.

INEGI. 2010. **Compendio de información geográfica municipal 2010, Tlapacoya, Puebla. México.** 10 p.

INEGI.2011. **México en cifras.** <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=21>. [Consulta: 15 de enero de 2015].

INEGI-INE-CONAGUA, 2007. **Documento técnico del mapa de Cuencas hidrográficas de México (escala 1: 250 000).**

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática; Instituto Nacional de Ecología; Comisión Nacional de Agua. 2007. **Cuencas hidrográficas de México, 2007**. Escala 1:250,000. Elaborada por Priego A.G., Isunza E., Luna N. y Pérez J.L. México, D.F. 9.

IPCC (2013). **Definition of terms used within the ddc pages**. United Nations Environmental Program (UNEP). Consultado el 20 de julio de 2015 en: <http://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/definitions.html>

Jiménez-Guzmán, A., M. A. Zúñiga-Ramos y J. A. Niño-Ramírez. 1999. **Mamíferos de Nuevo León**. México. Universidad Autónoma de Nuevo León. 178 pp.

Jiménez-Moreno, F.J., M. C., López-Téllez, R. Mendoza-Cuamatzi, M.A. Pineda-Maldonado y O.R. Rojas Soto. 2011. **Aves de Puebla**. In La biodiversidad en Puebla: estudio de estado. México (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla. 440 p.

King, A. J., J. Brooks, G. P. Quinn, A. Sharpe & S. McKay, 2003. **Monitoring programs for environmental flows in Australia—A literature review**. Freshwater Ecology, Arthur Rylah Institute for Environmental Research, Department of Sustainability and Environment; Sinclair Knight Merz; Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology and Monash University.

Köhler, G. 2001. **Anfibios y Reptiles de Nicaragua**. Offenbach, Germany, Herpeton. 208 pp.

Koprowski, J., L. Roth, F. Reid, N. Woodman, R. Timm y L. Emmons. 2008. **Sciurus aureogaster**. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 27 de noviembre de 2014].

Koprowski, J., L. Roth, N. Woodman, J. Matson, L. Emmons y F. Reid. 2008. **Sciurus deppei**. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 27 de noviembre de 2014].

Lee, J., R. Calderón Mandujano, M.A. Lopez-Luna, I. Luque y D. Ariano. 2013. **Pliocercus elapoides**. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 24 de noviembre de 2014].

**Ley de Aguas Nacionales**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 01 de diciembre del 1992 y su última reforma el 11 de agosto del 2014.

**Ley General de Bienes Nacionales**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2004 y su última reforma el 07 de junio del 2013.

**Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de febrero de 2003 y su última reforma el 26 de marzo del 2015.

**Ley de la Industria Eléctrica**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de agosto del 2014.

**Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 y su última reforma el 09 de enero del 2015.

**Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre del 2008 y su última reforma el 07 de junio del 2013.

**Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía**, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre del 2008.

Liner, E. A. y G. Casas-Andreu. 2008. **Nombres Estándar en Español en Inglés y Nombres Científicos de los Anfibios y Reptiles de México**. Herpetological Circular No. 38. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Minnesota. USA.

López L.O., G.A. Woolrich y J. A. Lemos-Espinal. 2009. **La Familia Bufonidae en México**. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

López-Ramos, E., 1979. **Geología de México**, México, 2da edición escolar, 3 tomos.

Loughry, J., C. McDonough y A.M. Abba. 2014. **Dasyus novemcinctus**. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 27 de noviembre de 2014].

Lugo-Hubp, J., 1989, **La geomorfología en México**: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Revista Ciencia y Desarrollo, 87:69-79.

Lugo-Hubp, J., Zamorano-Orozco, J., Capra, L., Inbar., M. y Alcántara-Ayala, I. 2005. **Los procesos de remoción en masa en la Sierra Norte de Puebla**, Octubre de 1999: causas y efectos, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 22(2): 212-228.

MacDonald, N. 2002. Amphibian Pursuits. **Frogwatch teachers’ guide to frogs as indicators of ecosystem health**. FrogWatch-Nature Canada-Environmental Canada. Ottawa. Canadá.

Magurran, E. A. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. EEUU. 172 pp.

Manzini M. y Rabuffetti D. (2003). **Sensitivity of rainfall thresholds triggering soil slip to soil hydraulic parameter an hillslope geometry**. **International Conference on fast slope movements**, prediction and prevention for risk mitigation Napoles Italia. Volumen 1. Bologna (eds) 349-355.

Martínez, M. A., V. Evangelista, F. Basurto, M. Mendoza y A. Cruz-Rivas. 2007. **Flora útil de los cafetales en la Sierra Norte de Puebla, México**. Revista Mexicana de Biodiversidad. 78: 15-40

Martínez-Vázquez, J., R.M. Rosales-Monroy, M.C. López Téllez y A.G. Colodner-Chamudis.2011. Mamíferos. In La **biodiversidad en Puebla: estudio de estado**. México (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla. 440 p.

Medellín, R. A., H. T. Arita y O. Sánchez H. 1997. **Identificación de los Murciélagos de México**. Clave de campo. Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. Publ. esp. no. 2. México.

Miranda, F. 1947. **Estudios sobre la vegetación de México**. V. Rasgos de la vegetación en la cuenca del Río balsas. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. 8: 95-114

Minshall, W.G. 1984. **Aquatic insect-substratum relationships**. In: Resh VH, Rosenberg DM (eds.). The Ecology of aquatic insects. New York, USA: Praeger Publisher, 358-400

Monroe, S.J. y R. Wicander. 2000. **Fundamentos de la Geología**. 2 da reimpresión. Ediciones Paraninfo. Pp 445.

Montoya- Ayala, R., Padilla- Ramírez y S. Stanford- Camargo. 2003. **Valoración de la calidad y fragilidad visual del paisaje en el valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla (México)**. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles. 35:123-136.

Moreno, C E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED; Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. España. 86 pp.

Moreno, C.E., Barragán, E. Pineda y N.P Pavón. 2011 **Reanalizando la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas**: Revista Mexicana de Biodiversidad 82: 1249-1261.

Morrone, J.J. 2009. **Evolutionary biogeography**: An integrative approach with case studies.

Muir, J., 1936."Geology of the Tampico Region. Mexico". American Association of Petroleum Geologist, Bulletin Vol. 20.

Navarro, S.A. y A. Gordillo. 2006. **Catálogo de Autoridades Taxonómicas de las Aves de México**. Facultad de Ciencias, UNAM. Base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Proyecto CS010. México, D.F.

Neumann, M. y D. Dudgeon. 2002. **The impact of agricultural runoff on stream benthos in Hong Kong, China**. Water Research 36: 3103- 3109.

**NOM-011-CONAGUA-2015**, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales; publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de marzo del 2015.

**NOM-041-SEMARNAT-2006**, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de marzo del 2007 y



modificada por acuerdo del 28 de diciembre del 2011, respecto de los límites establecidos en las tablas 3 y 4 de los numerales 4.2.1 y 4.2.2.

**NOM-045-SEMARNAT-2006**, Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diesel como combustible.- Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de septiembre de 2007.

**NOM-052-SEMARNAT-2005**, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 junio del 2006.

**NOM-054-SEMARNAT-1993**, Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993.

**NOM-059-SEMARNAT-2010**, Protección Ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- lista de especies en riesgo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2010.

**NOM-080-SEMARNAT-1994**, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de enero de 1995.

**NOM-081-SEMARNAT-1994**.- Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de enero de 1995 y modificada mediante Acuerdo en su numeral 5.4 el 03 de diciembre del 2013.

**NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012**, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de septiembre del 2013.

Núñez, G. A. 2005. **Los mamíferos silvestres de Michoacán**. Diversidad, Biología e Importancia. Laboratorio de Mastozoología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 420 pp.

- Ogayar A. (2001). **Método de los Escenarios: apuntes teóricos**. Universidad de Jaén. España.
- Palmer C.G., J.H. O’keeffe, A.R. Palme. 1991. **Are macroinvertebrate assemblages in the Buffalo River, southern Africa, associated with particular biotopes?** Journal of North America Benthological Society 10:349-357.
- Parrilla A. E., Márquez P. J. & V. Rodríguez. D. 2003. **Establecimiento de la fragilidad visual del paisaje mediante SIG en el entorno del P.N. de la Breña y Marismas del Barbate** (Cádiz, España). Aproximación metodológica. IX Conferencia Iberoamericana de SIG, Cáceres.
- Pennington, D. T. y J. Sarukhán. 2005. **Árboles tropicales de México**. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México. 522 pp.
- Peralta-Moctezuma J.V. y J. Martínez-Vázquez. 2013. **Biodiversidad mastofaunística de la Sierra Norte de Puebla, México**. En Memorias del XXI Congreso Nacional de Zoología 2013. Pp 833 (204).
- Pereyra, D. D. y A. Hernández T. (1989), "**Avenida de diseño: cuando no se tienen registros hidrométricos en el sitio del proyecto**", GEOS, Bol. Unión Geofís., México, núm. 9, pp. 95–102.
- Pereyra-Díaz, D. y J.A.J. Pérez-Sesma. 2005. **Hidrología de superficie y precipitaciones intensas 2005 en el estado de Veracruz**. Inundaciones 2005 Estado de Veracruz. Departamento de Hidrometeorología de la Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas, Universidad Veracruzana. Pp 81-99.
- Pérez-Solano. L.A., S. Mandujano, F. Contreras-Moreno y J.M. Salazar. 2012. **Primeros registros del temazate rojo Mazama temama en áreas aledañas a la Reserva de Biosfera de Tehuacán–Cuicatlán**, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 83: 875-878.
- Peterson, A. T., and K. C. Cohoon. 1999. **Sensitivity of distributional prediction algorithms to geographic data completeness**. Ecological Modeling 117: 159-164.
- Pineda-López R. y J.R. Verdú-Faraco. 2013. **Cuaderno de Prácticas. Medición de la biodiversidad: diversidades alfa, beta y gamma**. Universidad Autónoma de Querétaro México y Universidad de Alicante España. 114 pp.

Plafkin, J. L., M.T. Barbour; Porters; Kgros y S R.M. Hughes.1989.**Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Rivers. Benthic Macroinvertebrates and Fish.** Office of Water Regulations and Standards, Environmental Protection Agency.

**Plan Estatal de Desarrollo 2011 – 2017 (Puebla).**

**Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018**, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo del 2013.

Primack, R, 2002. **Essentials of Conservation Biology**. Tercera Edición. Sinauer, Sunderland, Massachusetts.

Pringle C.M, R.J., G. Naiman Bretschko, J. R. Karr., M.W. Oswood, J.R. Webster, R.L. Welcomme, M.J. Winterbourn. 1988. **Patch dynamics in lotic systems: the stream as a mosaic**. Journal of North America Benthological Society 7:503-524.

**Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2012-2026**

**Programa Sectorial de Energía 2013 -2018**, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre del 2013.

Poff, N. L., J. D. Allen, M. B. Bain, J. R. Karr, K. L. Prestegard, B. D. Richter, R. E. Sparks & J. C. Stromberg, 1997. **The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration**. BioScience 47: 769–784.

Puig, H. 1991. **Vegetación de la Huasteca, México**. Segunda edición. Instituto de investigación científica para el desarrollo y cooperación, ORSTOM, Instituto de Ecología y Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos, CEMCA. México. 689 pp.

Ramírez Bautista, A. y M. C. Arizmendi. 2004. Rana berlandieri. **Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México**. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W013. México. D.F.

Ramírez Pulido J., N. González-Ruiz, y H. H. Genoways. 2005. **Carnivores from the Mexican state of Puebla: distribution, taxonomy and conservation.** Mastozoología Neotropical 12:37-52.

Ramírez-Bravo, O.E. y L. Hernández-Santín. 2012. **Nuevos registros del temazate rojo (Mammalia: Artiodactyla: Cervidae: Mazama temama) en el estado de Puebla.**

Ramírez-Pulido, J., A. Castro-Campillo, A. Salame-Méndez y H. H. Genoways. 1999. **The heteromyid rodents from the Mexican state of Puebla.** Mastozoología Neotropical; 6(2):113-127.

**Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales**, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de enero de 1994 y su última reforma el 25 de agosto del 2014.

**Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable**, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de febrero de 2005 y su última reforma el 31 de octubre del 2014.

**Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica**, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre del 2014.

**Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental**, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo del 2000 y su última reforma el 31 de octubre del 2014.

**Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética**, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 02 de septiembre del 2009 y su última reforma el 30 de noviembre del 2012.

**Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía**, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 11 de septiembre del 2009 y su última reforma el 11 de septiembre del 2009.

Reid, F. y J. Pino. 2008. **Peromyscus mexicanus. The IUCN Red List of Threatened Species.** Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 27 de noviembre de 2014].

RESH V.H., A.V. Brown, A.P. Covich., M.E. Gurtz, H. W. Li, G.W. Minshall, S.R. Reice, A.L. Sheldon, B.J. Wallace, R.C. Wissmar. 1988. **The role of disturbance in stream ecology.** *Journal of North America Benthological Society* 7:433-455.

Reynoldson, B. 1987. **The role of environmental factors in the ecology of tubificid oligochaetes and experimental study.** *Holarct. Ecol.* 10:241-248.

Richter, B. D., R. Mathews, D. L. Harrison & R. Wigington, 2003. **Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity.** *Ecological Applications* 13: 206–224.

Ricketson J. M. y J. J. Pipoly. 2009. Myrsinaceae. Pp 468-568. En **Flora Mesoamericana**. Volume 4, parte 1. Universidad Nacional Autónoma de México, Missouri botanical Garden, The Natural History Museum.

Rodríguez, P. O. 2005. **Contribución al conocimiento de la flora fanerogámica de la parte Sur-Oeste del municipio de Zihuateutla, Puebla.** Tesis de licenciatura. Universidad Nacional autónoma de México, Facultad de Estudios Iztacala. México. 71 pp.

Rogers, D.S. y J.A. Skoy. 2010. **Peromyscus furvus (Rodentia: Cricetidae).** *The American Society of Mammalogists*. *Mammalian Species* 43(888): 209-215.

Romero-Almaraz, M. L., C. Sánchez-Hernández, C. García-Estrada y R. D. Owen. 2007. **Mamíferos pequeños. Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio.** Facultad de Ciencias e Instituto de Biología, UNAM; Centro de Investigaciones Biológicas, UAEM, México, 201 pp.

Rosenbergd, M y V.H. Resh. 1993. **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates.** New York Chapman & Hall. 488 pp.

Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores, 2001. **Flora fanerogámica del Valle de México.** 2ª ed. Instituto de Ecología, A. C. y comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.

Rzedowski, J. 1978. **Vegetación de México.** Limusa. México. 432 pp.

SAGARPA-FIRCO 2010. **Proyecto Institucional para la concurrencia Territorial-Microcuencas.** Pp.147.

SAGARPA-FIRCO, 2004. **Programa Nacional de Microcuencas.**

Salazar-Arenas J. 2001. **Herpetofauna de tres municipios de la sierra norte de Puebla (Camocuautla, Huitzilán y Zapotitlán).** Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla.

Samudio, R., R. Kays, A. D. Cuarón, J. L. Pino y K. Helgen. 2008. **Nasua narica. The IUCN Red List of Threatened Species.** Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 27 de noviembre de 2014].

Sánchez-Fernández, D., P. Abellán, A. Mellado, J. Velasco y A. Millán. 2006. **Are water beetles good indicators of biodiversity in Mediterranean aquatic ecosystems? The case of the Segura river basin (SE Spain).** Biodiversity and Conservation. 15:4507–4520.

Santos-Barrera G. y O. Flores-Villela. 2004. **Craugastor mexicanus. The IUCN Red List of Threatened Species.** Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 25 de noviembre de 2014].

Santos-Barrera G., G. Hammerson, G. Köhler, L. D. Wilson, J. Lee y R. Cedeño-Vázquez. 2010. **Lithobates berlandieri. The IUCN Red List of Threatened Species.** Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 25 de noviembre de 2014].

Santos-Barrera G., G. Hammerson, G. Köhler, L. David-Wilson, J. Lee y R. Cedeño-Vázquez 2010. **Lithobates berlandieri. The IUCN Red List of Threatened Species.** Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 24 de noviembre de 2014].

Santos-Barrera G., L. Canseco-Márquez y O. Flores-Villela. 2004. **Ecnomiohyla miotympanum. The IUCN Red List of Threatened Species.** Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 27 de noviembre de 2014].

Santos-Barrera, G. y L. Canseco-Márquez. 2004. **Plectrohyla arborescandens**. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 24 de noviembre de 2014].

Santos-Barrera, G., O. Flores-Villela y P. Ponce-Campos. 2010. **Anaxyrus compactilis**. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 26 de noviembre de 2014].

SE –CONAE.1995. **Estudio de la Situación Actual de la Minihidráulica Nacional y Potencial en una Región de los Estados de Veracruz y Puebla**. Dirección de Cogeneración y Fuentes no Convencionales de Energía, Coordinación Técnica. Pp 204.

SEDESOL. 2010. **Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social, Ahuacatlán, Puebla**. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. México. 2 pp.

SEDESOL. 2010. **Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social, Amixtlan, Puebla**. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. México. 2 pp.

SEDESOL. 2010. **Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social, Hermenegildo Galeana, Puebla**. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. México. 2 pp.

SEDESOL. 2010. **Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social, Jopala, Puebla**. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. México. 2 pp.

SEDESOL. 2010. **Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social, San Felipe Tepatlán, Puebla**. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. México. 2 pp.

SEDESOL. 2010. **Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social, Tlaola, Puebla**. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. México. 2 pp.

SEDESOL. 2010. **Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social, Tlapacoya, Puebla**. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. México. 2 pp.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. **Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna**

**silvestres– Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio– Lista de especies en riesgo.** Diario Oficial de la Federación, segunda sección, jueves 30 de diciembre de 2010.

SEMARNAT, 2008 **Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región del Volcán Popocatepetl y su zona de influencia en el Estado de Puebla.** Glosario

Sibley D.A. 2000. **The Sibley Guide to Birds.** Alfred A Knopf New York. 544 pp.

Sloto, R. A. 1987. **Effect of urbanization on the water resources of Eastern Chester County,** Pennsylvania. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 87- 4098. 131 pp.

Smith, H.B. 1941. **On The Mexican Snakes of the Genus Pliocercus.** Proceedings of the Biological Society of Washington 54: 119-124.

Standford, J. A. & J. V. Ward, 2001. **Arena revisiting the serial discontinuity concept.** Regulated Rivers Research and Management 17: 303–310.

Statzner, B., Gore J.A, Resh VH. 1988. **Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications.** Journal of North America Benthological Society 7:307-360.

Timm, R., A.D. Cuarón, F. Reid y K. Helgen. 2008. **Procyon lotor.** **The IUCN Red List of Threatened Species.** Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 27 de noviembre de 2014].

Van Perlo, B. 2006. **Birds of Mexico and Central America.** Princeton University Press. New Jersey U.S.A. 336 pp.

Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R., and Cushing, C.E. 1980. **The river continuum concept.** **Can. J Fish. Aquat. Sci.** 37: 130-137.

Vargas-Miranda, B.1999. **Los murciélagos de Puebla, México.** Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Puebla. México. Pp. 84.

Vergara C., Maza F. y Fontalvo T. (2010). **Futurología: origen, evolución y métodos.** Palobra. Colombia, 11, pp 218-229.



Villanueva-Manzo, J. 2002. **Microcuencia**. Universidad Autónoma Chapingo. México. Pp 222.

Villareal, E.B., J. H. Hernández, G.F. Franco, S. F. García y Q.F. Utrera. 2013. **Densidad Poblacional del Venado Temazate Rojo (Mazama temama) en dos Sierra del estado de Puebla, México**. Revista colombiana de ciencia. Anima. 5(1):24-35.

Waldemarin, H.F. y R. Álvarez. 2008. **Lontra longicaudis**. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. [Consulta: 27 de noviembre de 2014].

Ward, J. V. 1976. **Effects of flow patterns below large dams on stream benthos: a review**. In: **Instream flow needs symposium 2**. J.F. Orsborn & C.H. Allman (eds.): 235-253. American Fisheries Society, Bethesda.

Ward, J. V. y J. A. Stanford, 1979. **Ecological factors controlling stream zoobenthos with the emphasis on thermal modification of regulated streams**. In Ward, J. V. y J. A. Stanford (eds), **The Ecology of Regulated Rivers**. Plenum Press, New York, 35–55.

Weaver, L. A. y G. C. Garman. 1994. **Urbanization of a watershed and historical changes in a stream fish assemblage**. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 123: 162-172.

Xelano-Conde J. M. 2004. **Estudio herpetofaunístico del Municipio de Zacatlán**, Puebla. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla.