

5. Balance hidráulico y disponibilidad media anual superficial en las cuencas de los ríos Verde y Juchipila

5.1 Balance hidráulico de las cuencas de los ríos Verde y Juchipila

Para la elaboración del balance de aguas superficiales de las cuencas de los ríos Verde y Juchipila se identificaron, cuantificaron y relacionaron las entradas y salidas de agua en cada una de las subcuencas.

Para la estimación de la disponibilidad media anual de agua superficial en un sistema de cuencas interconectadas natural o artificialmente se lleva a cabo en tres fases:

1. Estimación del escurrimiento aguas abajo
2. Distribución de las demandas aguas arriba
3. Estimación de la disponibilidad

Lo anterior con base en la metodología desarrollada por la Gerencia de Planeación Hidráulica y la Norma Oficial de Emergencia para estimar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, elaborada por la Subdirección General Técnica

Una vez obtenida la disponibilidad superficial, se calcula la disponibilidad relativa la cual nos proporciona la clasificación de la cuenca o subcuenca (escasa, equilibrio, disponibilidad y abundante)

Para fines de este estudio las cuencas de los ríos Verde y Juchipila se subdividieron en 13 y 5 subcuencas respectivamente (ver cuadro 5.1), de acuerdo a la información hidroclimatológica disponible y los padrones de usuarios de los diferentes usos del agua, las que se identificaron de la siguiente manera:

SUBCUENCAS	
No.	NOMBRE
Río Verde	
V1	San Francisco de los Romo
V2	Presa Calles
V3	Presa Niagara
V4	Presa El Cuarenta
V5	San Gaspar
V6	Presa Ajojucar
V7	Presa Agostadero
V8	Río Encarnación
V9	Paso del Sabino
V10	San Miguel
V11	El Salto
V12	La Cuña
V13	Purgatorio
Río Juchipila	
J1	Río Palomas
J2	Presa El Chique
J3	Tecomate
J4	Presa La Boquilla
J5	Resto Juchipila

Cuadro 5.1 Subcuencas de los ríos Verde y Juchipila

5.1.1 Estimación del escurrimiento aguas abajo

Para calcular el escurrimiento aguas abajo de cada una de las subcuencas se utilizó la siguiente expresión:

$$Ab = Cp + Ar + R + Im - (Uc + Ev + Ex + \Delta V)$$

Donde:

- Ab Escurrimiento aguas abajo
- Cp Escurrimiento por cuenca propia
- Ar Escurrimiento aguas arriba
- R Retornos
- Im Importaciones
- Uc Usos consuntivos
- Ev Evaporación en vasos
- Ex Exportaciones
- ΔV Variación anual en el volumen de agua superficial almacenada ($V_2 - V_1$)

Río Verde

Subcuenca V1 San Francisco de los Romo, desde su origen hasta la estación climatológica del mismo nombre.

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 17.86 Mm³. En la subcuenca se localizan 8 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 0.70 Mm³, los usos consuntivos en la subcuenca son de 15.04 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{V1} &= Cp_{V1} + R - (Uc_{V1} + Ev_{V1}) \\ Ab_{V1} &= 17.86 + 4.14 - (15.04 + 0.70) \\ Ab_{V1} &= 6.26 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca V2 Presa Plutarco Elías Calles, desde su origen hasta la presa Calles

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 50.18 Mm³. En la subcuenca se localizan 50 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 13.11 Mm³ y una variación de su almacenamiento de 7.44 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 2.81 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
Ab_{V2} &= Cp_{V2} + R + Im_{V3} - && (Uc_{V2} + Ev_{V2} + \Delta v_{V2}) \\
Ab_{V2} &= 50.18 + 0.41 + 15.47 - && (2.81 + 13.11 + 7.44) \\
Ab_{V2} &= 42.70 \text{ Mm}^3
\end{aligned}$$

Subcuenca V3 Presa El Niagara, desde presa Calles hasta presa El Niagara

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 60.60 Mm³. En la subcuenca se localizan 15 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 7.46 Mm³ y una variación de su almacenamiento de 0.31 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 85.25 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
Ab_{V3} &= Cp_{V3} + Ar_{V1,V2} + R - && (Uc_{V3} + Ev_{V3} + Ex_{V3} + \Delta v_{V3}) \\
Ab_{V3} &= 60.60 + 48.96 + 28.76 - && (85.25 + 7.46 + 15.47 + 0.31) \\
Ab_{V3} &= 29.83 \text{ Mm}^3
\end{aligned}$$

Subcuenca V4 Presa El Cuarenta, desde su origen hasta presa El Cuarenta

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 50.21 Mm³. En la subcuenca se localizan 22 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 4.17 Mm³ y una variación de su almacenamiento de 0.09 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 24.42 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
Ab_{V4} &= Cp_{V4} + R - && (Uc_{V4} + Ev_{V4} + \Delta v_{V4}) \\
Ab_{V4} &= 50.21 + 3.30 - && (24.42 + 4.17 + 0.09) \\
Ab_{V4} &= 24.83 \text{ Mm}^3
\end{aligned}$$

Subcuenca V5 San Gaspar, desde presa El Cuarenta hasta confluencia del río Verde

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 147.44 Mm³. En la subcuenca se localizan 23 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 2.11 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 58.38 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
Ab_{V5} &= Cp_{V5} + Ar_{V4} + R - && (Uc_{V5} + Ev_{V5}) \\
Ab_{V5} &= 147.44 + 24.83 + 8.73 - && (58.38 + 2.11) \\
Ab_{V5} &= 120.51 \text{ Mm}^3
\end{aligned}$$

Subcuenca V6 Presa Ajojuar, desde presa El Niagara hasta presa Ajojuar

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 22.30 Mm³. En la subcuenca se localizan 5 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 1.84 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 15.47 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{V6} &= Cp_{V6} + Ar_{V3} + R - && (Uc_{V6} + Ev_{V6}) \\ Ab_{V6} &= 22.30 + 29.83 + 3.03 - && (15.47 + 1.84) \\ Ab_{V6} &= 37.85 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca V7 Presa Agostadero, desde su origen hasta presa Agostadero

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 20.24 Mm³. En la subcuenca se localizan la presa Las Crucitas en la cual se estima un volumen medio anual por evaporación de 0.02 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 1.78 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{V7} &= Cp_{V7} + R - && (Uc_{V7} + Ev_{V7}) \\ Ab_{V7} &= 20.24 + 0.44 - && (1.78 + 0.02) \\ Ab_{V7} &= 18.88 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca V8 Río Encarnación, desde su origen hasta la confluencia del río Verde

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 119.76 Mm³. En la subcuenca se localizan 28 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 1.23 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 35.21 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{V8} &= Cp_{V8} + R - && (Uc_{V8} + Ev_{V8}) \\ Ab_{V8} &= 119.76 + 7.02 - && (35.21 + 1.23) \\ Ab_{V8} &= 90.34 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca V9 Resto Paso del Sabino, desde Ajojucar-Agostadero hasta Paso del Sabino

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 48.62 Mm³. En la subcuenca se localizan 8 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 0.23 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 9.89 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{V9} &= Cp_{V8} + Ar_{V6,V7,V8} + R - && (Uc_{V8} + Ev_{V8}) \\ Ab_{V9} &= 48.62 + 147.07 + 1.89 - && (9.89 + 0.23) \\ Ab_{V8} &= 187.46 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca V10 San Miguel, desde su origen hasta la confluencia del río Verde

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 76.52 Mm³. En la subcuenca se localizan 2 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 0.20 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 4.20 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{V10} &= Cp_{V10} + R - && (Uc_{V10} + Ev_{V10}) \\ Ab_{V9} &= 76.52 + 1.11 - && (4.20 + 0.20) \\ Ab_{V8} &= 73.23 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca V11 El Salto, desde su origen hasta la confluencia del río Verde

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 60.92 Mm³. En la subcuenca se localizan 7 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 6.31 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 1.97 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{V11} &= Cp_{V11} + R - && (Uc_{V11} + Ev_{V11}) \\ Ab_{V11} &= 60.92 + 1.07 - && (1.97 + 6.31) \\ Ab_{V11} &= 53.71 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca V12 La Cuña, desde la confluencia del río Verde hasta La Cuña

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 117.51 Mm³. En la subcuenca se localizan 6 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 0.42 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 11.69 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
Ab_{V12} &= Cp_{V12} + Ar_{V5,V9,V10,V11} + R - (Uc_{V8} + Ev_{V8}) \\
Ab_{V12} &= 117.51 + 434.91 + 2.79 - (11.69 + 0.42) \\
Ab_{V12} &= 543.10 \text{ Mm}^3
\end{aligned}$$

Subcuenca V13 El Purgatorio, La Cuña hasta El Purgatorio

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 149.55 Mm³. En la subcuenca se localizan 4 almacenamientos en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 1.31 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 20.94 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
Ab_{V13} &= Cp_{V13} + Ar_{V12} + R - (Uc_{V13} + Ev_{V13}) \\
Ab_{V13} &= 149.55 + 543.10 + 3.56 - (20.94 + 1.31) \\
Ab_{V13} &= 673.96 \text{ Mm}^3
\end{aligned}$$

Río Juchipila

Subcuenca J1 Río Palomas, desde su origen hasta presa Palomas

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 27.05 Mm³. En la subcuenca se localiza 1 almacenamiento en el cual se estima un volumen medio anual por evaporación de 1.15 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 3.17 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
Ab_{J1} &= Cp_{J1} + R - (Uc_{J1} + Ev_{J1}) \\
Ab_{J1} &= 27.05 + 0.48 - (3.17 + 1.15) \\
Ab_{J1} &= 23.21 \text{ Mm}^3
\end{aligned}$$

Subcuenca J2 Presa El Chique, desde su origen hasta presa El Chique

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 81.13 Mm³. En la subcuenca se localizan 8 almacenamientos, en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 9.21 Mm³ y una variación de su almacenamiento de -0.59; los usos consuntivos en la subcuenca son de 39.15 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned}
Ab_{J2} &= Cp_{J2} + Ar_{J1} + R - (Uc_{J2} + Ev_{J2} + \Delta_{J2}) \\
Ab_{J2} &= 81.13 + 23.21 + 4.69 - (39.15 + 9.21 - 0.59) \\
Ab_{J2} &= 61.26 \text{ Mm}^3
\end{aligned}$$

Subcuenca J3 Tecomate, desde presa El Chique hasta presa Achoquen

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 128.31 Mm³. En la subcuenca se localizan 12 almacenamientos, en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 4.73 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 73.33 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{J3} &= Cp_{J3} + Ar_{j2} + R - (Uc_{J3} + Ev_{J3}) \\ Ab_{J3} &= 128.31 + 61.26 + 9.54 - (73.33 + 4.73) \\ Ab_{J3} &= 121.05 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca J4 La Boquilla, desde presa Achoquen hasta presa La Boquilla

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 186.05 Mm³. En la subcuenca se localizan 6 almacenamientos, en los cuales se estima un volumen medio anual por evaporación de 0.60 Mm³; los usos consuntivos en la subcuenca son de 11.10 Mm³; por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{J4} &= Cp_{J4} + Ar_{j3} + R - (Uc_{J4} + Ev_{J4}) \\ Ab_{J4} &= 186.05 + 121.05 + 2.27 - (11.10 + 0.60) \\ Ab_{J4} &= 297.67 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

Subcuenca J5 Resto de Juchipila, desde La Boquilla hasta confluencia del río Verde

Genera un escurrimiento natural o virgen medio anual por cuenca propia (Cp) de 1.18 Mm³. En la subcuenca no se localizan almacenamientos, los usos consuntivos en la subcuenca son de 0.02 Mm³, por lo tanto:

$$\begin{aligned} Ab_{J5} &= Cp_{J5} + Ar_{j4} - (Uc_{j4}) \\ Ab_{J5} &= 1.18 + 297.67 - (0.02) \\ Ab_{J5} &= 298.84 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

5.1.2 Distribución de las demandas aguas arriba

Estimación de los Volúmenes Reservados

Se entiende como volumen reservado aguas abajo, Rxy, de una cuenca X, a la fracción del escurrimiento superficial que sale de la misma y que contribuye a satisfacer las extracciones de la cuenca de aguas abajo; y volumen reservado por cuenca propia, Rxx, al que contribuye a la satisfacción de las extracciones dentro de la misma cuenca X.

La distribución de las demandas se inicia de aguas abajo hacia aguas arriba.

Río Verde

Subcuenca V13 El Purgatorio, La Cuña hasta El Purgatorio

La subcuenca V13 presenta una demanda por cuenca propia de 20.94 Mm³, que es satisfecha por los escurrimientos por cuenca propia y por los de aguas arriba que provienen de la subcuenca V12 y por los retornos en la misma subcuenca; por lo tanto:

$$\begin{array}{rcccc} (\text{Cp}_{V13} + \text{R}_{V13} + \text{Ab}_{V12} = & 149.55 + 3.56 + & 543.10 = & 696.21 \\ & 21.99\% & 78.01\% & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$\text{Uc}_{V13} + \text{Ev} = 20.94 + 1.31 = 22.25 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} \text{R}_{V13V13} = 22.25 * 0.2199 = 4.89 \text{ Mm}^3 \\ \text{R}_{V12V13} = 22.25 * 0.7801 = 17.36 \text{ Mm}^3 \\ \qquad \qquad \qquad 22.25 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca V12 La Cuña, desde la confluencia del río Verde hasta La Cuña

La subcuenca V12 presenta una demanda por cuenca propia de 11.69 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V13 de 17.36 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 0.42 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 117.51 Mm³ y recibe escurrimientos de las subcuencas V5, V9, V10 y V11 por 434.91 Mm³.

$$\begin{array}{rcccccc} (\text{Cp}_{V12} + \text{R}_{V12} + \text{Ab}_{V5, V9, V10, V11} = & 117.51 + 2.79 + & 120.51 + & 187.46 + & 73.23 + & 53.71 = & 555.21 \\ & 21.67\% & 21.71\% & 33.76\% & 13.19\% & 9.67\% & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$\text{Uc}_{V12} + \text{R}_{V13} + \text{Ev} = 11.69 + 17.36 + 0.42 = 29.47 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{aligned}
R_{V12V12} &= 29.47 * 0.2167 &= 6.38 \text{ Mm}^3 \\
R_{V5V12} &= 29.47 * 0.2171 &= 6.40 \text{ Mm}^3 \\
R_{V9V12} &= 29.47 * 0.3376 &= 9.95 \text{ Mm}^3 \\
R_{V10V12} &= 29.47 * 0.1319 &= 3.89 \text{ Mm}^3 \\
R_{V11V12} &= 29.47 * 0.0967 &= 2.85 \text{ Mm}^3 \\
&&&29.47 \text{ Mm}^3
\end{aligned}$$

Subcuenca V11 El Salto, desde su origen hasta la confluencia del río Verde

La subcuenca V11 presenta una demanda por cuenca propia de 1.97 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V12 de 2.85 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 6.31 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 60.92 Mm³.

$$\begin{array}{rcl}
(C_{pV11}+R_{V11}) &= & 60.92+1.07 \\
&& 100\% &= & 61.99 \\
&& & & 100\%
\end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$U_{C_{V11}}+R_{V12}+Ev= 1.97+2.85+6.31 = 11.13 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{aligned}
R_{V11V11} &= 11.13 * 1.00 = 11.13 \text{ Mm}^3 \\
&&&11.13 \text{ Mm}^3
\end{aligned}$$

Subcuenca V10 San Miguel, desde su origen hasta la confluencia del río Verde

La subcuenca V10 presenta una demanda por cuenca propia de 4.20 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V12 de 3.89 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 0.20 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 76.52 Mm³.

$$\begin{array}{rcl}
(C_{pV10}+R_{V10}) &= & 76.52+1.11 \\
&& 100\% &= & 77.63 \\
&& & & 100\%
\end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$U_{C_{V10}}+R_{V12}+Ev= 4.20+3.89+0.20 = 8.29 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$R_{V_{10}V_{10}} = 8.29 * 1.00 = 8.29 \text{ Mm}^3$$

$$8.29 \text{ Mm}^3$$

Subcuenca V9 Resto Paso del Sabino, desde Ajojuar-Agostadero hasta Paso del Sabino

La subcuenca V9 presenta una demanda por cuenca propia de 9.89 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V12 de 9.95 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 0.23 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 48.62 Mm³ y recibe escurrimientos de las subcuencas V6, V7 y V8 por 147.07 Mm³.

(C _{V9} +R _{V9} +Ab _{V6,V7,V8} =	48.62+1.89+	37.85+	18.88+	90.34=	197.58
	25.56%	19.16%	9.56%	45.72%	100%

El volumen comprometido será:

$$U_{C_{V9}+R_{V12}+E_V} = 9.89+9.95+0.23 = 20.07 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$R_{V9V9} = 20.07 * 0.2556 = 5.13 \text{ Mm}^3$$

$$R_{V6V9} = 20.07 * 0.1916 = 3.84 \text{ Mm}^3$$

$$R_{V7V9} = 20.07 * 0.0956 = 1.92 \text{ Mm}^3$$

$$R_{V8V9} = 20.07 * 0.4572 = 9.18 \text{ Mm}^3$$

$$20.07 \text{ Mm}^3$$

Subcuenca V8 Río Encarnación, desde su origen hasta la confluencia del río Verde

La subcuenca V8 presenta una demanda por cuenca propia de 35.21 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V9 de 9.18 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 1.23 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 119.76 Mm³.

(C _{V8} +R _{V8}) =	119.76+7.02	=	126.78
	100%		100%

El volumen comprometido será:

$$U_{C_{V8}+R_{V9}+E_V} = 35.21+9.18+1.23 = 45.62 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$R_{V8V8} = 45.62 * 1.00 = 45.62 \text{ Mm}^3$$

$$45.62 \text{ Mm}^3$$

Subcuenca V7 Presa Agostadero, desde su origen hasta presa Agostadero

La subcuenca V7 presenta una demanda por cuenca propia de 1.78 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V9 de 1.92 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 0.02 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 20.24 Mm³.

$$(C_{pV7}+R_{V7}) = \begin{array}{r} 20.24+0.44 \\ 100\% \end{array} = \begin{array}{r} 20.68 \\ 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$U_{C_{V7}+R_{V9}+E_{V7}} = 1.78+1.92+0.02 = 3.72 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$R_{V7V7} = 3.72 * 1.00 = 3.72 \text{ Mm}^3$$

$$3.72 \text{ Mm}^3$$

Subcuenca V6 Presa Ajojuar, desde presa El Niagara hasta presa Ajojuar

La subcuenca V6 presenta una demanda por cuenca propia de 15.47 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V9 de 3.84 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 1.84 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 22.30 Mm³ y recibe escurrimientos de la subcuenca V3 por 29.83 Mm³.

$$(C_{pV6}+R_{V9}+A_{bV3}) = \begin{array}{r} 22.30+3.03+ \\ 45.92\% \end{array} \begin{array}{r} 29.83 \\ 54.08\% \end{array} = \begin{array}{r} 55.16 \\ 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$U_{C_{V6}+R_{V9}+E_{V6}} = 15.47+3.84+1.84 = 21.15 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$R_{V6V6} = 21.15 * 0.4592 = 9.71 \text{ Mm}^3$$

$$R_{V3V6} = 21.15 * 0.5408 = 11.44 \text{ Mm}^3$$

$$21.15 \text{ Mm}^3$$

Subcuenca V5 San Gaspar, desde presa El Cuarenta hasta confluencia del río Verde

La subcuenca V5 presenta una demanda por cuenca propia de 58.38 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V12 de 6.40 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 2.11 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 147.44 Mm³ y recibe escurrimientos de la subcuenca V4 por 24.83 Mm³.

$$\begin{array}{rclcl} (C_{pV5}+R_{V5}+Ab_{V4} = & 147.44+8.73+ & 24.83= & 181.00 \\ & 86.28\% & 13.72\% & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$U_{C_{V5}+R_{V12}+E_V} = 58.38+6.40+2.11 = 66.89 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} R_{V5V5} = 66.89 * 0.8628 = 57.71 \text{ Mm}^3 \\ R_{V4V5} = 66.89 * 0.1372 = 9.18 \text{ Mm}^3 \\ \qquad \qquad \qquad 66.89 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca V4 Presa El Cuarenta, desde su origen hasta presa El Cuarenta

La subcuenca V4 presenta una demanda por cuenca propia de 24.42 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V5 de 9.18 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 4.17 Mm³ y una variación de almacenamiento de 0.09 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 50.21 Mm³.

$$\begin{array}{rclcl} (C_{pV4}+R_{V4}) = & 50.21+3.30 & = & 53.51 \\ & 100\% & & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$U_{C_{V4}+R_{V5}+E_{V4}+ \Delta_{V4}} = 24.42+9.18 +4.17+ 0.09 = 37.86 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} R_{V4V4} = 37.86 * 1.00 = 37.86 \text{ Mm}^3 \\ \qquad \qquad \qquad 37.86 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca V3 Presa El Niagara, desde presa Calles hasta presa El Niagara

La subcuenca V3 presenta una demanda por cuenca propia de 85.25 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V6 de 11.44 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 7.46 Mm³ y una variación de almacenamiento de 0.31; genera un escurrimiento por cuenca propia de 60.60 Mm³ y recibe escurrimientos de las subcuencas V1 y V2 por 48.96 Mm³.

$$\begin{array}{rcccccl} (\text{Cp}_{V3} + \text{R}_{V3}) + \text{Ab}_{V1, V2} = & 60.60 + 28.76 + & 6.26 + & 42.70 = & 138.32 \\ & 61.61\% & 4.53\% & 30.87\% & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$\text{Uc}_{V3} + \text{R}_{V6} + \text{E}_{V3} + \text{Ex}_{V3} + \Delta_{V3} = 85.25 + 11.44 + 7.46 + 15.47 + 0.31 = 119.93 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} \text{R}_{V3V3} = 119.93 * 0.6161 = 77.48 \text{ Mm}^3 \\ \text{R}_{V1V3} = 119.93 * 0.0453 = 5.43 \text{ Mm}^3 \\ \text{R}_{V2V3} = 119.93 * 0.3087 = 37.02 \text{ Mm}^3 \\ \qquad \qquad \qquad 119.93 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca V2 Presa Plutarco Elías Calles, desde su origen hasta la presa Calles

La subcuenca V2 presenta una demanda por cuenca propia de 2.81 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca V3 de 37.02 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 13.11 Mm³ y una variación de almacenamiento de 7.44 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 50.18 Mm³.

$$\begin{array}{rcccl} (\text{Cp}_{V2} + \text{R}_{V2} + \text{Im}_{V2}) = & 50.18 + 0.41 + 15.47 & = & 66.06 \\ & 100\% & & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$\text{Uc}_{V2} + \text{R}_{V3} + \text{E}_{V2} + \Delta_3 = 2.81 + 37.02 + 13.11 + 7.44 = 60.38 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} \text{R}_{V2V2} = 60.38 * 1.00 = 60.38 \text{ Mm}^3 \\ \qquad \qquad \qquad 60.38 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca J4 La Boquilla, desde presa Achoquen hasta presa La Boquilla

La subcuenca J4 presenta una demanda por cuenca propia de 11.10 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca J5 de 0.02 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 0.60 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 186.05 Mm³ y recibe escurrimientos de la subcuenca J3 por 121.05 Mm³.

$$\begin{array}{rcll} (C_{p_{V4}}+R_{V4}+Ab_{J3} = & 186.05+2.27+ & 121.05= & 309.37 \\ & 60.87\% & 39.13\% & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$U_{C_{J4}} + R_{J5} + Ev_{J5} = 11.10+0.02+0.60 = 11.72 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} R_{J4J4} = 11.72 * 0.6087 = 7.13 \text{ Mm}^3 \\ R_{J3J4} = 11.72 * 0.3913 = 4.59 \text{ Mm}^3 \\ \quad \quad \quad 11.72 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca J3 Tecomate, desde presa El Chique hasta presa Achoquen

La subcuenca J3 presenta una demanda por cuenca propia de 73.33 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca J4 de 4.59 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 4.73 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 128.31 Mm³ y recibe escurrimientos de la subcuenca J2 por 61.26 Mm³.

$$\begin{array}{rcll} (C_{p_{V3}}+R_{V3}+Ab_{J2} = & 128.31+9.54+ & 61.26= & 199.11 \\ & 69.23\% & 30.77\% & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$U_{C_{J3}} + R_{J4} + Ev = 73.33+4.59+4.73 = 82.65 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} R_{J3J3} = 82.65 * 0.6923 = 57.22 \text{ Mm}^3 \\ R_{J2J3} = 82.65 * 0.307 = 25.43 \text{ Mm}^3 \\ \quad \quad \quad 82.65 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca J2 Presa El Chique, desde su origen hasta presa El Chique

La subcuenca J2 presenta una demanda por cuenca propia de 39.15 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca J3 de 25.43 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 9.21 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 81.13 Mm³ y recibe escurrimientos de la subcuenca J1 por 23.21 Mm³.

$$\begin{array}{rcll} (C_{p_{V2}}+R_{V2}+Ab_{V1} = & 81.13+4.69+ & 23.21= & 109.03 \\ & 78.71\% & 21.29\% & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$U_{C_{J2}} + R_{J3} + E_{V_{J2}} + \Delta_{J2} = 39.15+25.43+9.21+(-0.59) = 73.20 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} R_{J2J2} = 73.20 * 0.7871 = 57.62 \text{ Mm}^3 \\ R_{J2J3} = 73.20 * 0.2129 = 15.58 \text{ Mm}^3 \\ \qquad \qquad \qquad 73.20 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

Subcuenca J1 Río Palomas, desde su origen hasta presa Palomas

La subcuenca J1 presenta una demanda por cuenca propia de 3.17 Mm³; reserva un volumen para la subcuenca J2 de 15.58 Mm³; tiene una evaporación media en sus almacenamientos de 1.15 Mm³; genera un escurrimiento por cuenca propia de 27.05 Mm³.

$$\begin{array}{rcll} (C_{p_{V1}}+R_{V1} = & 27.05+0.48 & = & 27.53 \\ & 100\% & & 100\% \end{array}$$

El volumen comprometido será:

$$U_{C_{J2}} + R_{J2} + E_{V_{J1}} = 3.17+15.58+1.15 = 19.90 \text{ Mm}^3$$

Por lo que:

$$\begin{array}{l} R_{J1J1} = 19.90 * 1.0 = 19.90 \text{ Mm}^3 \\ \qquad \qquad \qquad 19.90 \text{ Mm}^3 \end{array}$$

5.1.3 Volúmenes disponibles en cada subcuenca

La disponibilidad a la salida de una cuenca (D_{xy}), se puede estimar si a los escurrimientos aguas abajo de una cuenca, se les disminuyen los volúmenes reservados, R_{xy} , con que dicha cuenca contribuye para satisfacer las extracciones aguas abajo. En este sentido, los volúmenes disponibles a la salida de la cuenca "X" para la cuenca "Y" son:

$$D_{xy} = Ab_x - R_{xy}$$

Asimismo, los volúmenes remanentes disponibles por cuenca propia son:

$$D_{xx} = C_{px} - R_{xx}$$

Al aplicar las ecuaciones anteriores para cada subcuenca se tiene:

5.1.3.1 Volúmenes disponibles hacia aguas abajo (D_{xy})

Subcuenca V1	$D_{V1V3} = Ab_{V1} - R_{V1V2}$	=6.26 - 5.43	=0.83
Subcuenca V2	$D_{V2V3} = Ab_{V2} - R_{V2V3}$	=42.70 - 37.02	=5.68
Subcuenca V3	$D_{V3V6} = Ab_{V3} - R_{V3V6}$	=29.83 - 11.44	=18.39
Subcuenca V4	$D_{V4V5} = Ab_{V4} - R_{V4V5}$	=24.83 - 9.18	=15.65
Subcuenca V5	$D_{V5V12} = Ab_{V5} - R_{V5V12}$	=120.51 - 6.40	=114.11
Subcuenca V6	$D_{V6V9} = Ab_{V6} - R_{V6V9}$	=37.85 - 3.84	=34.00
Subcuenca V7	$D_{V7V9} = Ab_{V7} - R_{V7V9}$	=18.88 - 1.92	=16.96
Subcuenca V8	$D_{V8V9} = Ab_{V8} - R_{V8V9}$	=90.34 - 9.18	=81.16
Subcuenca V9	$D_{V9V8} = Ab_{V9} - R_{V9V12}$	=187.46 - 9.95	=177.51
Subcuenca V10	$D_{V10V12} = Ab_{V10} - R_{V10V12}$	=73.23 - 3.89	=69.34
Subcuenca V11	$D_{V11V12} = Ab_{V11} - R_{V11V12}$	=53.71 - 2.85	=50.86
Subcuenca V12	$D_{V12V13} = Ab_{V12} - R_{V12V13}$	=543.10 - 17.36	=525.74
Subcuenca V13	$D_{V13VS} = Ab_{V13} - R_{VS}$	=673.96 - 0.00	=673.96
Subcuenca J1	$D_{J1J2} = Ab_{J1} - R_{J1J2}$	=23.21 - 15.58	=7.63
Subcuenca J2	$D_{J2J3} = Ab_{J2} - R_{J2J3}$	=61.26 - 25.43	=35.83
Subcuenca J3	$D_{J3J4} = Ab_{J3} - R_{J3J4}$	=121.05 - 4.59	=116.46
Subcuenca J4	$D_{J4J5} = Ab_{J4} - R_{J4J5}$	=297.67 - 0.02	=297.65
Subcuenca J5	$D_{J5} = Ab_{J5} - R_{JS}$	=298.84 - 0.00	=298.84

5.1.3.2 Volúmenes disponibles por cuenca propia (Dxx)

Subcuenca V1	$D_{V1V1} = C_{pV1} + R_{V1} - R_{V1V1}$	$= 17.86 + 4.14 - 21.17$	$= 0.83$
Subcuenca V2	$D_{V2V2} = C_{pV2} + R_{V2} + I_{mV2} - R_{V2V2}$	$= 50.18 + 0.41 + 15.47 - 60.38$	$= 5.68$
Subcuenca V3	$D_{V3V3} = C_{pV3} + R_{V3} - R_{V3V3}$	$= 60.60 + 28.76 - 77.48$	$= 11.88$
Subcuenca V4	$D_{V4V4} = C_{pV4} + R_{V4} - R_{V4V4}$	$= 50.21 + 3.30 - 37.86$	$= 15.65$
Subcuenca V5	$D_{V5V5} = C_{pV5} + R_{V5} - R_{V5V5}$	$= 147.44 + 8.73 - 57.71$	$= 98.46$
Subcuenca V6	$D_{V6V6} = C_{pV6} + R_{V6} - R_{V6V6}$	$= 22.30 + 3.03 - 9.71$	$= 15.627$
Subcuenca V7	$D_{V7V7} = C_{pV7} + R_{V7} - R_{V7V7}$	$= 20.24 + 0.44 - 3.72$	$= 16.96$
Subcuenca V8	$D_{V8V8} = C_{pV8} + R_{V8} - R_{V8V8}$	$= 119.76 + 7.02 - 45.62$	$= 81.16$
Subcuenca V9	$D_{V9V9} = C_{pV9} + R_{V9} - R_{V9V9}$	$= 48.62 + 1.89 - 5.13$	$= 45.38$
Subcuenca V10	$D_{V10V10} = C_{pV10} + R_{V10} - R_{V10V10}$	$= 76.52 + 1.11 - 8.29$	$= 69.34$
Subcuenca V11	$D_{V11V11} = C_{pV11} + R_{V11} - R_{V11V11}$	$= 60.92 + 1.07 - 11.13$	$= 50.86$
Subcuenca V12	$D_{V12V12} = C_{pV12} + R_{V12} - R_{V12V12}$	$= 117.51 + 2.79 - 6.38$	$= 113.92$
Subcuenca V13	$D_{V13V13} = C_{pV13} + R_{V13} - R_{V13V13}$	$= 149.55 + 3.56 - 4.89$	$= 148.22$
Subcuenca J1	$D_{J1J1} = C_{pJ1} + R_{J1} - R_{J1J1}$	$= 27.05 + 0.48 - 19.90$	$= 7.63$
Subcuenca J2	$D_{J2J2} = C_{pJ2} + R_{J2} - R_{J2J2}$	$= 81.13 + 4.96 - 57.62$	$= 28.20$
Subcuenca J3	$D_{J3J3} = C_{pJ3} + R_{J3} - R_{J3J3}$	$= 128.31 + 9.54 - 57.22$	$= 80.63$
Subcuenca J4	$D_{J4J4} = C_{pJ4} + R_{J4} - R_{J4J4}$	$= 186.05 + 2.27 - 7.13$	$= 181.19$
Subcuenca J5	$D_{J5J5} = C_{pJ5} + R_{J5} - R_{J5J5}$	$= 1.18 - 0.01 - 0.00$	$= 1.19$

La disponibilidad total de la cuenca del Río Verde Y Río Juchipila equivale al escurrimiento aguas abajo de la subcuenca de la cota más baja (V13 y J5 respectivamente), lo que se comprueba al sumar las disponibilidades por cuenca propia de cada subcuenca para cada cuenca.

Cuenca del Río Verde

$$Ab_{\text{Río Verde}} = D_{V1V1} + D_{V2V2} + D_{V3V3} + D_{V4V4} + D_{V5V5} + D_{V6V6} + D_{V7V7} + D_{V8V8} + D_{V9V9} + D_{V10V10} + D_{V11V11} + D_{V12V12} + D_{V13V13}$$

$$Ab_{\text{Río Verde}} = 0.83 + 5.68 + 11.88 + 15.65 + 98.46 + 15.62 + 16.96 + 81.16 + 45.38 + 69.34 + 50.86 + 113.92 + 148.22 = 673.96 \text{ Mm}^3$$

$$Ab_{V13} = 673.96 \text{ Mm}^3$$

Cuenca del Río Juchipila

$$Ab_{\text{Río Juchipila}} = D_{J1J1} + D_{J2J2} + D_{J3J3} + D_{J4J4} + D_{J5J5}$$

$$Ab_{\text{Río Juchipila}} = 7.63 + 28.20 + 80.63 + 181.19 + 1.19 = 298.84 \text{ Mm}^3$$

$$Ab_{J5} = 298.84 \text{ Mm}^3$$

Para la clasificación de las subcuencas por zona de disponibilidad, se utiliza el término de disponibilidad relativa (Dr), el cual esta expresado por la siguiente ecuación:

$$Dr = \frac{Cp + Ar}{Uc + Vc}$$

Donde Vc es el volumen comprometido, que equivale al volumen reservado de una cuenca "X" para una cuenca "Y" (Rxy) más el caudal ambiental o volumen ecológico destinados a la preservación de la flora y la fauna de los cauces.

De acuerdo al rango en que se encuentre el valor de la disponibilidad relativa (Dr), se clasificará a la cuenca con base en la siguiente distribución.

Rango	Clave	Color	Descripción
$Dr \leq 1.4$	1	Rojo	Déficit
$1.4 < Dr \leq 3.0$	2	Amarillo	Equilibrio
$3.0 < Dr \leq 9.0$	3	Verde	Disponibilidad
$9.0 < Dr$	4	Azul	Abundancia

Por lo tanto para cada subcuenca se tiene:

Río Verde

$$Dr_{V1} = \frac{Cp+R}{Uc+R_{V1V3}+Ev} = \frac{17.86+4.14}{15.04 + 5.43 +0.70} = \frac{22.00}{21.17} = 1.04$$

$$Dr_{V2} = \frac{Cp+R+Im}{Uc+R_{V2V3}+Ev+\Delta V} = \frac{50.18+0.41+15.47}{2.81+37.02+13.11+7.44} = \frac{66.06}{60.38} = 1.09$$

$$Dr_{V3} = \frac{Cp+Ar_{V1+V2}+R}{Uc+R_{V3V6}+Ev+Ex+\Delta V} = \frac{60.60+48.96+28.76}{85.25+11.44+7.46+15.47+0.31} = \frac{138.32}{119.93} = 1.15$$

$$Dr_{V4} = \frac{Cp+R}{Uc+R_{V4V5}+Ev+\Delta V} = \frac{50.21+3.30}{24.42+9.18+4.17+0.09} = \frac{53.51}{37.86} = 1.41$$

$$Dr_{V5} = \frac{Cp+ Ar_{V4} +R}{Uc+R_{V5V12}+Ev} = \frac{147.44+24.83+8.73}{58.38+6.40+2.11} = \frac{181.00}{66.89} = 2.71$$

$$Dr_{V6} = \frac{Cp + Ar_{V3} + R}{Uc + R_{V6V9} + Ev} = \frac{22.30 + 29.83 + 3.03}{15.47 + 3.84 + 1.84} = \frac{55.16}{21.15} = 2.61$$

$$Dr_{V7} = \frac{Cp + R}{Uc + R_{V7V9} + Ev} = \frac{20.24 + 0.44}{1.78 + 1.92 + 0.02} = \frac{20.68}{3.72} = 5.56$$

$$Dr_{V8} = \frac{Cp + R}{Uc + R_{V8V9} + Ev} = \frac{119.76 + 7.02}{35.21 + 9.18 + 1.23} = \frac{126.78}{45.62} = 2.78$$

$$Dr_{V9} = \frac{Cp + Ar_{V6} + V7 + V8 + R}{Uc + R_{V9V12} + Ev} = \frac{48.62 + 147.07 + 1.89}{9.89 + 9.95 + 0.23} = \frac{197.58}{20.07} = 9.84$$

$$Dr_{V10} = \frac{Cp + R}{Uc + R_{V10V12} + Ev} = \frac{76.52 + 1.11}{4.20 + 3.89 + 0.20} = \frac{77.63}{8.29} = 9.37$$

$$Dr_{V11} = \frac{Cp + R}{Uc + R_{V11V12} + Ev} = \frac{60.92 + 1.07}{1.97 + 2.85 + 6.31} = \frac{61.99}{11.13} = 5.57$$

$$Dr_{V12} = \frac{Cp + Ar_{V5} + V9 + V10 + V11 + R}{Uc + R_{V12V13} + Ev} = \frac{117.51 + 434.91 + 2.79}{11.69 + 17.36 + 0.42} = \frac{555.21}{29.47} = 18.84$$

$$Dr_{V13} = \frac{Cp + Ar_{V12} + R}{Uc + Ev} = \frac{149.55 + 543.10 + 3.56}{20.94 + 1.31} = \frac{696.21}{22.25} = 31.29$$

Río Juchipila

$$Dr_{J1} = \frac{Cp + R}{Uc + R_{J1J2} + Ev} = \frac{27.05 + 0.48}{3.17 + 15.58 + 1.15} = \frac{27.53}{19.90} = 1.38$$

$$Dr_{J2} = \frac{Cp + Ar_{J1} + R}{Uc + R_{J2J3} + Ev + \Delta v} = \frac{81.13 + 23.21 + 4.69}{39.15 + 25.43 + 9.21 + (-0.59)} = \frac{109.03}{73.20} = 1.49$$

$$Dr_{J3} = \frac{Cp + Ar_{J2} + R}{Uc + R_{J3J4} + Ev} = \frac{128.31 + 61.26 + 9.54}{73.33 + 4.59 + 4.73} = \frac{199.11}{82.65} = 2.41$$

$$Dr_{J4} = \frac{Cp + Ar_{J3} + R}{Uc + R_{J4J5} + Ev} = \frac{186.05 + 121.05 + 2.27}{11.10 + 0.02 + 0.60} = \frac{309.37}{11.72} = 26.40$$

$$Dr_{J5} = \frac{Cp + Ar_{J4} + R}{Uc} = \frac{1.18 + 297.67 + 0.01}{0.02} = \frac{298.86}{0.02} = 14,943.0$$

De los resultados obtenidos, se realizaron las siguientes clasificaciones que se muestran en los cuadros No. 5.2 y No. 5.3, para la cuenca del Río Verde y Río Juchipila respectivamente:

Río Verde

SUBCUENCA	Dr	RANGO DR	COLOR	DESCRIPCIÓN
V1	1.04	Dr ≤ 1.4	ROJO	DÉFICIT
V2	1.09	Dr ≤ 1.4	ROJO	DÉFICIT
V3	1.15	Dr ≤ 1.4	ROJO	DÉFICIT
V4	1.41	1.4 < Dr ≤ 3.0	AMARILLO	EQUILIBRIO
V5	2.71	1.4 < Dr ≤ 3.0	AMARILLO	EQUILIBRIO
V6	2.61	1.4 < Dr ≤ 3.0	AMARILLO	EQUILIBRIO
V7	5.56	3.0 < Dr ≤ 9.0	VERDE	DISPONIBILIDAD
V8	2.78	1.4 < Dr ≤ 3.0	AMARILLO	EQUILIBRIO
V9	9.84	9.0 < Dr	AZUL	ABUNDANCIA
V10	9.37	9.0 < Dr	AZUL	ABUNDANCIA
V11	5.57	3.0 < Dr ≤ 9.0	VERDE	DISPONIBILIDAD
V12	18.84	9.0 < Dr	AZUL	ABUNDANCIA
V13	31.29	9.0 < Dr	AZUL	ABUNDANCIA
Río Verde	7.17	3.0 < Dr ≤ 9.0	VERDE	DISPONIBILIDAD

Cuadro No. 5.2 Cuadro de clasificación de la cuenca del Río Verde

Río Juchipila

SUBCUENCA	Dr	RANGO DR	COLOR	DESCRIPCIÓN
J1	1.38	Dr ≤ 1.4	ROJO	DÉFICIT
J2	1.49	1.4 < Dr ≤ 3.0	AMARILLO	EQUILIBRIO
J3	2.41	1.4 < Dr ≤ 3.0	AMARILLO	EQUILIBRIO
J4	26.40	9.0 < Dr	AZUL	ABUNDANCIA
J5	14,943.00	9.0 < Dr	AZUL	ABUNDANCIA
Río Juchipila	2,994.94	9.0 < Dr	AZUL	ABUNDANCIA

Cuadro No. 5.3 Cuadro de clasificación de la cuenca del Río Juchipila

5.2 Cálculo de los caudales de reserva ecológicos

El caudal de reserva ecológico (QRE), es el caudal que debe ser reservado para mantener la ecológica fluvial en condiciones admisibles, aguas abajo de las obras o aprovechamientos hidráulicos que alteren los regímenes originales o naturales de flujo de una corriente.

La construcción de un embalse o presa fluvial constituye una interferencia provocada por el hombre en los cauces de las corrientes superficiales. El bloqueo de la corriente que fluía libremente antes de la construcción del embalse, provoca modificaciones en el ambiente tales como transformaciones fisicoquímicas del agua, ecológicas (afectación de la dinámica de poblaciones animales y vegetales nativas de la zona; alteración del hábitat acuático, que puede provocar el aislamiento geográfico de algunas especies residentes con la consecuente extinción de ciertos grupos de animales o vegetales acuáticos y terrestres adaptados a vivir y explotar estos hábitats), estéticas y socioeconómicas.

El sistema fluvial del Río Verde Y el Río Juchipila es de gran importancia para la zona que comprende a los estados de Zacatecas, Aguascalientes y Jalisco. El escurrimiento medio anual del Río Verde es de 988.741 M m³ con un máximo de 2,384.725 M m³ y un mínimo de 253.699 M m³. Mientras que para el río Juchipila, el escurrimiento medio anual es de 399.909 M m³ con un máximo de 977.237 M m³ y un mínimo de 46.543 M m³.

Existen dos métodos para calcular el caudal de reserva ecológico; el método de Tennant y el criterio de la legislación francesa. El método de Tennant, utiliza los caudales medios mensuales a partir de los medios diarios en un período de 10 años, preferentemente actualizados para calcular el caudal ecológico de cada mes, se calcula el caudal promedio de cada mes y año, y a partir del caudal medio mensual promedio de los 10 años se calcula el caudal de reserva ecológico para el mes correspondiente, de acuerdo al criterio cualitativo adoptado ver cuadro No. 5.4.

REGIMENES DE CAUDALES PARA LA PROTECCION DE LA PESCA Y LA VIDA SILVESTRE, RECREACIÓN Y RECURSOS AMBIENTALES RELACIONADOS.		
Criterio cualitativo para fijar caudales de reserva ecológicos	Caudales recomendados	
	Octubre - marzo	Abril - septiembre
Máximo	200 % de caudal medio	200 % de caudal medio
Rango óptimo	60 al 100 % del caudal medio	60 al 100 % del caudal medio
Excepcional o sobresaliente	40%	60%
Excelente	30%	50%
Bueno	20%	40%
Aceptable o en degradación	10%	30%
Mínimo o pobre	10%	10%
Degradación severa	< 10 %	< 10 %

Cuadro No. 5.4 Criterio para fijar caudales de reserva para cada época del año según Tennant

Para el criterio de la legislación francesa se utilizan los caudales medios anuales de los últimos diez años, con datos actualizados, preferentemente. A partir del caudal medio de los diez años, se calcula el caudal de reserva ecológico como el 10 % del caudal medio interanual.

Para la estimación del caudal de reserva ecológico en m^3/s de los Ríos Verde y Juchipila, se utilizaron los siguientes discernimientos a partir de los criterios de los métodos descritos con anterioridad.

Se seleccionó una estación hidrométrica, tomando como base su cercanía con la presa correspondiente y su ubicación con respecto a la misma y que ya no este funcionando. Esto es, se eligió la estación más cercana a la presa que se encuentre ubicada aguas arriba de la misma, con la finalidad de obtener datos que corresponden a los caudales que circularían por el tramo en estudio si no existiera la presa y a partir de estos datos calcular los caudales de reserva ecológicos. El empleo de los caudales medidos de las estaciones hidrométricas situadas aguas abajo de la presa, una vez que ya estén funcionando, se debería tomar con las reservas del caso ya que son caudales regulados; aunque, ya siendo una influencia permanente en el cauce del río se debería considerar el caudal ecológico que resulte con los datos aportados por la estación hidrométrica aguas abajo.

Posteriormente se seleccionaron los años con datos disponibles de gastos medios de las estaciones hidrométricas dispuestas para el cálculo; con el fin de obtener un número de años lo mayor posible para la estimación del caudal de reserva ecológico. De los datos de gastos medios diarios en m^3/s , se obtuvieron los gastos medios mensuales que fueron con los que se trabajaron.

Por último se procedió a aplicar el criterio que establece que, para el cálculo del caudal de reserva ecológico de todo el año es el 10 % del caudal medio interanual, esto es, debido a que con el promedio anual del caudal ecológico se obtiene el caudal crítico y con ello se garantiza el mínimo en época de estiaje, ya que se observa que generalmente el caudal de reserva mínimo al 10% se obtiene en época de estiaje y el caudal de reserva máximo al 10% se obtiene en época de lluvias donde el caudal ecológico se garantiza por si misma.

5.2.1 Caudal de reserva ecológico del Río Verde

Para el Río Verde se estimo el caudal de reserva ecológico de las estaciones hidrométricas más representativas como la Cuña, Lagunillas, Valle de Guadalupe, Cuarenta, el Niagara y Presa calles.

La estación hidrométrica la Cuña, se encuentra sobre el cauce del río Verde, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la estación debe dejar pasar al Río Verde, para que el caudal ecológico hacia el Río Santiago este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.5 de 1979 a 1994.

ESTACION HIDROMÉTRICA: LA CUNA, RIO VERDE												
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1947 A 1979 Y DE 1986 A 1994												
MES \ AÑO	1979	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	2.19	1.76	2.36	5.41	1.55	1.64	1.84	118.22	2.84	2.59	5.41	0.54
FEBRERO	1.97	1.51	1.81	2.55	1.40	1.44	1.80	31.53	2.40	2.10	2.55	0.26
MARZO	1.65	1.13	1.67	1.64	1.41	1.21	1.44	4.44	1.54	1.48	1.64	0.16
ABRIL	1.10	0.64	0.89	0.44	0.73	0.56	0.87	2.06	1.16	0.86	1.12	0.11
MAYO	0.67	0.55	0.71	0.22	0.39	0.44	0.52	1.52	0.80	0.62	1.08	0.11
JUNIO	1.28	53.78	2.02	1.61	2.35	6.75	0.92	7.55	4.73	15.47	15.29	1.53
JULIO	6.47	124.48	31.30	94.14	10.44	29.22	488.39	18.37	64.43	8.72	71.92	7.19
AGOSTO	36.39	22.87	34.06	135.24	34.66	157.97	57.40	47.68	9.58	14.91	73.85	7.39
SEPTIEMBRE	23.17	45.78	13.33	27.18	25.30	59.27	70.43	27.12	24.60	33.03	55.25	5.52
OCTUBRE	1.98	37.42	4.13	4.32	2.52	25.41	12.67	82.17	4.57	6.41	21.42	2.14
NOVIEMBRE	1.75	3.96	1.38	1.57	1.37	6.96	3.70	8.45	2.56	2.34	5.91	0.59
DICIEMBRE	2.29	2.23	1.80	1.39	2.35	1.91	3.21	4.09	2.35	2.21	2.77	0.28
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	6.74	24.68	7.95	22.98	7.04	24.40	53.60	29.43	10.13	7.56	21.52	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.67	2.47	0.80	2.30	0.70	2.44	5.36	2.94	1.01	0.76	2.15	

Cuadro No. 5.5 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de la Cuña en m³/s

La estación hidrométrica Lagunillas se encuentra sobre el cauce del río Tepatitlán, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la estación debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Verde este garantizado. El procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.6 de 1963 a 1972.

ESTACION HIDROMÉTRICA: LAGUNILLAS												
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /S DE 1962 A 1972												
MES \ AÑO	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	0.04	0.28	0.00	0.04	0.28	0.12	0.07	0.02	0.06	0.11	0.10	0.01
FEBRERO	0.02	0.07	0.00	0.05	0.11	0.10	0.02	0.02	0.04	0.05	0.05	0.00
MARZO	0.01	0.02	0.00	0.03	0.06	0.10	0.03	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00
ABRIL	0.00	0.01	0.01	0.04	0.05	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00
MAYO	0.00	0.01	0.00	0.07	0.09	0.02		0.01	0.00	0.00	0.02	0.00
JUNIO		0.34	0.29	0.06	0.66	0.15		0.38	0.03		0.27	0.03
JULIO	6.24	0.41	2.03	0.56	4.42	7.70	0.45	2.44	5.46		3.30	0.33
AGOSTO	9.90	1.18	17.12	3.41	7.30	7.41	0.48	3.73	3.90		6.05	0.60
SEPTIEMBRE	6.06	2.27	8.57	2.71	16.61	6.93	0.86	7.30	5.24		6.28	0.63
OCTUBRE	1.62	0.89	2.57	1.65	4.38	0.83	0.44	2.20	3.14		1.97	0.20
NOVIEMBRE	0.18	0.15	0.35	0.26	1.26	0.13	0.09	0.35	0.41		0.35	0.04
DICIEMBRE	0.20	0.05	0.14	0.07	0.25	0.09	0.04	0.08	0.19		0.12	0.01
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	2.21	0.47	2.59	0.74	2.96	1.97	0.25	1.38	1.54	0.03	1.41	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.22	0.05	0.26	0.07	0.30	0.20	0.03	0.14	0.15	0.00	0.14	

Cuadro No. 5.6 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de Lagunillas en m³/s

La estación hidrométrica Valle de Guadalupe se encuentra sobre el cauce del río El salto, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa el salto debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Verde este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.7 de 1973 a 1994.

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA: VALLE DE GUADALUPE														
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1941 A 1979, 1981, DE 1986 A 1988 Y 1994														
MES \ AÑO	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1981	1986	1987	1988	1994	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
FEBRERO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MARZO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ABRIL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MAYO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
JUNIO	0.00	0.00	0.50	0.00	1.26	0.00	0.00	0.60	3.91	0.00	0.00	1.03	1.03	0.10
JULIO	8.39	2.16	11.49	33.41	6.45	1.35	0.00	9.68	15.11	1.91	6.06	6.06	6.06	0.61
AGOSTO	36.27	3.86	16.29	6.79	3.86	4.92	8.32	3.31	3.78	3.59	6.82	6.82	6.82	0.68
SEPTIEMBRE	7.26	0.76	4.29	4.60	13.13	14.97	3.34	2.06	6.09	1.86	5.32	5.32	5.32	0.53
OCTUBRE	1.55	0.00	0.00	5.90	0.34	11.47	0.00	0.00	2.39	0.26	1.56	0.23	1.56	0.16
NOVIEMBRE	0.26	0.00	0.00	0.07	0.00	0.08	0.00	0.00	0.07	0.00	0.22	0.11	0.22	0.02
DICIEMBRE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.03	0.02	0.00
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	4.48	0.57	2.71	4.23	2.09	2.73	0.97	1.30	2.61	0.64	1.67	1.64	1.76	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.45	0.06	0.27	0.42	0.21	0.27	0.10	0.13	0.26	0.06	0.17	0.16	0.18	

Cuadro No. 5.7 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de Valle de Guadalupe en m³/s

La estación hidrométrica Cuarenta se encuentra sobre el cauce del río Lagos, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa El cuarenta debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Verde este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.8 de 1957 a 1965.

ESTACION HIDROMÉTRICA: CUARENTA											
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1941 A 1965											
MES \ AÑO	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	0.03	0.01	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.06	0.01
FEBRERO	0.03	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.01
MARZO	0.03	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
ABRIL	0.02	0.04	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
MAYO	0.03	0.01	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.01
JUNIO	0.04	0.01	0.83	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	2.01	0.20
JULIO	0.02	0.01	2.63	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85	0.09
AGOSTO	0.03	0.02	2.71	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	5.54	1.47	0.15
SEPTIEMBRE	0.01	12.74	0.53	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	9.19	2.49	0.25
OCTUBRE	0.00	4.74	3.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	1.11	1.11	0.11
NOVIEMBRE	0.01	12.73	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.74	0.74	0.07
DICIEMBRE	0.02	0.27	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.05	0.05	0.00
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	0.02	2.55	0.92	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	1.39	0.75	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.00	0.26	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.08	

Cuadro No. 5.8 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico del Cuarenta en m³/s

Las estaciones hidrométricas el Niagara I, el Niagara II y el Niagara III se encuentran sobre el cauce del río Verde, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa el Niagara debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Verde este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.9 de 1970 a 1990.

ESTACION HIDROMÉTRICA: EL NIAGARA I, EL NIAGARA II, EL NIAGARA III												
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1955 A 1976, DE 1987 A 1988 Y 1990												
MES \ AÑO	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1987	1988	1990	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.16	0.00	0.06	0.01
FEBRERO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.17	0.00	0.05	0.01
MARZO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.17	0.00	0.04	0.00
ABRIL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.03	0.00
MAYO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.17	0.00	0.03	0.00
JUNIO	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.17	0.00	0.23	0.02
JULIO	0.76	2.27	0.00	11.33	0.00	0.16		0.87	0.17	2.04	1.22	0.12
AGOSTO	2.31	20.50	0.00	21.43	0.00	8.85		0.37	9.53	11.19	4.18	0.42
SEPTIEMBRE	8.37	8.67	0.00	2.07	0.00	0.50		0.00	1.74	3.93	3.91	0.39
OCTUBRE	5.71	3.27	0.00	0.65	0.00	0.00		0.00	0.23	2.33	1.56	0.16
NOVIEMBRE	0.06	0.02	0.00	0.12	0.00	0.00		0.00	0.15	0.00	0.53	0.05
DICIEMBRE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.15	0.00	0.07	0.01
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	1.44	2.89	0.00	2.97	0.00	0.79	0.00	0.12	1.08	1.62	0.93	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.14	0.29	0.00	0.30	0.00	0.08	0.00	0.01	0.11	0.16	0.09	

Cuadro No. 5.9 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico del Niagara en m³/s

La estación hidrométrica Presa calles se encuentra sobre el cauce del río Blanco, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa Calles debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Verde este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.10 de 1976 a 1985.

ESTACION HIDROMÉTRICA: PRESA CALLES												
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1942 A 1985												
MES \ AÑO	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
FEBRERO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01
MARZO	5.20	3.04	1.34	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.12
ABRIL	4.14	4.19	5.99	8.82	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	2.91	2.42	0.24
MAYO	4.41	7.48	6.16	1.94	8.02	0.00	0.00	0.00	5.16	4.86	3.33	0.33
JUNIO	8.47	3.62	8.12	8.68	1.10	0.00	0.00	0.00	1.42	0.82	2.18	0.22
JULIO	1.14	7.65	8.15	3.87	5.39	0.00	0.00	0.00	0.00	3.91	2.27	0.23
AGOSTO	3.83	4.77	0.00	2.58	3.15	0.00	0.00	0.00	0.00	4.16	1.60	0.16
SEPTIEMBRE	0.00	0.11	0.00	2.95	3.54	0.00	0.00	0.00	0.00	5.28	0.47	0.05
OCTUBRE	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NOVIEMBRE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
DICIEMBRE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	2.27	2.57	2.48	2.41	1.79	0.00	0.00	0.00	0.55	1.83	1.13	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.23	0.26	0.25	0.24	0.18	0.00	0.00	0.00	0.05	0.18	0.11	

Cuadro No. 5.10 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de Presa calles en m³/s

El cuadro No. 5.11 es el resumen de los resultados obtenidos de las estaciones hidrométricas de la cuenca del Río Verde. Del resultado de La cuña del río Verde hacia el Río Santiago se tiene que deben ser 2.50 m³/s de caudal de reserva ecológico.

CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO EN m ³ /s PARA LA CUENCA DEL RÍO VERDE						
ESTACIÓN	LA CUÑA	LAGUNILLAS	VALLE DE GUADALUPE	CUARENTA	EL NIAGARA	PRESA CALLES
MES	CAUDAL MEDIO MENSUAL HISTÓRICO EN m ³ /s					
ENERO	5.41	0.10	0.02	0.06	0.06	0.04
FEBRERO	2.55	0.05	0.00	0.05	0.05	0.05
MARZO	1.64	0.03	0.00	0.03	0.04	1.17
ABRIL	1.12	0.02	0.00	0.05	0.03	2.42
MAYO	1.08	0.02	0.00	0.11	0.03	3.33
JUNIO	15.29	0.27	1.03	2.01	0.23	2.18
JULIO	71.92	3.30	6.06	0.85	1.22	2.27
AGOSTO	73.85	5.55	6.82	1.47	4.18	1.60
SEPTIEMBRE	55.25	6.02	5.32	2.49	3.91	0.47
OCTUBRE	21.42	2.03	1.56	1.11	1.56	0.00
NOVIEMBRE	5.91	0.34	0.22	0.74	0.53	0.02
DICIEMBRE	2.77	0.12	0.02	0.05	0.07	0.07
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	21.52	1.42	1.76	0.75	0.93	1.13
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	2.15	0.14	0.18	0.08	0.09	0.11

Cuadro No. 5.11 Resumen del caudal de reserva ecológico en m³/s de la cuenca del Río Verde.

5.2.2 Caudal de reserva ecológico del Río Juchipila

Para el Río Juchipila se estimó el caudal de reserva ecológico de las estaciones hidrométricas más significativas como la Boquilla, Achoquen, el Tecomate, Media luna, Agua blanca y Palomas.

La estación hidrométrica la Boquilla, se encuentra sobre el cauce del río Juchipila, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la estación debe dejar pasar al Río Juchipila, para que el caudal ecológico hacia el Río Santiago este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro 5.12 de 1969 a 1994.

ESTACION HIDROMÉTRICA: LA BOQUILLA, RIO JUCHIPILA														
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1948 A 1971 Y DE 1986 A 1994														
MES \ AÑO	1969	1970	1971	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	2.22	0.98	1.41	1.28	1.85	1.06	1.24	11.13	0.96	75.57	5.81	1.26	4.09	0.41
FEBRERO	2.23	0.91	1.69	1.36	1.34	0.88	1.07	4.06	0.85	19.80	6.13	1.09	1.94	0.19
MARZO	1.95	0.77	1.50	1.20	1.21	0.82	1.60	2.23	0.72	4.81	6.45	1.07	1.49	0.15
ABRIL	1.42	0.49	1.57	1.11	0.70	0.61	1.02	0.37	0.51	4.14	5.61	0.88	1.26	0.13
MAYO	1.43	0.48	1.41	1.21	0.98	0.52	0.86	0.43	0.44	4.53	5.43	0.81	1.41	0.14
JUNIO	2.86	11.03	13.54	21.77	2.23	5.56	7.09	4.73	1.83	4.07	8.25	8.31	6.64	0.66
JULIO	16.90	24.47	30.80	63.71	18.86	42.58	58.73	16.56	235.45	58.73	29.85	4.10	36.86	3.69
AGOSTO	9.73	19.70	100.18	17.10	28.44	75.70	41.84	122.55	35.14	41.84	4.91	9.06	37.58	3.76
SEPTIEMBRE	20.63	47.86	61.31	28.35	15.32	12.37	23.06	69.32	25.32	6.87	15.64	11.28	31.12	3.11
OCTUBRE	5.06	26.61	31.68	15.42	8.08	3.82	8.08	9.18	4.50	14.40	6.57	2.70	10.71	1.07
NOVIEMBRE	1.31	2.74	4.36	2.54	1.70	1.76	2.73	2.95	1.94	5.12	5.25	0.58	3.91	0.39
DICIEMBRE	1.07	1.69	3.30	1.87	1.23	1.33	2.14	1.52	1.98	2.50	6.15	0.50	2.04	0.20
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	5.57	11.48	21.06	13.08	6.83	12.25	12.46	20.42	25.80	20.20	8.84	3.47	11.96	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.56	1.15	2.11	1.31	0.68	1.23	1.25	2.04	2.58	2.02	0.88	0.35	1.20	

Cuadro No. 5.12 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de la Boquilla en m³/s.

La estación hidrométrica Achoquen se encuentra sobre el cauce del arrollo San nicolas, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa Achoquen debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Juchipila este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.13 de 1964 a 1973.

ESTACION HIDROMÉTRICA: ACHOQUEN													
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /S DE 1950 A 1973													
MES \ AÑO	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)	
ENERO	0.00	0.06	0.00	0.00	1.03	0.08	0.00	0.00	0.03	0.03	0.10	0.01	
FEBRERO	0.14	0.26	0.07	0.00	1.01	0.47	0.00	0.70	1.81	0.20	0.28	0.03	
MARZO	0.32	0.27	0.21	0.27	0.28	0.40	0.00	0.65	1.87	0.21	0.36	0.04	
ABRIL	0.39	0.30	0.20	0.44	0.00	0.30	0.00	0.42	1.67	0.24	0.37	0.04	
MAYO	0.39	0.28	0.18	0.44	0.07	0.53	0.00	0.39	0.88	0.35	0.30	0.03	
JUNIO	0.20	0.18	0.16	0.15	0.01	0.17	0.00	0.00	0.34	0.32	0.12	0.01	
JULIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.24	0.00	0.93	0.06	0.01	
AGOSTO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.29	0.00	0.00	0.03	0.00	
SEPTIEMBRE	0.00	0.00	0.00		0.00	0.03	0.00	0.24	0.00	0.00	0.02	0.00	
OCTUBRE	0.00	0.00	0.00		0.00	0.03	0.00	0.21	0.00	0.00	0.03	0.00	
NOVIEMBRE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.21	0.00	0.00	0.05	0.01	
DICIEMBRE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.03	0.06	0.01	
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	0.12	0.11	0.07	0.13	0.20	0.17	0.00	0.30	0.55	0.19	0.15		
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.00	0.03	0.05	0.02	0.02		

Cuadro No. 5.13 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de Achoquen en m³/s.

La estación hidrométrica el Tecomate se encuentra sobre el cauce del Río Juchipila, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la estación debe dejar pasar al río Juchipila, para que el caudal ecológico hacia el Río Santiago este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.14 de 1981 a 1994.

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA: EL TECOMATE												
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1948 A 1979, 1981 Y DE 1986 A 1994												
MES \ AÑO	1981	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	0.18	1.52	1.52	1.52	0.43	0.04	0.20	46.48	0.28	0.11	1.52	0.15
FEBRERO	0.25	0.25	0.25	0.25	0.35	0.25	0.23	0.25	0.23	0.11	0.25	0.02
MARZO	0.27	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.20	0.37	0.37	0.12	0.37	0.04
ABRIL	0.52	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.20	0.41	0.41	0.00	0.41	0.04
MAYO	0.55	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.13	0.51	0.51	0.00	0.51	0.05
JUNIO	2.02	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	0.81	2.53	2.53	1.62	2.53	0.25
JULIO	3.47	55.97	18.60	13.86	18.60	18.60	224.80	18.60	13.77	1.96	18.60	1.86
AGOSTO	5.73	3.32	24.03	77.58	6.38	96.30	21.47	24.03	1.24	24.03	24.03	2.40
SEPTIEMBRE	6.54	7.62	7.94	11.41	3.14	47.98	15.89	0.90	5.62	16.43	16.43	1.64
OCTUBRE	0.48	12.00	2.43	0.99	0.24	5.69	1.68	3.61	0.38	6.39	6.39	0.64
NOVIEMBRE	0.20	0.73	0.57	0.57	0.24	1.09	0.53	0.61	1.93	1.93	1.93	0.19
DECEMBRE	0.13	0.79	0.79	0.51	0.10	0.39	0.51	0.31	0.79	0.79	0.79	0.08
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	1.70	7.17	5.00	9.21	2.78	14.51	22.22	8.22	2.34	4.46	6.15	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.17	0.72	0.50	0.92	0.28	1.45	2.22	0.82	0.23	0.45	0.61	

Cuadro No. 5.14 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico del Tecomate en m³/s.

La estación hidrométrica Media luna se encuentra sobre el cauce del río Calvillo, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa Media luna debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Juchipila este garantizado. El procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.15 de 1970 a 1988.

ESTACION HIDROMÉTRICA: MEDIA LUNA															
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /S DE 1970 A 1979 Y DE 1986 A 1988															
MES \ AÑO	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1986	1987	1988	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO		0.01	0.06	0.08	0.04	0.05	0.00	0.30	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
FEBRERO		0.01	0.03	0.00	0.02	0.02	0.00	0.02	0.04	0.08	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
MARZO		0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.11	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
ABRIL		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.19	0.10	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
MAYO		0.14	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.19	0.07	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
JUNIO		1.84	0.57	0.00	0.00	0.18	0.00	0.47	0.21	0.16	0.59	0.03	0.02	0.34	0.03
JULIO		2.21	0.27	3.35	0.49	1.72	8.77	0.57	0.14	0.22	10.69	0.04	1.71	2.52	0.25
AGOSTO	1.64	27.87	0.68	27.34	0.41	7.41	1.93	1.15	0.07	1.53	0.72	1.23	13.73	6.59	0.66
SEPTIEMBRE	8.84	11.67	0.53	2.18	1.43	1.59	1.63	8.42	1.46	0.13	4.10	1.00	0.94	3.38	0.34
OCTUBRE	4.76	4.32	0.12	0.70	0.59	0.01	6.52	0.21	3.95	0.03	7.10	0.47	0.03	2.22	0.22
NOVIEMBRE	0.09	0.19	0.06	0.22	0.02	0.00	2.38	0.00	0.02	0.05	0.16	0.00	0.01	0.25	0.02
DICIEMBRE	0.04	0.11	0.03	0.08	0.05	0.00	0.84	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.09	0.01
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	3.07	4.03	0.20	2.83	0.25	0.92	1.84	0.96	0.53	0.20	1.95	0.23	1.37	1.41	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.31	0.40	0.02	0.28	0.03	0.09	0.18	0.10	0.05	0.02	0.19	0.02	0.14	0.14	

Cuadro No. 5.15 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de Media luna en m³/s.

La estación hidrométrica Agua blanca se encuentra sobre el cauce del Río Juchipila, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa El chique debe dejar pasar al río Juchipila, para que el caudal ecológico hacia el Río Santiago este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.16 de 1987 a 1994.

ESTACION HIDROMÉTRICA: AGUA BLANCA											
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s DE 1961 A 1994											
MES \ AÑO	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)	
ENERO	0.75	0.95	1.05	0.40	0.52	33.56	0.66	0.67	1.58	0.16	
FEBRERO	0.79	1.23	1.26	0.75	0.75	13.89	0.81	0.59	1.22	0.12	
MARZO	1.18	1.54	1.62	0.98	1.11	2.47	1.13	0.92	1.41	0.14	
ABRIL	1.52	1.59	1.95	0.81	1.57	2.63	1.04	0.68	1.58	0.16	
MAYO	1.60	1.93	2.13	1.56	1.55	5.19	1.28	1.02	1.89	0.19	
JUNIO	1.78	1.45	1.99	0.88	3.34	3.41	1.21	0.22	1.47	0.15	
JULIO	0.86	0.50	1.14	0.29	108.21	1.31	0.34	0.27	5.50	0.55	
AGOSTO	0.82	30.80	0.40	54.13	19.17	0.95	1.20	0.13	9.17	0.92	
SEPTIEMBRE	1.50	10.27	0.81	19.69	15.07	1.23	0.40	0.33	7.57	0.76	
OCTUBRE	0.94	0.86	1.35	5.30	0.86	0.47	0.46	0.25	3.56	0.36	
NOVIEMBRE	0.77	0.63	0.21	0.35	0.50	0.43	0.32	0.21	0.57	0.06	
DICIEMBRE	0.83	0.82	0.44	0.41	0.46	0.54	0.50	0.27	0.63	0.06	
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	1.11	4.38	1.20	7.13	12.76	5.51	0.78	0.46	3.01		
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.11	0.44	0.12	0.71	1.28	0.55	0.08	0.05	0.30		

Cuadro No. 5.16 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de Agua blanca en m³/s.

La estación hidrométrica Palomas se encuentra sobre el cauce del río Palomas, la determinación de su caudal de reserva ecológico permite establecer el caudal que la presa Palomas debe dejar pasar al río, para que el caudal ecológico hacia el Río Juchipila este garantizado. Parte del procedimiento de cálculo se muestra en el Cuadro No. 5.17 de 1982 a 1994.

ESTACIÓN HIDROMÉTRICA: PALOMAS														
GASTOS MEDIOS MENSUALES EN m ³ /s														
DE 1966 A 1991 Y DE 1993 A 1994														
MES \ AÑO	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1993	1994	CAUDAL MEDIO MENSUAL (M ³ /S)	MÍNIMO 10% (M ³ /S)
ENERO	0.01	0.06	0.01	0.01	0.21	0.13	1.94	0.24	0.31	2.87	1.02	2.62	0.38	0.04
FEBRERO	0.08	0.20	0.00	0.09	0.22	0.24	2.36	0.42	0.12	2.59	0.01	2.32	0.34	0.03
MARZO	0.25	0.36	0.10	0.18	0.30	0.18	2.43	0.89	0.47	2.01	0.04	1.62	0.44	0.04
ABRIL	0.45	0.66	0.34	0.45	0.67	0.52	0.58	1.57	0.60	0.93	0.35	0.36	0.40	0.04
MAYO	0.61	0.48	0.56	0.58	0.54	0.41	0.63	0.71	0.69	0.63	0.61	0.43	0.42	0.04
JUNIO	0.72	0.28	0.23	3.03	1.30	0.50	0.37	4.59	0.50	0.57	0.43	0.80	0.72	0.07
JULIO	0.04	1.14	4.50	0.00	5.33	0.64	2.91	0.32	4.27	14.87	1.49	1.01	2.31	0.23
AGOSTO	0.28	2.60	1.12	1.94	0.69	0.66	9.01	0.12	12.77	1.35	1.05	0.57	2.09	0.21
SEPTIEMBRE	0.20	1.32	0.23	0.75	0.93	2.12	1.22	0.68	5.04	1.62	2.25	1.47	1.85	0.19
OCTUBRE	0.31	0.42	0.39	0.79	0.26	0.43	0.11	0.09	1.32	0.27	0.02	0.29	0.71	0.07
NOVIEMBRE	0.01	0.03	0.02	0.07	0.06	0.02	0.01	0.01	0.87	0.03	0.04	0.27	0.14	0.01
DICIEMBRE	0.06	0.01	0.00	0.02	0.03	0.01	0.01	0.47	2.54	1.57	0.08	0.00	0.22	0.02
CAUDAL PROMEDIO m ³ /s	0.25	0.63	0.62	0.66	0.88	0.49	1.80	0.84	2.46	2.44	0.62	0.98	0.84	
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m ³ /s	0.03	0.06	0.06	0.07	0.09	0.05	0.18	0.08	0.25	0.24	0.06	0.10	0.08	

Cuadro No. 5.17 Desarrollo del cálculo del caudal de reserva ecológico de Palomas en m³/s.

El cuadro No. 5.18 es el resumen de los resultados obtenidos de las estaciones hidrométricas de la cuenca del Río Juchipila. Del resultado de La boquilla del río Juchipila hacia el Río Santiago se tiene que deben ser 1.20 m³/s de caudal de reserva ecológico.

CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO EN m ³ /s PARA LA CUENCA DEL RÍO JUCHIPILA						
ESTACIÓN	LA BOQUILLA	ACHOQUEN	EL TECOMATE	MEDIA LUNA	AGUA BLANCA	PALOMAS
MES	CAUDAL MEDIO MENSUAL HISTÓRICO EN m ³ /s					
ENERO	4.09	0.10	1.52	0.05	1.58	0.38
FEBRERO	1.94	0.28	0.25	0.02	1.22	0.34
MARZO	1.49	0.36	0.37	0.03	1.41	0.44
ABRIL	1.26	0.37	0.41	0.03	1.58	0.40
MAYO	1.41	0.30	0.51	0.05	1.89	0.42
JUNIO	6.64	0.12	2.53	0.34	1.47	0.72
JULIO	36.86	0.06	18.60	2.52	5.50	2.31
AGOSTO	37.58	0.03	24.03	6.59	9.17	2.09
SEPTIEMBRE	31.12	0.02	16.43	3.38	7.57	1.85
OCTUBRE	10.71	0.03	6.39	2.22	3.56	0.71
NOVIEMBRE	3.91	0.05	1.93	0.25	0.57	0.14
DICIEMBRE	2.04	0.06	0.79	0.09	0.63	0.22
CAUDAL PROMEDIO m³/s	11.96	0.15	6.15	1.41	3.01	0.84
CAUDAL DE RESERVA ECOLÓGICO m³/s	1.20	0.02	0.61	0.14	0.30	0.08

Cuadro No. 5.18 Resumen del caudal de reserva ecológico en m³/s de la cuenca del Río Juchipila.