

**ESTUDIO DE LOS
ARROYOS DEL
MUNICIPIO DE
GUASAVE**

Índice

Anexos	4
Anexo 10: Memoria de cálculo de Inundaciones pluviales y fluviales.....	4
Arroyo Ocoroni	4
Arroyo San Rafael	20
Arroyo Cabrera.....	35

Tablas

Tabla 0.1 Periodos de retorno de lluvias en la microcuenca arroyo Ocoroni	5
Tabla 0.2 Valores de lámina de lluvia e intensidad de la lluvia para diferentes periodos de retorno en la microcuenca arroyo Ocoroni.....	6
Tabla 0.3 Gasto líquido esperado para diferentes periodos de retorno en la microcuenca arroyo Ocoroni	7
Tabla 0.4 Coordinadas del Hidrograma unitario adimensional (HUA) para 4 periodos de retorno en la microcuenca arroyo Ocoroni.....	8
Tabla 0.5 Periodos de retorno de lluvias en la microcuenca Arroyo San Rafael	20
Tabla 0.6 Valores de lámina de lluvia e intensidad de la lluvia para diferentes periodos de retorno en la microcuenca Arroyo San Rafael.....	21
Tabla 0.7 Gasto líquido esperado para diferentes periodos de retorno en la microcuenca Arroyo San Rafael	22
Tabla 0.8 Coordinadas del Hidrograma unitario adimensional (HUA) para 4 periodos de retorno en la microcuenca Arroyo San Rafael	24
Tabla 0.9 Periodos de retorno de lluvias en la microcuenca Arroyo Cabrera	35
Tabla 0.10 Valores de lámina de lluvia e intensidad de la lluvia para diferentes periodos de retorno en la microcuenca Arroyo Cabrera	36
Tabla 0.11 Gasto líquido esperado para diferentes periodos de retorno en la microcuenca Arroyo Cabrera	37
Tabla 0.12 Coordinadas del Hidrograma unitario adimensional (HUA) para 4 periodos de retorno ...	39
Tabla 0.13 Localidades afectación por inundación.....	51

Figuras

Figura 0.1 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca arroyo Ocoroni en un PR de 20 años	10
Figura 0.2 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca arroyo Ocoroni en un PR de 100 años	10
Figura 0.3 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca arroyo Ocoroni en un PR de 200 años	11
Figura 0.4 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca arroyo Ocoroni en un PR de 500 años	11
Figura 0.5 Selección de algunas secciones transversales en la microcuenca arroyo Ocoroni	13
Figura 0.6 Simulación de inundaciones para un PR=20 años en la microcuenca arroyo Ocoroni.....	16
Figura 0.7 Simulación de inundaciones para un PR=100 años en la microcuenca arroyo Ocoroni.....	17
Figura 0.8 Simulación de inundaciones para un PR=200 años en la microcuenca arroyo Ocoroni.....	18
Figura 0.9 Simulación de inundaciones para un PR=500 años en la microcuenca arroyo Ocoroni.....	19
Figura 0.10 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo San Rafael en un PR de 20 años.....	25
Figura 0.11 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo San Rafael en un PR de 100 años.....	26
Figura 0.12 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo San Rafael en un PR de 200 años.....	26
Figura 0.13 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo San Rafael en un PR de 500 años.....	27
Figura 0.14 Selección de algunas secciones transversales en la microcuenca Arroyo San Rafael	28
Figura 0.15 Simulación de inundaciones para un PR=20 años en la microcuenca Arroyo San Rafael .	31
Figura 0.16 Simulación de inundaciones para un PR=100 años en la microcuenca Arroyo San Rafael	32
Figura 0.17 Simulación de inundaciones para un PR=200 años en la microcuenca Arroyo San Rafael	33
Figura 0.18 Simulación de inundaciones para un PR=500 años en la microcuenca Arroyo San Rafael	34

Figura 0.19 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo Cabrera en un PR de 20 años.....	40
Figura 0.20 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo Cabrera en un PR de 100 años.....	41
Figura 0.21 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo Cabrera en un PR de 200 años.....	41
Figura 0.22 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo Cabrera en un PR de 500 años.....	42
Figura 0.23 Selección de algunas secciones transversales en la microcuenca Arroyo Cabrera	43
Figura 0.24 Simulación de inundaciones para un PR=20 años en la microcuenca Arroyo Cabrera	47
Figura 0.25 Simulación de inundaciones para un PR=100 años en la microcuenca Arroyo Cabrera....	48
Figura 0.26 Simulación de inundaciones para un PR=200 años en la microcuenca Arroyo Cabrera....	49
Figura 0.27 Simulación de inundaciones para un PR=500 años en la microcuenca Arroyo Cabrera....	50

Anexos

Anexo 10: Memoria de cálculo de Inundaciones pluviales y fluviales

Arroyo Ocoroni

Para obtener el tiempo de concentración (t_c), se utilizó la fórmula de Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

t_c tiempo de concentración, en horas
 S pendiente media del cauce principal
 L longitud del cauce principal, en m

Con el modelo digital de elevación de la zona, incorporado a un Sistema de Información Geográfica, se determinó que la pendiente general del drenaje principal es de 0.88%, mientras que su longitud es de 174,799m.

Sustituyendo los valores de la pendiente y la longitud del cauce principal,

$$t_c = 0.000325 \frac{174,799^{0.77}}{0.0088^{0.385}} = 21.90 \text{ horas} = 1314.09 \text{ minutos}$$

Por otro lado, se determinaron los valores de precipitación máxima para la microcuenca arroyo Ocoroni según diversos periodos de retorno en duraciones de 1 y 24 horas, los cuales se presenta a continuación.

Tabla 0.1 Periodos de retorno de lluvias en la microcuenca arroyo Ocoroni

Duración de la Precipitación	hp PR 20 años	hp PR 100 años	hp PR 200 años	hp PR 500 años
1 h (mm)	120	170	180	200
24 h (mm)	180	240	280	300

Fuente: IG UNAM - CENAPRED.

Para calcular el gasto líquido fue necesario obtener la intensidad de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración (t_c), por lo que se realizó una interpolación entre los valores de la lámina de lluvia para $d = 24$ horas y $d = 1$ hora, para cada uno de los periodos de retorno considerados.

Con el valor del tiempo de concentración, se procedió a calcular la lámina de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración ($d = t_c = 21.90$ horas). A continuación, se presentarán los cálculos para un periodo de retorno de veinte años (PR = 20 años)

$$hp(t_c) = \frac{hp(24) - hp(1)}{3.1781} * \ln t_c + hp(1)$$

hp PR 20 (1h) = 120 mm

hp PR 20 (24h) = 180 mm

$t_c = 21.90$ h

Sustituyendo:

$$hp(t_c) = \frac{hp(180) - hp(120)}{3.1781} * \ln 21.90 + hp(120) = 178.27 \text{ mm}$$

Por lo tanto, la lámina de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración es de 178.27 mm. Finalmente, para obtener la intensidad de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración (t_c), se divide la lámina de lluvia antes mencionada entre el valor del tiempo de concentración.

$$i = \frac{hp(t_c)}{t_c}$$

Sustituyendo por los valores de PR = 20 años;

$$i = \frac{178.27 \text{ mm}}{21.90} = 8.13 \text{ mm/h}$$

Por lo tanto, el valor de la intensidad de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración es de 8.13 mm/h para un periodo de retorno de veinte años. En la siguiente tabla se observan las láminas de lluvia para los diferentes periodos de retorno, así como las intensidades de lluvia esperadas.

Tabla 0.2 Valores de lámina de lluvia e intensidad de la lluvia para diferentes periodos de retorno en la microcuenca arroyo Ocoroni

PR	hp (1h) mm	hp (24h) mm	hp (tc) mm	i mm/h
20 años	120	180	178.27	8.14
100 años	170	240	237.98	10.87
200 años	180	280	277.12	12.65
500 años	200	300	297.12	13.57

Fuente: Elaboración propia con datos de CENAPRED

El gasto de diseño se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Q_p = 0.278 * C_e * i * A$$

Donde:

Q_p gasto máximo o de pico, en m³/s
 C_e coeficiente de escurrimiento
 i intensidad media de la lluvia, mm/h
 A área de la microcuenca, en km²

Para determinar el coeficiente de escurrimiento se utilizaron los valores de la Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas del CENAPRED, que a su vez los tomó de los Fundamentos de Hidrología de Superficie de Francisco Aparicio (2001). El valor usado fue de 0.13 “Suelos Arcillosos Planos”.

Con el coeficiente de escurrimiento, el área de la microcuenca de aportación (2287.77 km²) y la intensidad de la lluvia, se estimaron los gastos líquidos generados en la cuenca, mediante la fórmula previamente expuesta.

Sustituyendo para el PR = 20 años:

$$Q_p = 0.278 * 0.13 * 8.13 \text{ mm/h} * 2287.77 \text{ km}^2 = 672.99 \text{ m}^3/\text{s}$$



De la misma forma se calcularon los valores de los gastos líquidos para los diferentes periodos de retorno, mismos que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 0.3 Gasto líquido esperado para diferentes periodos de retorno en la microcuenca arroyo Ocoroni

PR	i (mm/h)	Q_p (m ³ /s)
20 años	8.14	672.99
100 años	10.87	898.41
200 años	12.65	1046.15
500 años	13.57	1121.65

Fuente: Elaboración propia.

Después de estimar el gasto máximo para diferentes periodos de retorno, se realizó un Hidrograma unitario adimensional (HUA) para cada periodo de retorno, en función de las siguientes ecuaciones.

$$t_r = 0.6t_c$$

Donde:

t_r Tiempo de retraso

t_c Tiempo de concentración en horas (21.90 en la microcuenca arroyo Ocoroni)

Sustituyendo por los valores de la microcuenca arroyo Ocoroni:

$$t_r = 0.6t_c = 0.6 * 21.90 = 13.14$$

Posteriormente se usó la ecuación:

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r$$

Donde:

t_p Tiempo de pico

d_e duración en exceso en horas

Para la determinación de d_e duración en exceso, se utilizó el criterio expuesto en Aparicio (2001) en el que para cuencas chicas $d_e = t_c$, por lo que se usó el valor $d_e = 21.90$ horas.

Sustituyendo:



$$t_p = \frac{21.90}{2} + 13.14 = 24.09$$

Luego se usó la ecuación:

$$t_b = 2.67t_p$$

Donde:

t_b Tiempo base

Sustituyendo:

$$t_b = 2.67 * 24.09 = 64.32$$

Finalmente se usó la ecuación:

$$q_p = \frac{0.208A_c}{t_p}$$

Donde:

q_p Gasto de pico

A_c área de la cuenca en km^2 (2287.77 en la microcuenca arroyo Ocoroni)

Sustituyendo:

$$q_p = \frac{0.208 * 2287.77}{24.09} = 19.75$$

Posteriormente los valores t_p (tiempo de pico) y q_p (gasto de pico) se multiplican por las coordenadas t/t_p y q/q_p , para obtener los siguientes valores:

Tabla 0.4 Coordenadas del Hidrograma unitario adimensional (HUA) para 4 periodos de retorno en la microcuenca arroyo Ocoroni

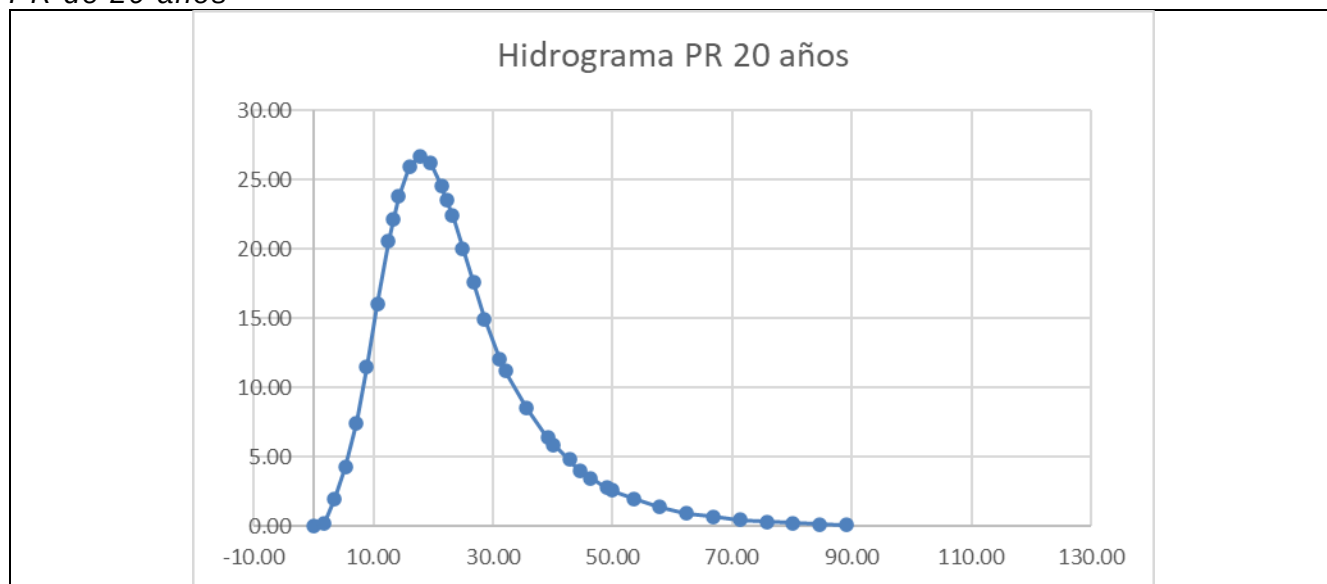
Coord. t/t_p	Coord. q/q_p	t_p PR20	q_p PR20	t_p PR100	q_p PR100	t_p PR200	q_p PR200	t_p PR500	q_p PR500
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.010	1.78	0.27	1.99	0.24	2.20	0.22	2.41	0.20
0.20	0.075	3.56	2.00	3.98	1.79	4.40	1.62	4.82	1.48
0.30	0.160	5.35	4.27	5.97	3.82	6.60	3.46	7.23	3.16
0.40	0.280	7.13	7.48	7.96	6.69	8.80	6.06	9.64	5.53

Coord. t/t_p	Coord. q/q_p	t_p PR20	q_p PR20	t_p PR100	q_p PR100	t_p PR200	q_p PR200	t_p PR500	q_p PR500
0.50	0.430	8.91	11.48	9.96	10.28	11.00	9.30	12.05	8.49
0.60	0.600	10.69	16.02	11.95	14.34	13.20	12.98	14.45	11.85
0.70	0.770	12.47	20.56	13.94	18.40	15.40	16.65	16.86	15.21
0.75	0.830	13.37	22.16	14.93	19.84	16.50	17.95	18.07	16.39
0.80	0.890	14.26	23.77	15.93	21.27	17.60	19.25	19.27	17.58
0.90	0.970	16.04	25.90	17.92	23.18	19.80	20.98	21.68	19.16
1.00	1.000	17.82	26.70	19.91	23.90	22.00	21.63	24.09	19.75
1.10	0.980	19.60	26.17	21.90	23.42	24.20	21.20	26.50	19.36
1.20	0.920	21.38	24.57	23.89	21.99	26.40	19.90	28.91	18.17
1.25	0.880	22.28	23.50	24.89	21.03	27.50	19.03	30.11	17.38
1.30	0.840	23.17	22.43	25.88	20.08	28.60	18.17	31.32	16.59
1.40	0.750	24.95	20.03	27.87	17.92	30.80	16.22	33.73	14.81
1.50	0.660	26.73	17.62	29.87	15.77	33.00	14.28	36.14	13.04
1.60	0.560	28.51	14.95	31.86	13.38	35.20	12.11	38.55	11.06
1.75	0.450	31.19	12.02	34.84	10.75	38.50	9.73	42.16	8.89
1.80	0.420	32.08	11.22	35.84	10.04	39.60	9.08	43.36	8.30
2.00	0.320	35.64	8.54	39.82	7.65	44.00	6.92	48.18	6.32
2.20	0.240	39.21	6.41	43.80	5.74	48.40	5.19	53.00	4.74
2.25	0.220	40.10	5.87	44.80	5.26	49.50	4.76	54.20	4.35
2.40	0.180	42.77	4.81	47.79	4.30	52.80	3.89	57.82	3.56
2.50	0.150	44.55	4.01	49.78	3.58	55.00	3.24	60.23	2.96
2.60	0.130	46.33	3.47	51.77	3.11	57.20	2.81	62.64	2.57
2.75	0.105	49.01	2.80	54.75	2.51	60.50	2.27	66.25	2.07
2.80	0.098	49.90	2.62	55.75	2.34	61.60	2.12	67.45	1.94
3.00	0.075	53.46	2.00	59.73	1.79	66.00	1.62	72.27	1.48
3.25	0.053	57.92	1.42	64.71	1.27	71.50	1.15	78.30	1.05
3.50	0.036	62.37	0.96	69.69	0.86	77.00	0.78	84.32	0.71
3.75	0.026	66.83	0.69	74.67	0.62	82.50	0.56	90.34	0.51
4.00	0.018	71.28	0.48	79.64	0.43	88.00	0.39	96.36	0.36
4.25	0.012	75.74	0.32	84.62	0.29	93.50	0.26	102.39	0.24
4.50	0.009	80.19	0.24	89.60	0.22	99.00	0.19	108.41	0.18
4.75	0.006	84.65	0.16	94.58	0.14	104.50	0.13	114.43	0.12
5.00	0.004	89.10	0.11	99.55	0.10	110.00	0.09	120.45	0.08

Fuente: Elaboración propia con base en Aparicio (2001).

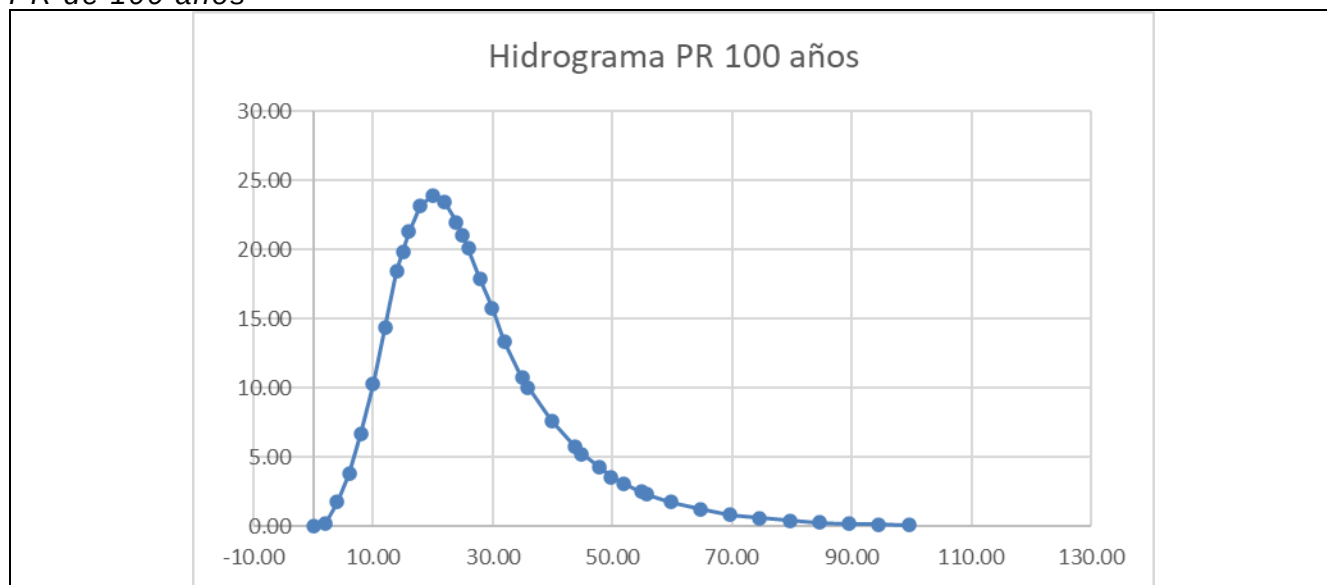
Como resultado se construyeron los hidrogramas que se ven a continuación.

Figura 0.1 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca arroyo Ocoroni en un PR de 20 años



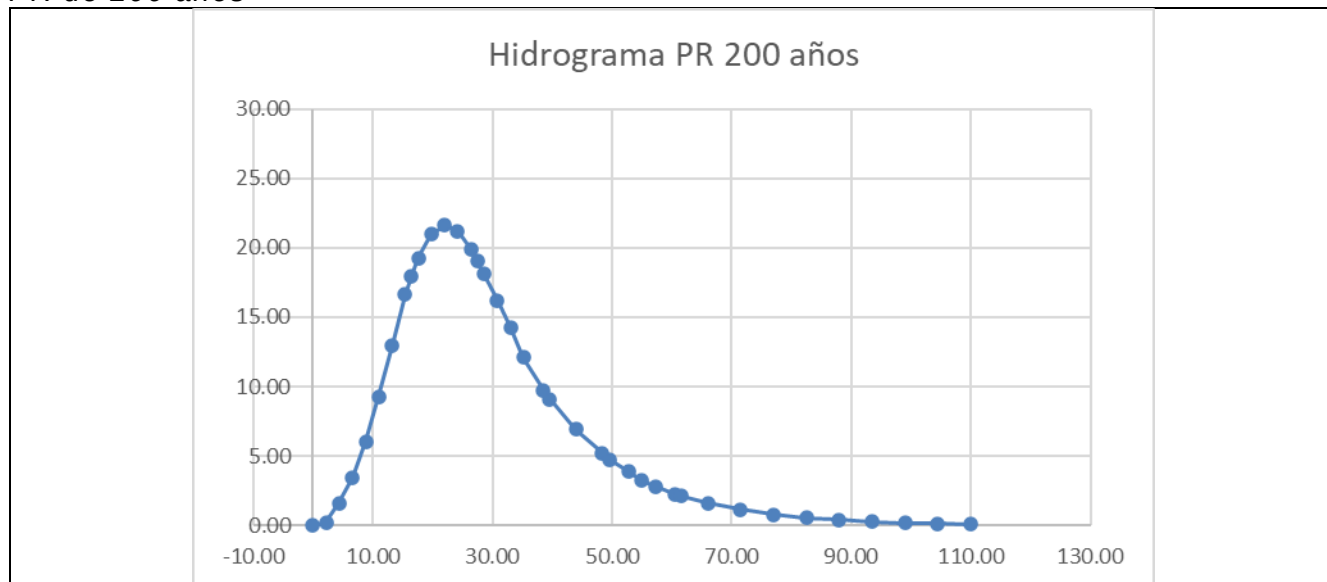
Fuente: Elaboración propia con base en Aparicio (2001).

Figura 0.2 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca arroyo Ocoroni en un PR de 100 años



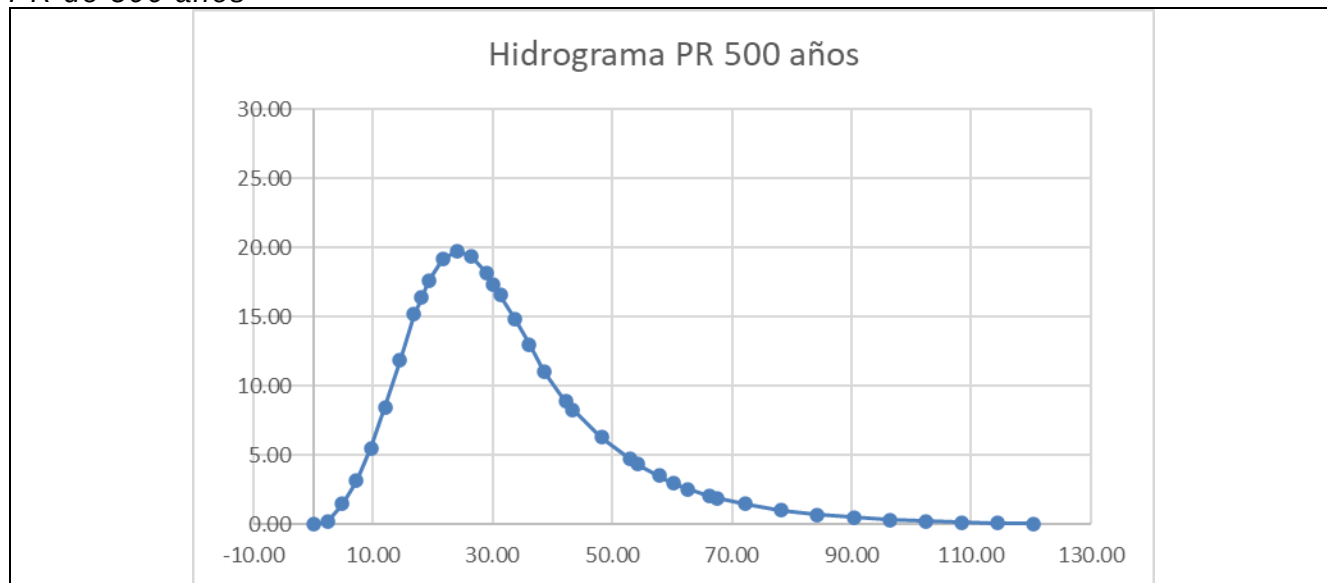
Fuente: Elaboración propia con base en Aparicio (2001).

Figura 0.3 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca arroyo Ocoroni en un PR de 200 años



Fuente: Elaboración propia con base en Aparicio (2001).

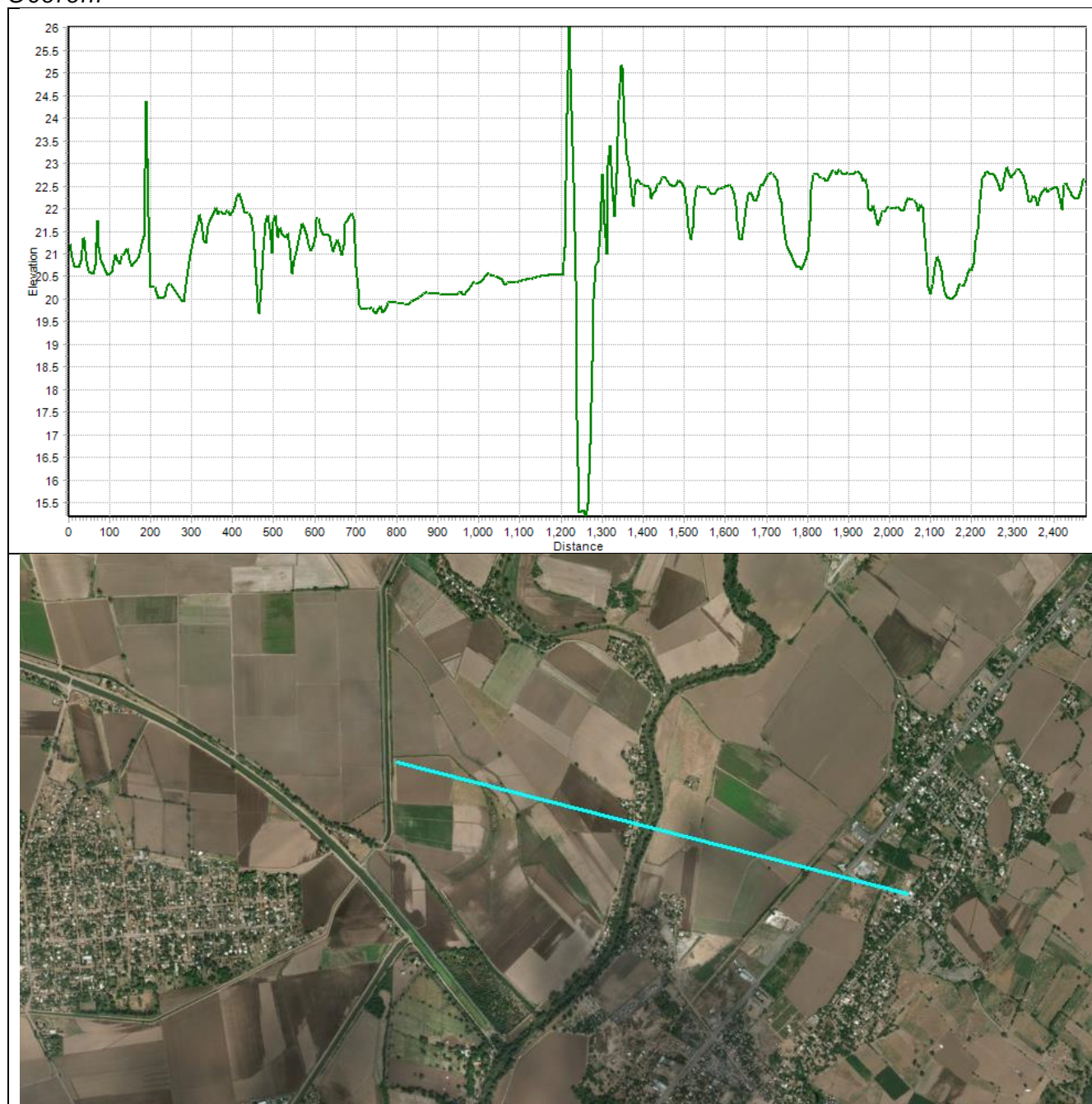
Figura 0.4 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca arroyo Ocoroni en un PR de 500 años

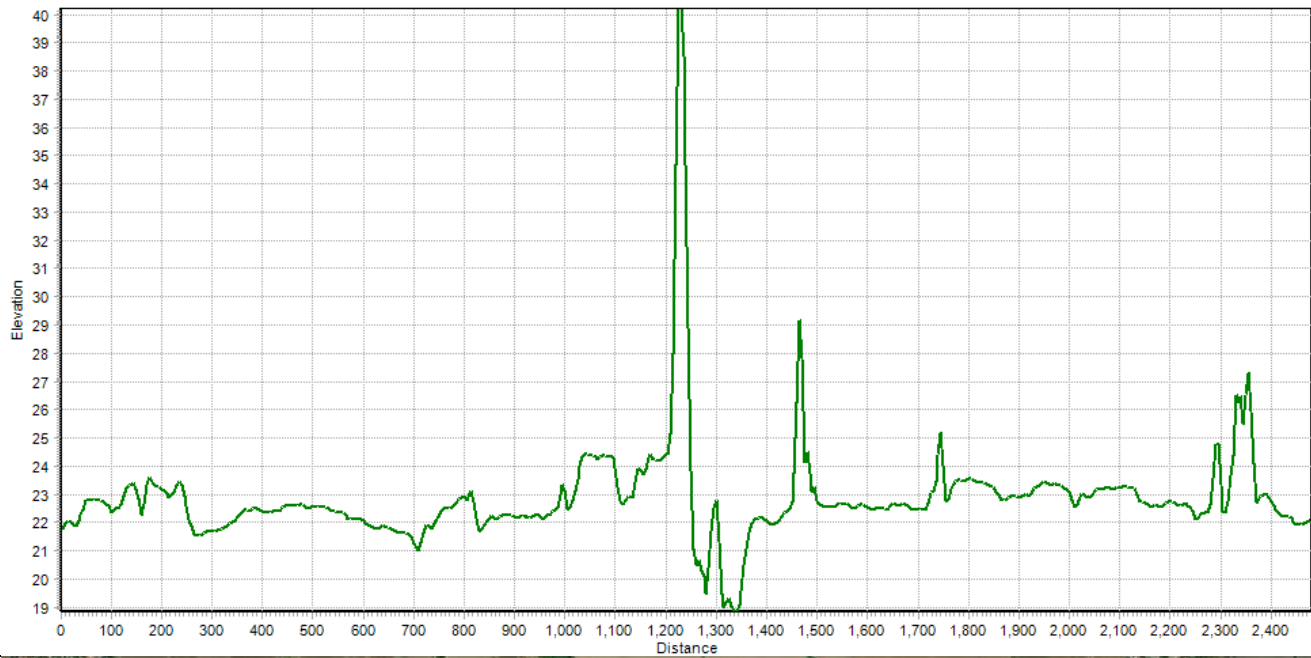


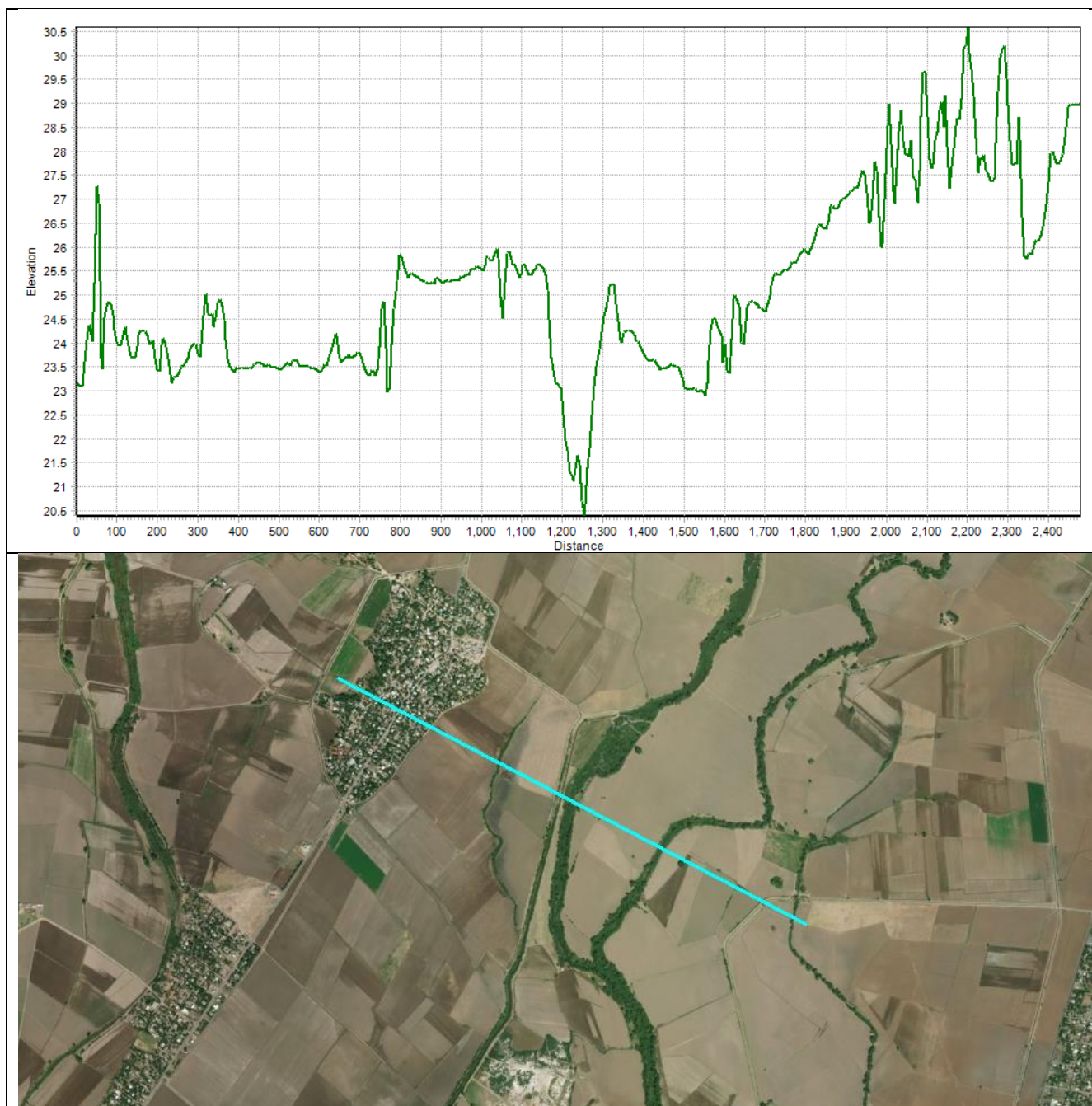
Fuente: Elaboración propia con base en Aparicio (2001).

Ahora bien, con estos datos se debe determinar el peligro por inundación, para lo cual se usó el sistema de información geográfica ArcGIS y el software de modelación de inundaciones HEC-RAS. Primero, en ArcGIS con la extensión HEC-GeoRAS se generaron los archivos vectoriales de la trayectoria del río (Stream Centerline) y otro con la con la ubicación y geometría de las secciones transversales (XS Cut Lines). Algunos de estos últimos, se pueden observar a continuación.

Figura 0.5 Selección de algunas secciones transversales en la microcuenca arroyo Ocoroni





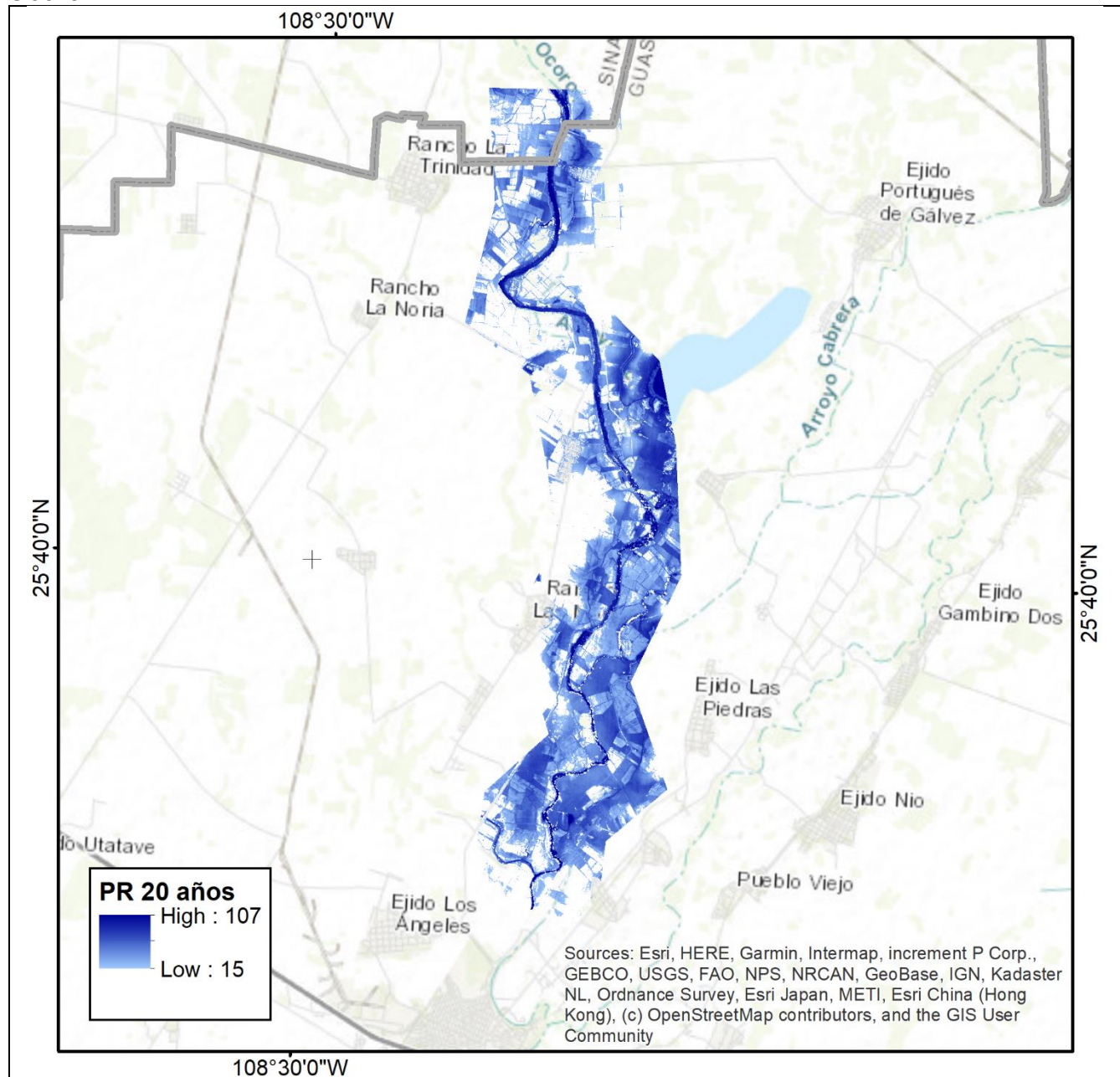


Fuente: Elaboración propia con datos LiDAR de INEGI.

Posteriormente, la información de exportó de ArcGIS a HEC-RAS para la simulación del tránsito de avenidas, lo cual incluyó la importación de los datos geométricos en HEC-RAS; completado de la información geométrica; información de los caudales (gastos de diseño); condiciones de frontera en el

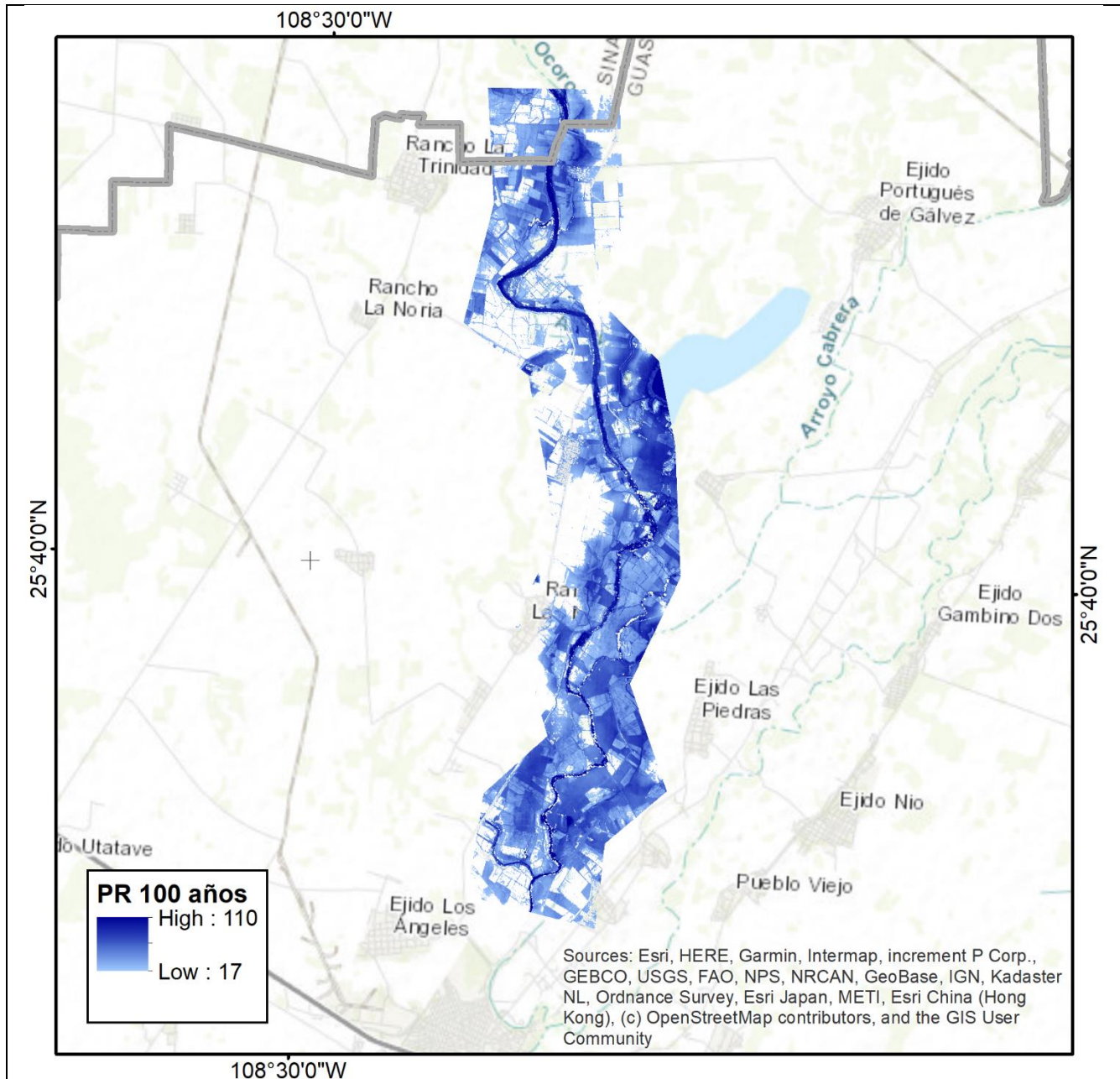
río simulado; y la ejecución del programa e interpretación de resultados. Una vez que se procesaron los distintos arroyos en cada periodo de retorno se obtuvieron las siguientes simulaciones.

Figura 0.6 Simulación de inundaciones para un PR=20 años en la microcuenca arroyo Ocoroni



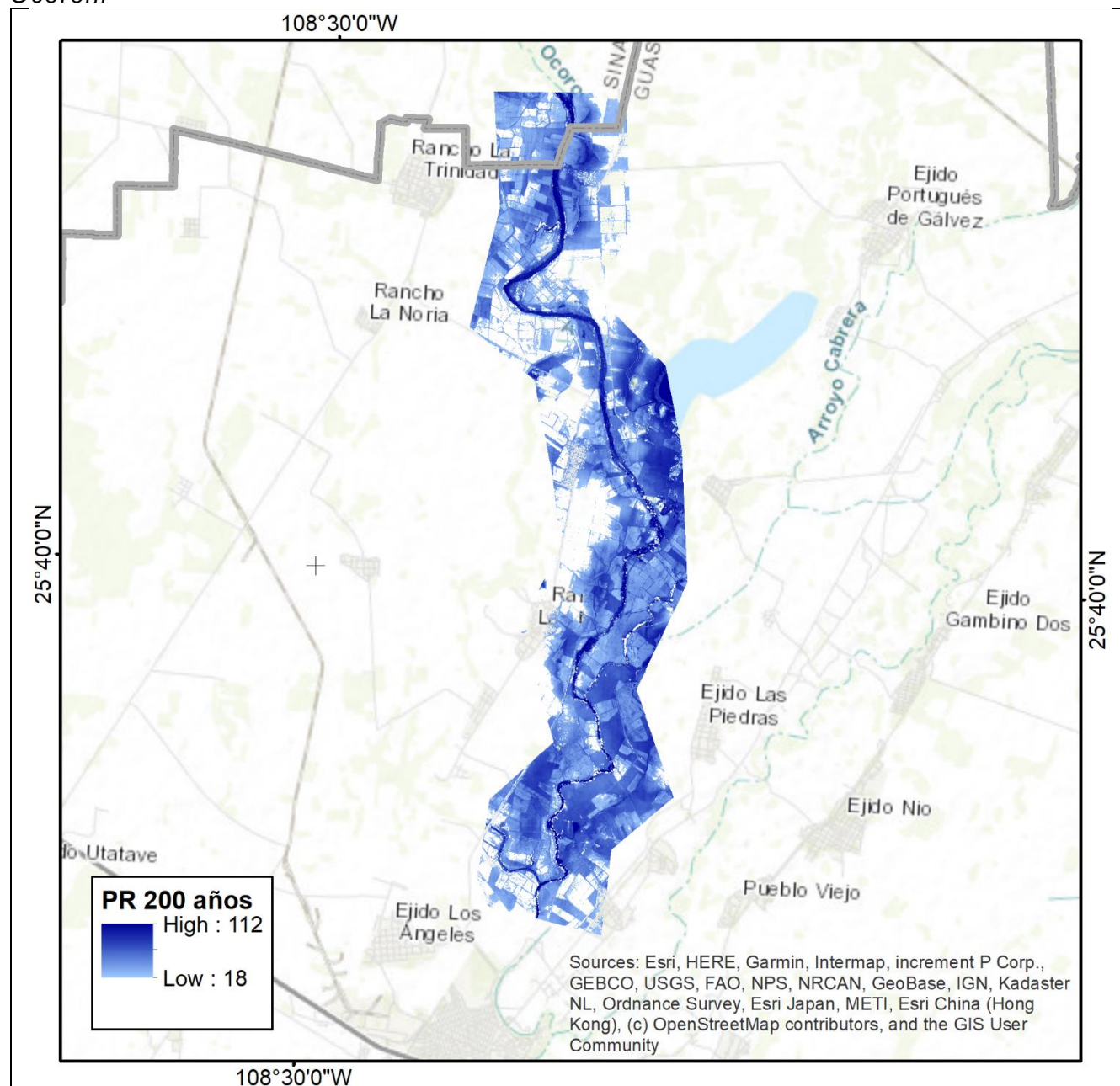
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CENAPRED.

Figura 0.7 Simulación de inundaciones para un PR=100 años en la microcuenca arroyo Ocoroni



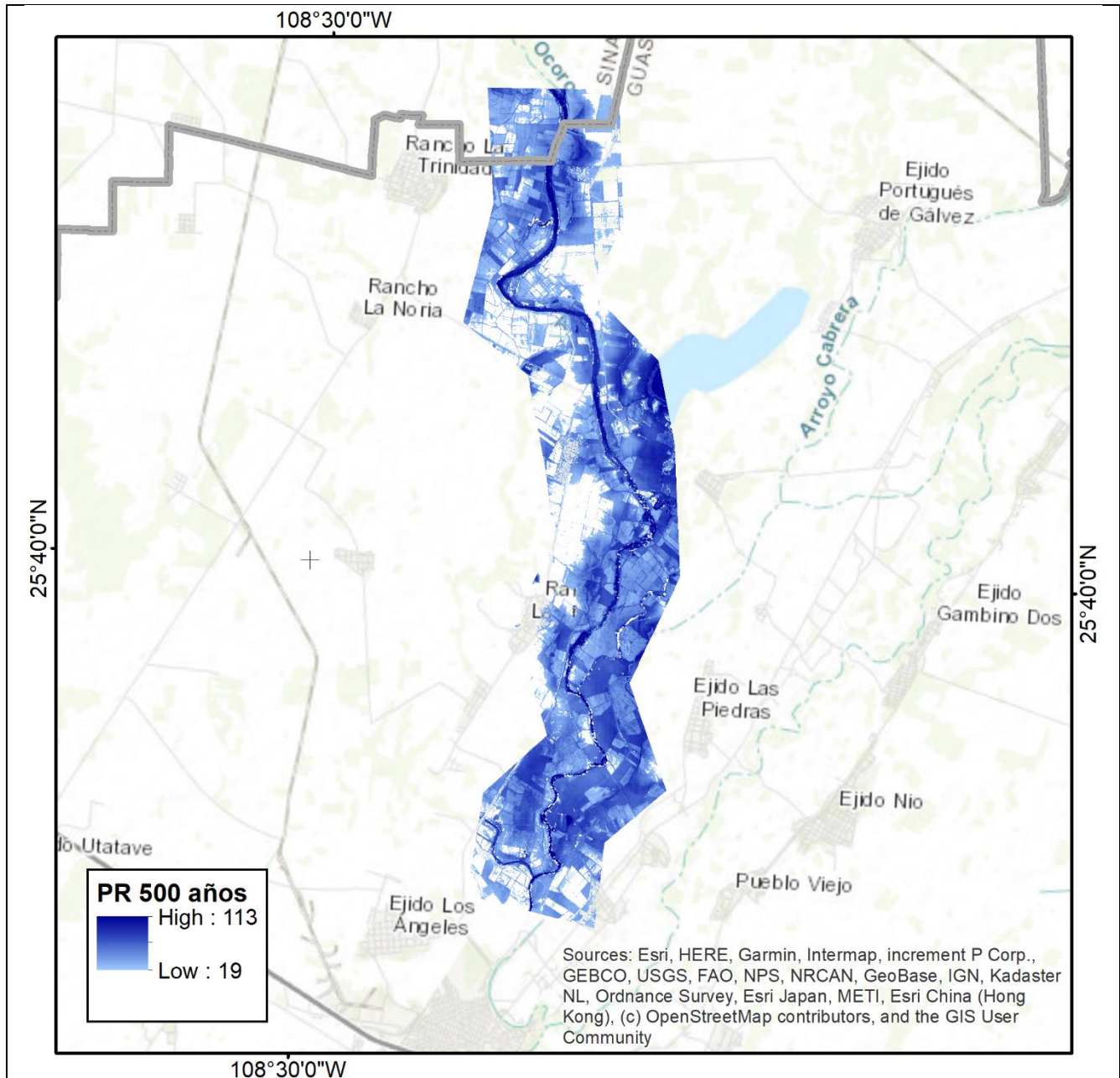
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CENAPRED.

Figura 0.8 Simulación de inundaciones para un PR=200 años en la microcuenca arroyo Ocoroni



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CENAPRED.

Figura 0.9 Simulación de inundaciones para un PR=500 años en la microcuenca arroyo Ocoroni



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CENAPRED.

De acuerdo al análisis de riesgos elaborado como parte integral del documento justificativo del Atlas Municipal de Riesgos, se determina que en el área circundante del Arroyo Ocoroni hay un alto riesgo por inundación en la Localidad denominada Las Quemazones con una población total de 1,391 habitantes.

Arroyo San Rafael

Para obtener el tiempo de concentración (t_c), se utilizó la fórmula de Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

t_c tiempo de concentración, en horas
 S pendiente media del cauce principal
 L longitud del cauce principal, en m

Con el modelo digital de elevación de la zona, incorporado a un Sistema de Información Geográfica, se determinó que la pendiente general del drenaje principal es de 1.12%, mientras que su longitud es de 59,991 m.

Sustituyendo los valores de la pendiente y la longitud del cauce principal,

$$t_c = 0.000325 \frac{59,991^{0.77}}{0.0112^{0.385}} = 8.76 \text{ horas} = 525.33 \text{ minutos}$$

Por otro lado, se determinaron los valores de precipitación máxima para la microcuenca Arroyo San Rafael según diversos periodos de retorno en duraciones de 1 y 24 horas, los cuales se presenta a continuación.

Tabla 0.5 Periodos de retorno de lluvias en la microcuenca Arroyo San Rafael

Duración de la Precipitación	hp PR 20 años	hp PR 100 años	hp PR 200 años	hp PR 500 años
1 h (mm)	120	170	180	200
24 h (mm)	180	240	280	300

Fuente: IG UNAM - CENAPRED.

Para calcular el gasto líquido fue necesario obtener la intensidad de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración (t_c), por lo que se realizó una interpolación entre los valores de la lámina de lluvia para $d = 24$ horas y $d = 1$ hora, para cada uno de los periodos de retorno considerados.

Con el valor del tiempo de concentración, se procedió a calcular la lámina de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración ($d = t_c = 8.76$ horas). A continuación, se presentarán los cálculos para un periodo de retorno de veinte años ($PR = 20$ años)

$$hp(t_c) = \frac{hp(24) - hp(1)}{3.1781} * \ln t_c + hp(1)$$

hp PR 20 (1h) = 120 mm
 hp PR 20 (24h) = 180 mm
 $t_c = 8.76$ h
 Sustituyendo:

$$hp(t_c) = \frac{hp(180) - hp(120)}{3.1781} * \ln 8.76 + hp(120) = 160.96 \text{ mm}$$

Por lo tanto, la lámina de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración es de 160.96 mm. Finalmente, para obtener la intensidad de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración (t_c), se divide la lámina de lluvia antes mencionada entre el valor del tiempo de concentración.

$$i = \frac{hp(t_c)}{t_c}$$

Sustituyendo por los valores de $PR = 20$ años;

$$i = \frac{160.96 \text{ mm}}{8.76} = 18.38 \text{ mm/h}$$

Por lo tanto, el valor de la intensidad de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración es de 18.38 mm/h para un periodo de retorno de veinte años. En la siguiente tabla se observan las láminas de lluvia para los diferentes periodos de retorno, así como las intensidades de lluvia esperadas.

Tabla 0.6 Valores de lámina de lluvia e intensidad de la lluvia para diferentes periodos de retorno en la microcuenca Arroyo San Rafael

PR	hp (1h) mm	hp (24h) mm	hp (t_c) mm	i mm/h
20 años	120	180	160.96	18.38
100 años	170	240	217.79	24.87
200 años	180	280	248.27	28.36
500 años	200	300	268.27	30.64

Fuente: Elaboración propia con datos de CENAPRED

El gasto de diseño se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Q_p = 0.278 * C_e * i * A$$

Donde:

Q_p gasto máximo o de pico, en m^3/s
 C_e coeficiente de escurrimiento
 i intensidad media de la lluvia, mm/h
 A área de la microcuenca, en km^2

Para determinar el coeficiente de escurrimiento se utilizaron los valores de la Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas del CENAPRED, que a su vez los tomó de los Fundamentos de Hidrología de Superficie de Francisco Aparicio (2001). El valor usado fue de 0.13 “Suelos Arcillosos Planos”.

Con el coeficiente de escurrimiento, el área de la cuenca de aportación ($748.67 km^2$) y la intensidad de la lluvia, se estimaron los gastos líquidos generados en la cuenca, mediante la fórmula previamente expuesta.

Sustituyendo para el PR = 20 años:

$$Q_p = 0.278 * 0.13 * 18.38 \frac{mm}{h} * 748.67 km^2 = 497.41 m^3/s$$

De la misma forma se calcularon los valores de los gastos líquidos para los diferentes periodos de retorno, mismos que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 0.7 Gasto líquido esperado para diferentes periodos de retorno en la microcuenca Arroyo San Rafael

PR	i (mm/h)	Q_p (m^3/s)
20 años	18.38	497.41
100 años	24.87	673.02
200 años	28.36	767.22
500 años	30.64	829.02

Fuente: Elaboración propia.

Después de estimar el gasto máximo para diferentes periodos de retorno, se realizó un Hidrograma unitario adimensional (HUA) para cada periodo de retorno, en función de las siguientes ecuaciones.

$$t_r = 0.6t_c$$



Donde:

t_r Tiempo de retraso

t_c Tiempo de concentración en horas (8.76 en la microcuenca Arroyo San Rafael)

Sustituyendo por los valores de la microcuenca Arroyo San Rafael:

$$t_r = 0.6t_c = 0.6 * 8.76 = 5.25$$

Posteriormente se usó la ecuación:

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r$$

Donde:

t_p Tiempo de pico

d_e duración en exceso en horas

Para la determinación de d_e duración en exceso, se utilizó el criterio expuesto en Aparicio (2001) en el que para cuencas chicas $d_e = t_c$, por lo que se usó el valor $d_e = 8.76$ horas.

Sustituyendo:

$$t_p = \frac{8.76}{2} + 5.25 = 9.63$$

Luego se usó la ecuación:

$$t_b = 2.67t_p$$

Donde:

t_b Tiempo base

Sustituyendo:

$$t_b = 2.67 * 9.63 = 25.71$$

Finalmente se usó la ecuación:

$$q_p = \frac{0.208A_c}{t_p}$$

Donde:

q_p Gasto de pico
 A_c área de la cuenca en km^2 (748.67 en la microcuenca Arroyo San Rafael)

Sustituyendo:

$$q_p = \frac{0.208 * 748.67}{9.63} = 16.16$$

Posteriormente los valores t_p (tiempo de pico) y q_p (gasto de pico) se multiplican por las coordenadas t/t_p y q/q_p , para obtener los siguientes valores:

Tabla 0.8 Coordenadas del Hidrograma unitario adimensional (HUA) para 4 periodos de retorno en la microcuenca Arroyo San Rafael

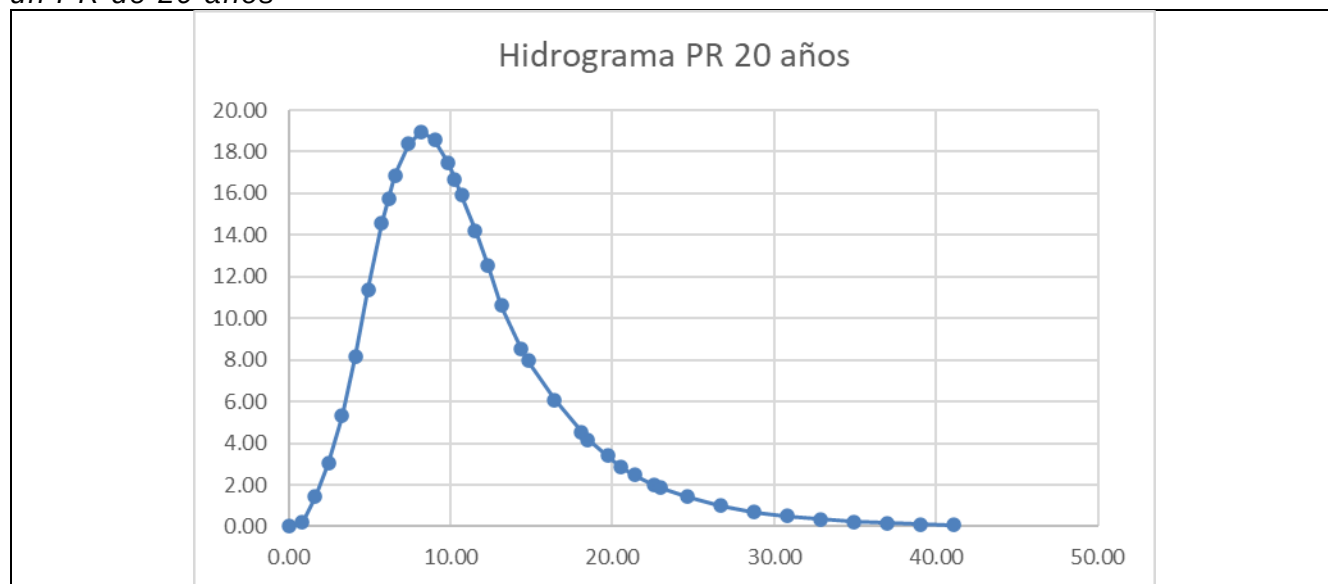
Coord. t/t_p	Coord. q/q_p	t_p PR20	q_p PR20	t_p PR100	q_p PR100	t_p PR200	q_p PR200	t_p PR500	q_p PR500
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.010	0.82	0.19	0.87	0.18	0.92	0.17	0.96	0.16
0.20	0.075	1.64	1.42	1.74	1.34	1.83	1.28	1.93	1.21
0.30	0.160	2.46	3.03	2.61	2.87	2.75	2.72	2.89	2.59
0.40	0.280	3.28	5.31	3.47	5.02	3.66	4.76	3.85	4.53
0.50	0.430	4.11	8.15	4.34	7.71	4.58	7.31	4.82	6.95
0.60	0.600	4.93	11.38	5.21	10.76	5.49	10.20	5.78	9.70
0.70	0.770	5.75	14.60	6.08	13.81	6.41	13.09	6.74	12.45
0.75	0.830	6.16	15.74	6.51	14.88	6.87	14.11	7.22	13.42
0.80	0.890	6.57	16.88	6.95	15.96	7.33	15.13	7.70	14.39
0.90	0.970	7.39	18.39	7.82	17.39	8.24	16.49	8.67	15.68
1.00	1.000	8.21	18.96	8.69	17.93	9.16	17.00	9.63	16.17
1.10	0.980	9.03	18.58	9.55	17.57	10.07	16.66	10.59	15.85
1.20	0.920	9.85	17.45	10.42	16.50	10.99	15.64	11.56	14.88
1.25	0.880	10.27	16.69	10.86	15.78	11.45	14.96	12.04	14.23
1.30	0.840	10.68	15.93	11.29	15.06	11.91	14.28	12.52	13.58
1.40	0.750	11.50	14.22	12.16	13.45	12.82	12.75	13.48	12.13
1.50	0.660	12.32	12.52	13.03	11.83	13.74	11.22	14.45	10.67
1.60	0.560	13.14	10.62	13.90	10.04	14.65	9.52	15.41	9.05
1.75	0.450	14.37	8.53	15.20	8.07	16.03	7.65	16.85	7.28
1.80	0.420	14.78	7.96	15.63	7.53	16.48	7.14	17.34	6.79
2.00	0.320	16.42	6.07	17.37	5.74	18.32	5.44	19.26	5.17
2.20	0.240	18.07	4.55	19.11	4.30	20.15	4.08	21.19	3.88
2.25	0.220	18.48	4.17	19.54	3.94	20.61	3.74	21.67	3.56
2.40	0.180	19.71	3.41	20.84	3.23	21.98	3.06	23.11	2.91
2.50	0.150	20.53	2.84	21.71	2.69	22.90	2.55	24.08	2.43
2.60	0.130	21.35	2.47	22.58	2.33	23.81	2.21	25.04	2.10
2.75	0.105	22.58	1.99	23.88	1.88	25.19	1.79	26.49	1.70
2.80	0.098	22.99	1.86	24.32	1.76	25.64	1.67	26.97	1.58

Coord. t/t_p	Coord. q/q_p	t_p PR20	q_p PR20	t_p PR100	q_p PR100	t_p PR200	q_p PR200	t_p PR500	q_p PR500
3.00	0.075	24.64	1.42	26.06	1.34	27.47	1.28	28.89	1.21
3.25	0.053	26.69	1.00	28.23	0.95	29.76	0.90	31.30	0.86
3.50	0.036	28.74	0.68	30.40	0.65	32.05	0.61	33.71	0.58
3.75	0.026	30.80	0.49	32.57	0.47	34.34	0.44	36.12	0.42
4.00	0.018	32.85	0.34	34.74	0.32	36.63	0.31	38.52	0.29
4.25	0.012	34.90	0.23	36.91	0.22	38.92	0.20	40.93	0.19
4.50	0.009	36.96	0.17	39.08	0.16	41.21	0.15	43.34	0.15
4.75	0.006	39.01	0.11	41.25	0.11	43.50	0.10	45.75	0.10
5.00	0.004	41.06	0.08	43.43	0.07	45.79	0.07	48.16	0.06

Fuente: Elaboración propia con base en Aparicio (2001).

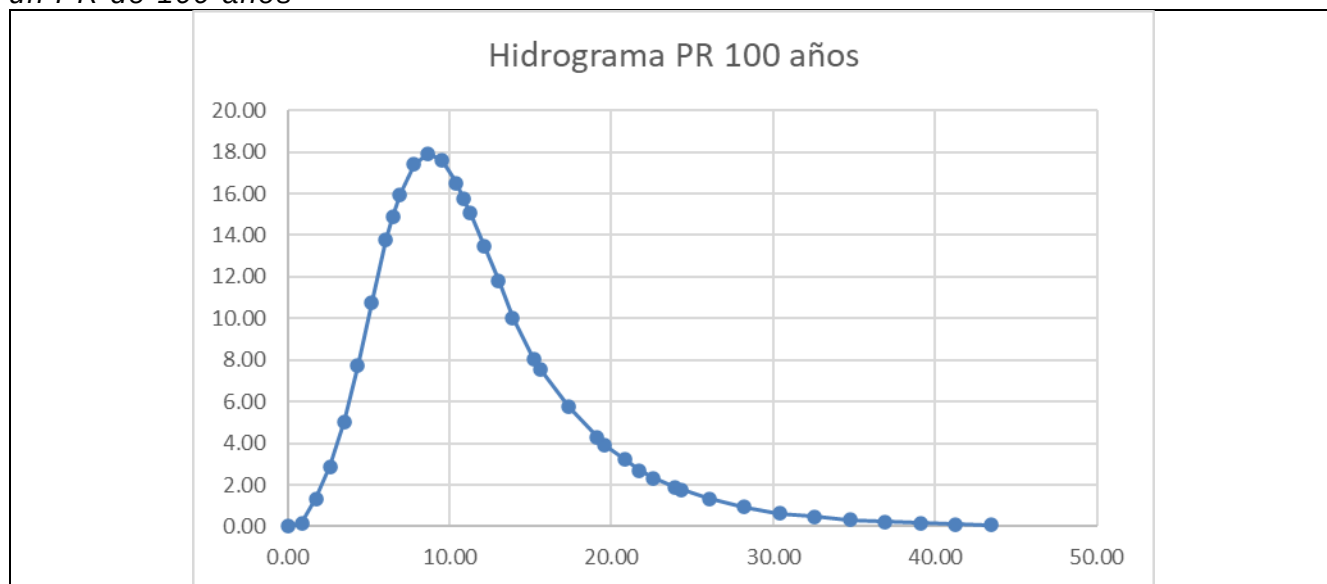
Como resultado se construyeron los hidrogramas que se ven a continuación.

Figura 0.10 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo San Rafael en un PR de 20 años



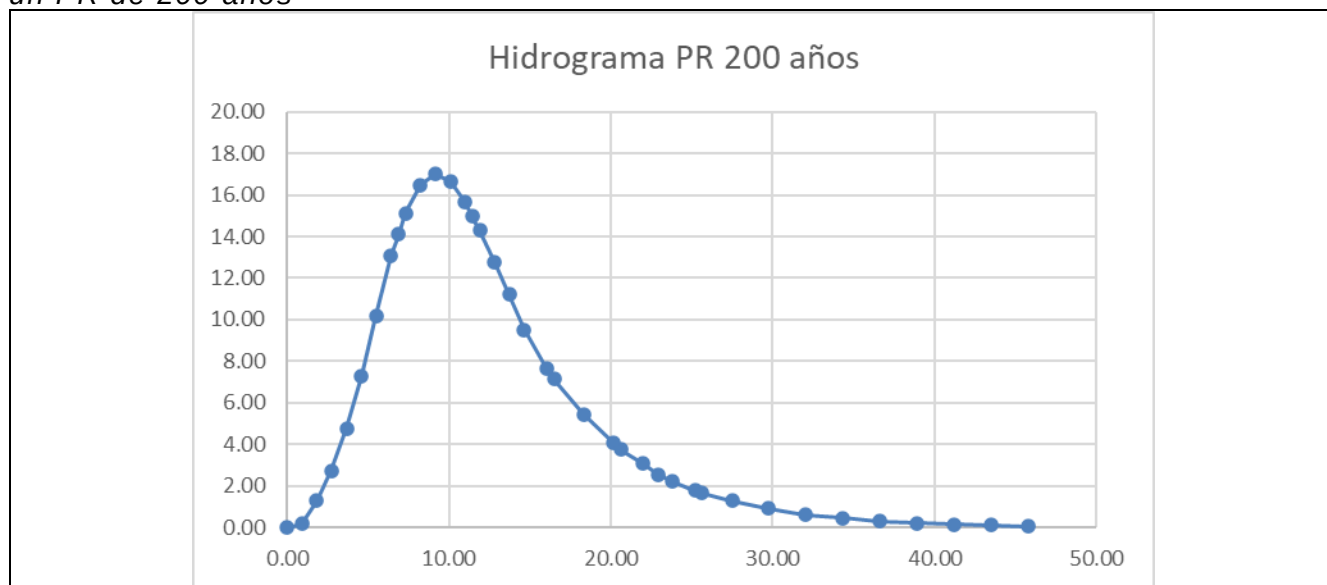
Fuente: Elaboración propia con base en Aparicio (2001).

Figura 0.11 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo San Rafael en un PR de 100 años



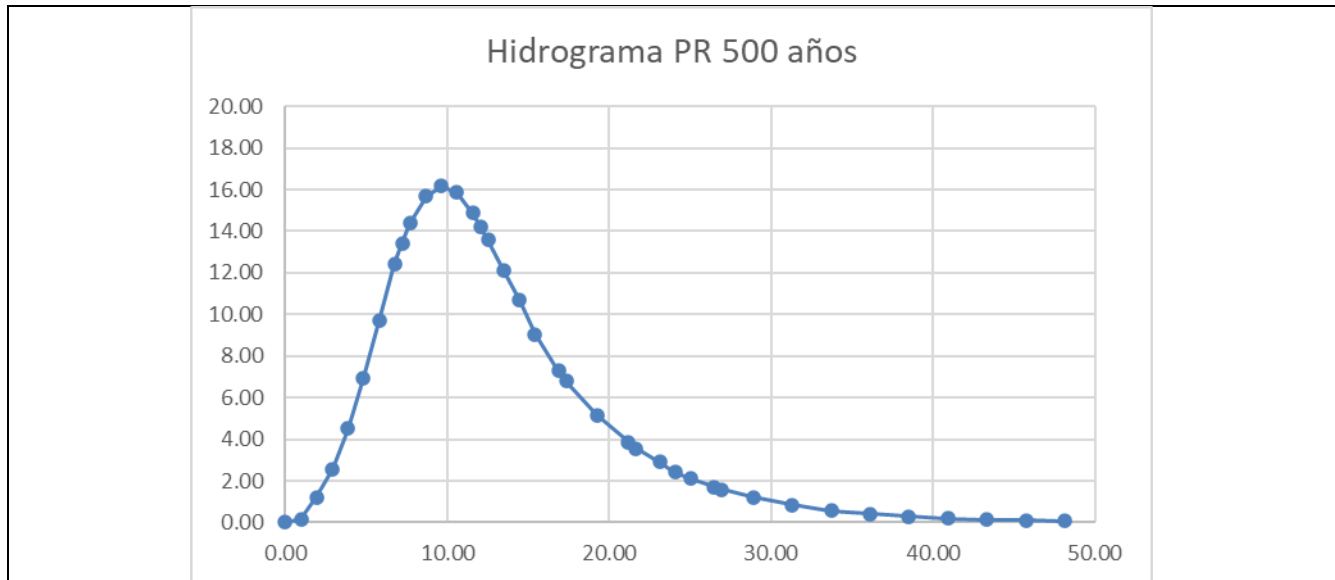
Fuente: Elaboración propia con base en Aparicio (2001).

Figura 0.12 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo San Rafael en un PR de 200 años



Fuente: Elaboración propia con base en Aparicio (2001).

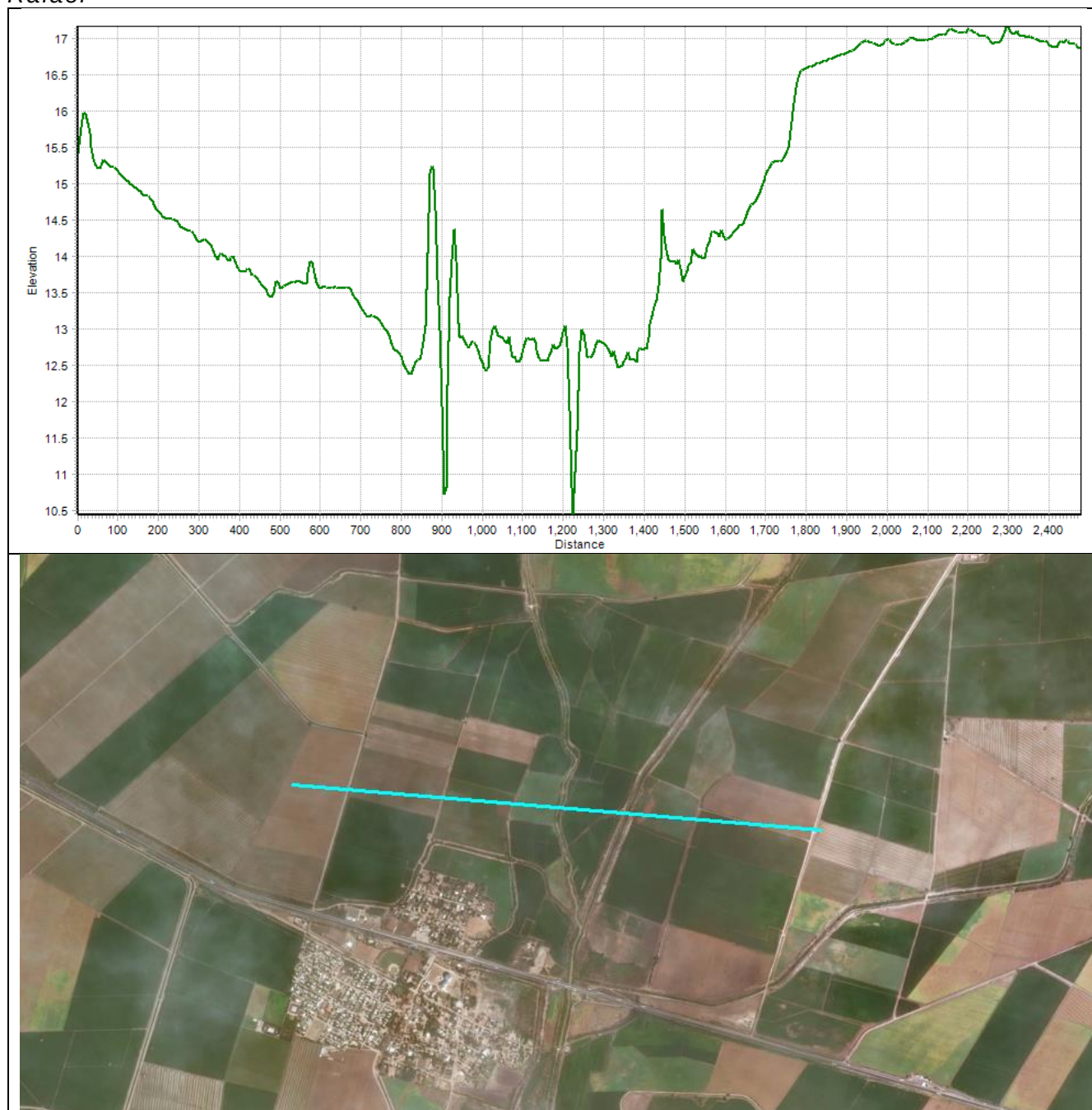
Figura 0.13 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo San Rafael en un PR de 500 años



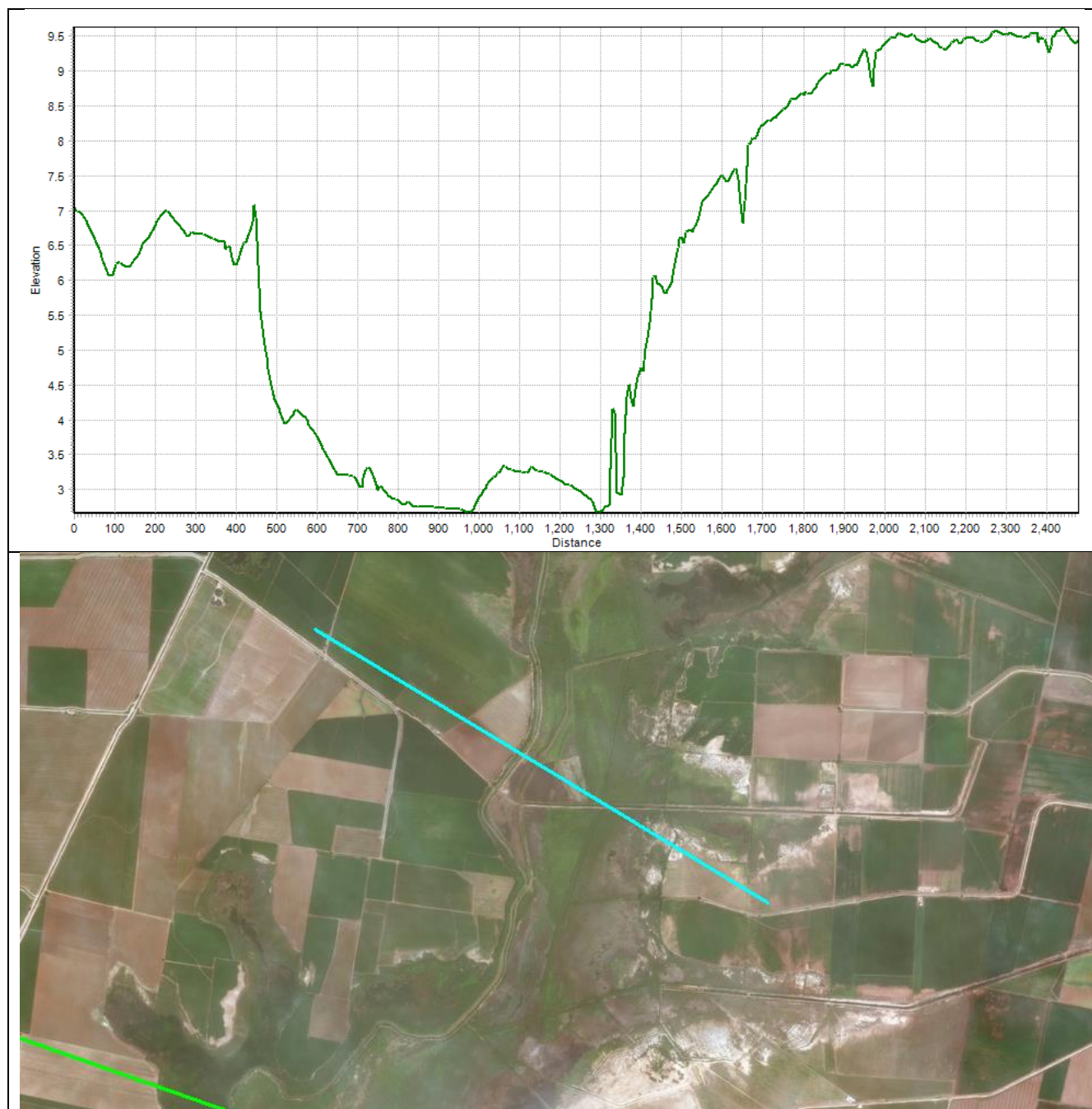
Fuente: Elaboración propia con base en Aparicio (2001).

Ahora bien, con estos datos se debe determinar el peligro por inundación, para lo cual se usó el sistema de información geográfica ArcGIS y el software de modelación de inundaciones HEC-RAS. Primero, en ArcGIS con la extensión HEC-GeoRAS se generaron los archivos vectoriales de la trayectoria del río (Stream Centerline) y otro con la con la ubicación y geometría de las secciones transversales (XS Cut Lines). Algunos de estos últimos, se pueden observar a continuación.

Figura 0.14 Selección de algunas secciones transversales en la microcuenca Arroyo San Rafael





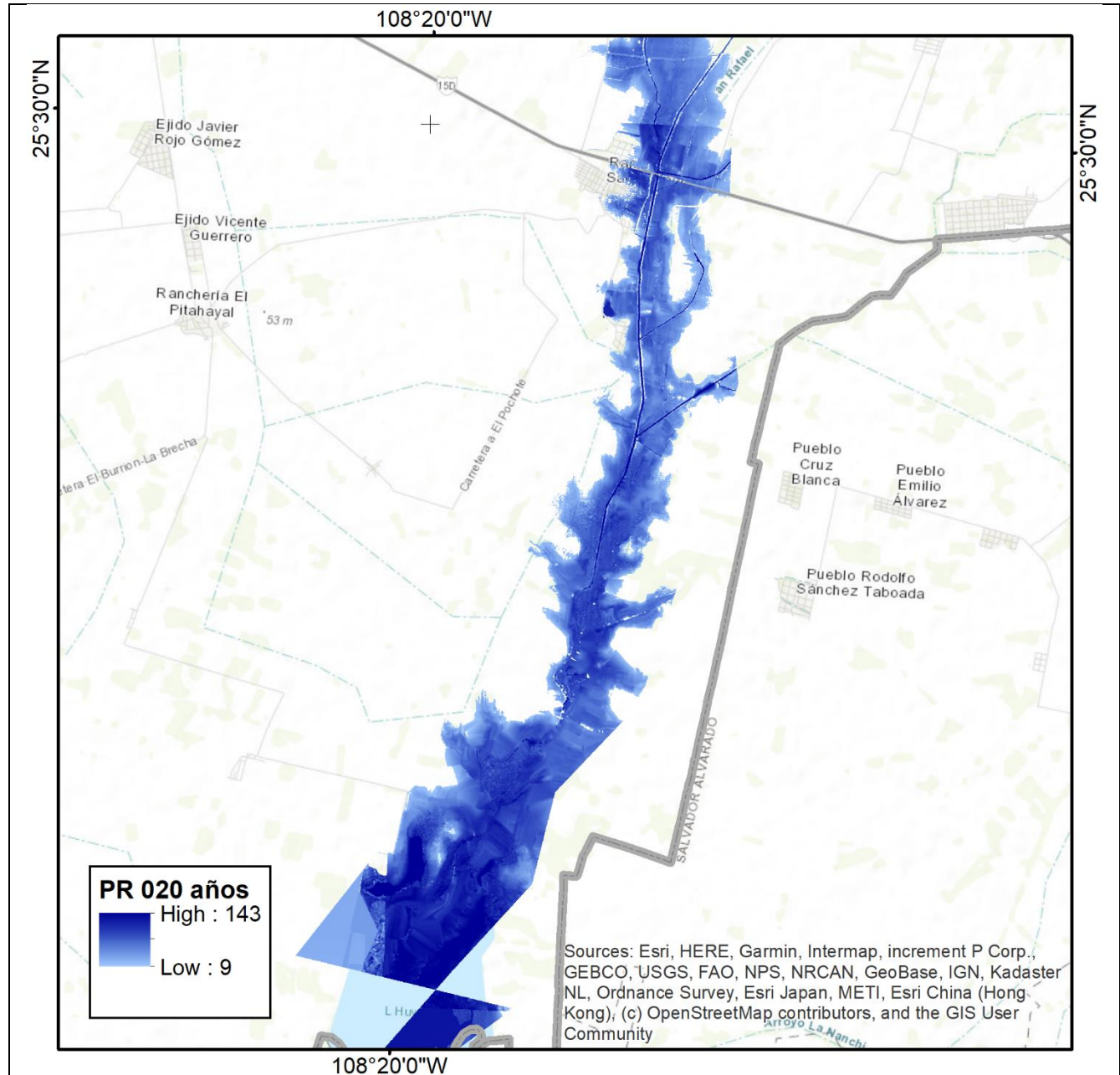


Fuente: Elaboración propia con datos LiDAR de INEGI.

Posteriormente, la información de exportó de ArcGIS a HEC-RAS para la simulación del tránsito de avenidas, lo cual incluyó la importación de los datos geométricos en HEC-RAS; completado de la información geométrica; información de los caudales (gastos de diseño); condiciones de frontera en el

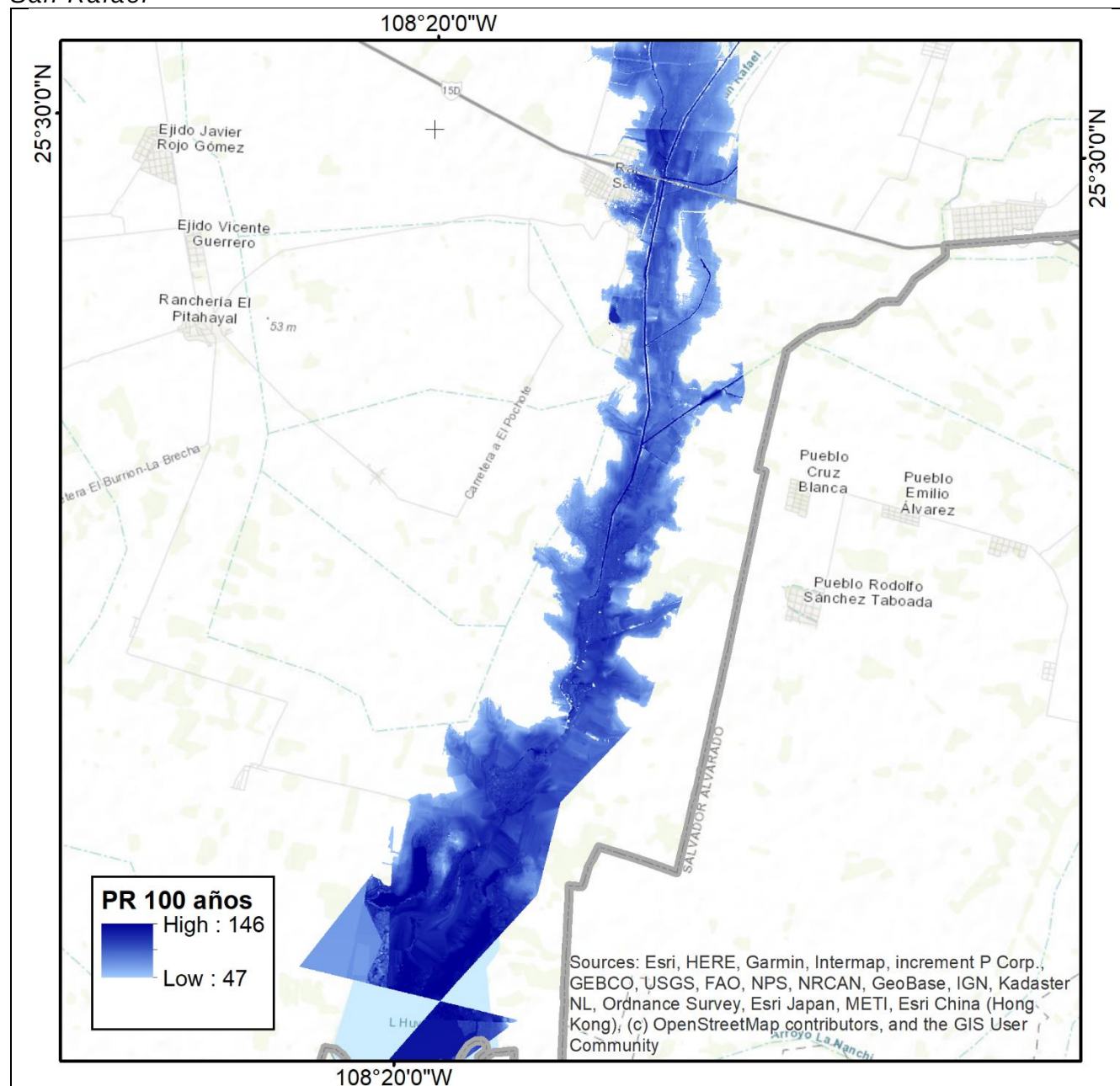
río simulado; y la ejecución del programa e interpretación de resultados. Una vez que se procesaron los distintos arroyos en cada periodo de retorno se obtuvieron las siguientes simulaciones.

Figura 0.15 Simulación de inundaciones para un PR=20 años en la microcuenca Arroyo San Rafael



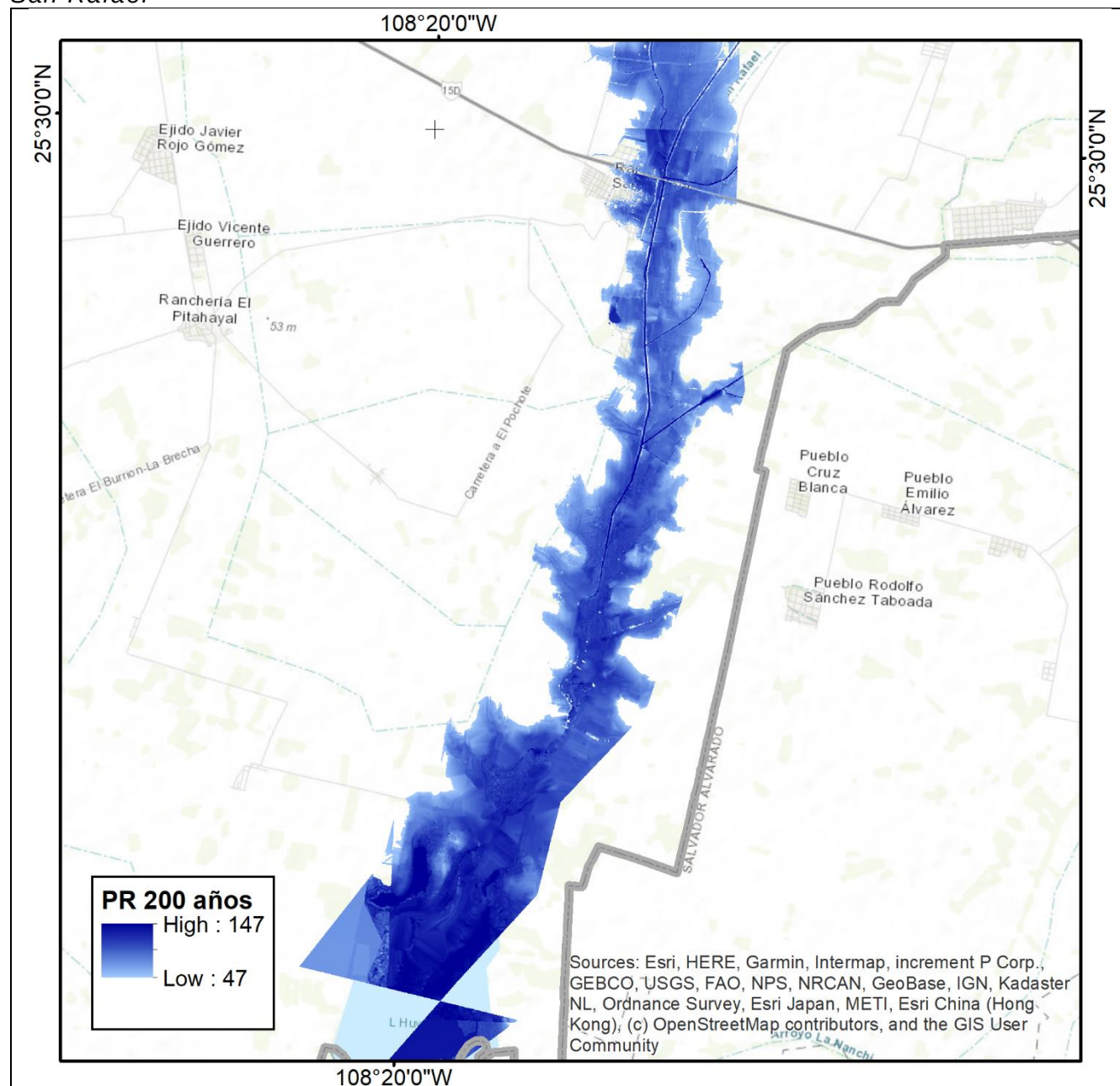
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CENAPRED.

Figura 0.16 Simulación de inundaciones para un PR=100 años en la microcuenca Arroyo San Rafael



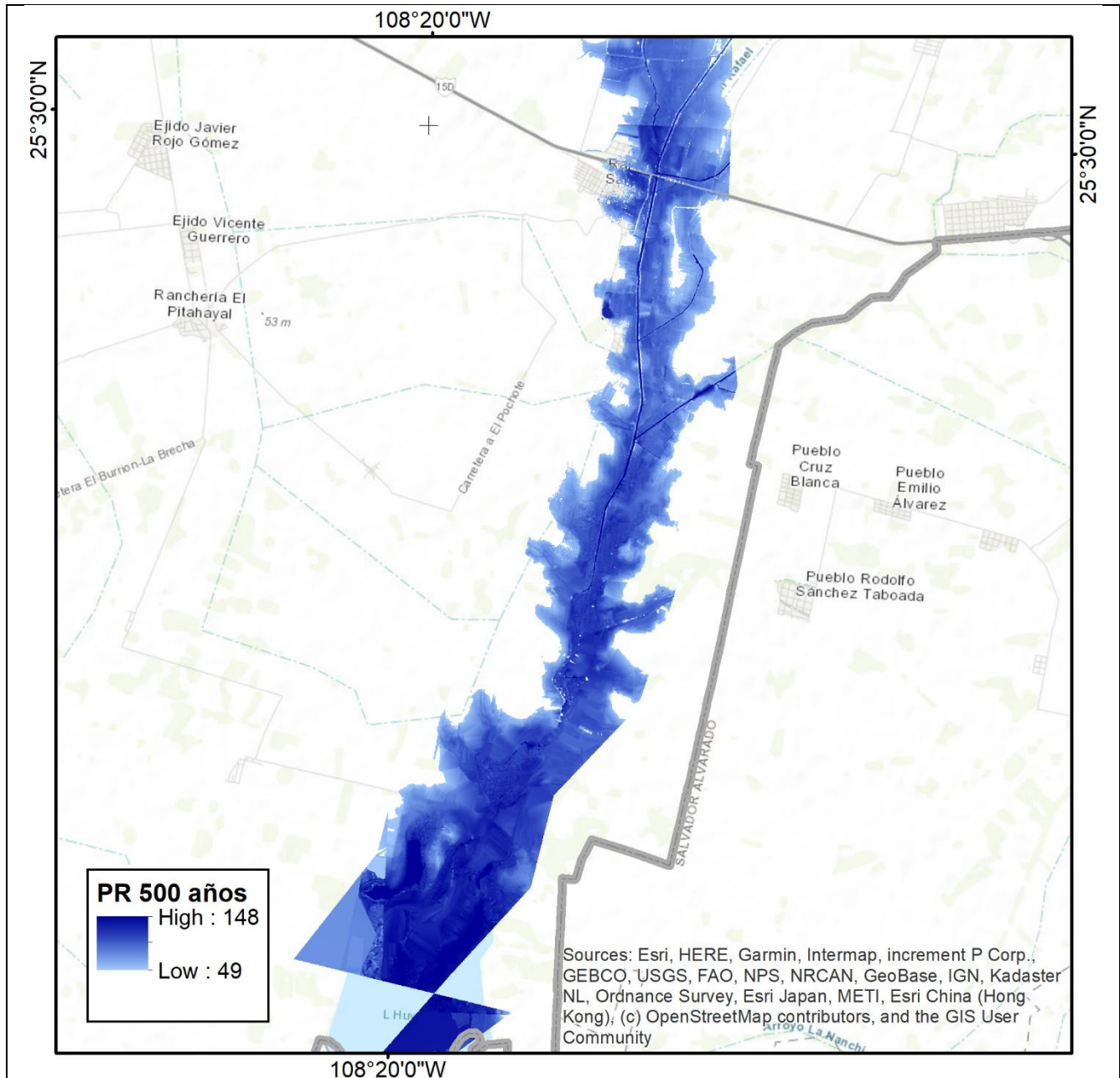
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CENAPRED.

Figura 0.17 Simulación de inundaciones para un PR=200 años en la microcuenca Arroyo San Rafael



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CENAPRED.

Figura 0.18 Simulación de inundaciones para un PR=500 años en la microcuenca Arroyo San Rafael



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CENAPRED.

De acuerdo al análisis de riesgos elaborado como parte integral del documento justificativo del Atlas Municipal de Riesgos, se determina que en el área circundante del Arroyo San Rafael hay un alto riesgo de inundación en la Localidad denominada Valle de Huyaqui (Los Solares) con una población total de 208 habitantes, así como en San Rafael con 1,176 habitantes y El Pochote con 93 habitantes.

Arroyo Cabrera

Para obtener el tiempo de concentración (t_c), se utilizó la fórmula de Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

t_c tiempo de concentración, en horas
 S pendiente media del cauce principal
 L longitud del cauce principal, en m

Con el modelo digital de elevación de la zona, incorporado a un Sistema de Información Geográfica, se determinó que la pendiente general del drenaje principal es de 1.63%, mientras que su longitud es de 71,868 m.

Sustituyendo los valores de la pendiente y la longitud del cauce principal,

$$t_c = 0.000325 \frac{71,868^{0.77}}{0.0163^{0.385}} = 8.70 \text{ horas} = 522.25 \text{ minutos}$$

Por otro lado, se determinaron los valores de precipitación máxima para la microcuenca Arroyo Cabrera según diversos periodos de retorno en duraciones de 1 y 24 horas, los cuales se presenta a continuación.

Tabla 0.9 Periodos de retorno de lluvias en la microcuenca Arroyo Cabrera

Duración de la Precipitación	hp PR 20 años	hp PR 100 años	hp PR 200 años	hp PR 500 años
1 h (mm)	120	170	180	200
24 h (mm)	180	240	280	300

Fuente: IG UNAM - CENAPRED.

Para calcular el gasto líquido fue necesario obtener la intensidad de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración (t_c), por lo que se realizó una interpolación entre los valores de la lámina de lluvia para $d = 24$ horas y $d = 1$ hora, para cada uno de los periodos de retorno considerados.

Con el valor del tiempo de concentración, se procedió a calcular la lámina de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración ($d = t_c = 8.70$ horas). A continuación, se presentarán los cálculos para un periodo de retorno de veinte años ($PR = 20$ años)

$$hp(t_c) = \frac{hp(24) - hp(1)}{3.1781} * \ln t_c + hp(1)$$

hp PR 20 (1h) = 120 mm

hp PR 20 (24h) = 180 mm

$t_c = 8.70$ h

Sustituyendo:

$$hp(t_c) = \frac{hp(180) - hp(120)}{3.1781} * \ln 8.70 + hp(120) = 160.85 \text{ mm}$$

Por lo tanto, la lámina de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración es de 160.85 mm. Finalmente, para obtener la intensidad de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración (t_c), se divide la lámina de lluvia antes mencionada entre el valor del tiempo de concentración.

$$i = \frac{hp(t_c)}{t_c}$$

Sustituyendo por los valores de $PR = 20$ años;

$$i = \frac{160.85 \text{ mm}}{8.70} = 18.47 \text{ mm/h}$$

Por lo tanto, el valor de la intensidad de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración es de 18.47 mm/h para un periodo de retorno de veinte años. En la siguiente tabla se observan las láminas de lluvia para los diferentes periodos de retorno, así como las intensidades de lluvia esperadas.

Tabla 0.10 Valores de lámina de lluvia e intensidad de la lluvia para diferentes periodos de retorno en la microcuenca Arroyo Cabrera

PR	hp (1h) mm	hp (24h) mm	hp (t_c) mm	i mm/h
20 años	120	180	160.85	18.48
100 años	170	240	217.66	25.01
200 años	180	280	248.08	28.50
500 años	200	300	268.08	30.80

Fuente: Elaboración propia con datos de CENAPRED

El gasto de diseño se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Q_p = 0.278 * C_e * i * A$$

Donde:

Q_p gasto máximo o de pico, en m^3/s
 C_e coeficiente de escurrimiento
 i intensidad media de la lluvia, mm/h
 A área de la microcuenca, en km^2

Para determinar el coeficiente de escurrimiento se utilizaron los valores de la Metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones en zonas urbanas del CENAPRED, que a su vez los tomó de los Fundamentos de Hidrología de Superficie de Francisco Aparicio (2001). El valor usado fue de 0.13 “Suelos Arcillosos Planos”.

Con el coeficiente de escurrimiento, el área de la cuenca de aportación ($672.27 km^2$) y la intensidad de la lluvia, se estimaron los gastos líquidos generados en la cuenca, mediante la fórmula previamente expuesta.

Sustituyendo para el PR = 20 años:

$$Q_p = 0.278 * 0.13 * 18.47 \frac{mm}{h} * 672.27 km^2 = 448.98 m^3/s$$

De la misma forma se calcularon los valores de los gastos líquidos para los diferentes periodos de retorno, mismos que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 0.11 Gasto líquido esperado para diferentes periodos de retorno en la microcuenca Arroyo Cabrera

PR	i (mm/h)	Q_p (m^3/s)
20 años	18.48	448.98
100 años	25.01	607.55
200 años	28.50	692.48
500 años	30.80	748.31

Fuente: Elaboración propia.

Después de estimar el gasto máximo para diferentes periodos de retorno, se realizó un Hidrograma unitario adimensional (HUA) para cada periodo de retorno, en función de las siguientes ecuaciones.

$$t_r = 0.6t_c$$

Donde:

t_r Tiempo de retraso

t_c Tiempo de concentración en horas (8.70 en la microcuenca Río Cabrera)

Sustituyendo por los valores de la Cuenca Río Sinaloa:

$$t_r = 0.6t_c = 0.6 * 8.70 = 5.22$$

Posteriormente se usó la ecuación:

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r$$

Donde:

t_p Tiempo de pico

d_e duración en exceso en horas

Para la determinación de d_e duración en exceso, se utilizó el criterio expuesto en Aparicio (2001) en el que para cuencas chicas $d_e = t_c$, por lo que se usó el valor $d_e = 8.70$ horas.

Sustituyendo:

$$t_p = \frac{8.70}{2} + 5.22 = 9.57$$

Luego se usó la ecuación:

$$t_b = 2.67t_p$$

Donde:

t_b Tiempo base

Sustituyendo:

$$t_b = 2.67 * 9.57 = 25.56$$

Finalmente se usó la ecuación:



$$q_p = \frac{0.208A_c}{t_p}$$

Donde:

q_p Gasto de pico
 A_c área de la cuenca en km² (672.27 en la microcuenca Arroyo Cabrera)

Sustituyendo:

$$q_p = \frac{0.208 * 672.27}{9.57} = 14.60$$

Posteriormente los valores t_p (tiempo de pico) y q_p (gasto de pico) se multiplican por las coordenadas t/t_p y q/q_p , para obtener los siguientes valores:

Tabla 0.12 Coordenadas del Hidrograma unitario adimensional (HUA) para 4 periodos de retorno

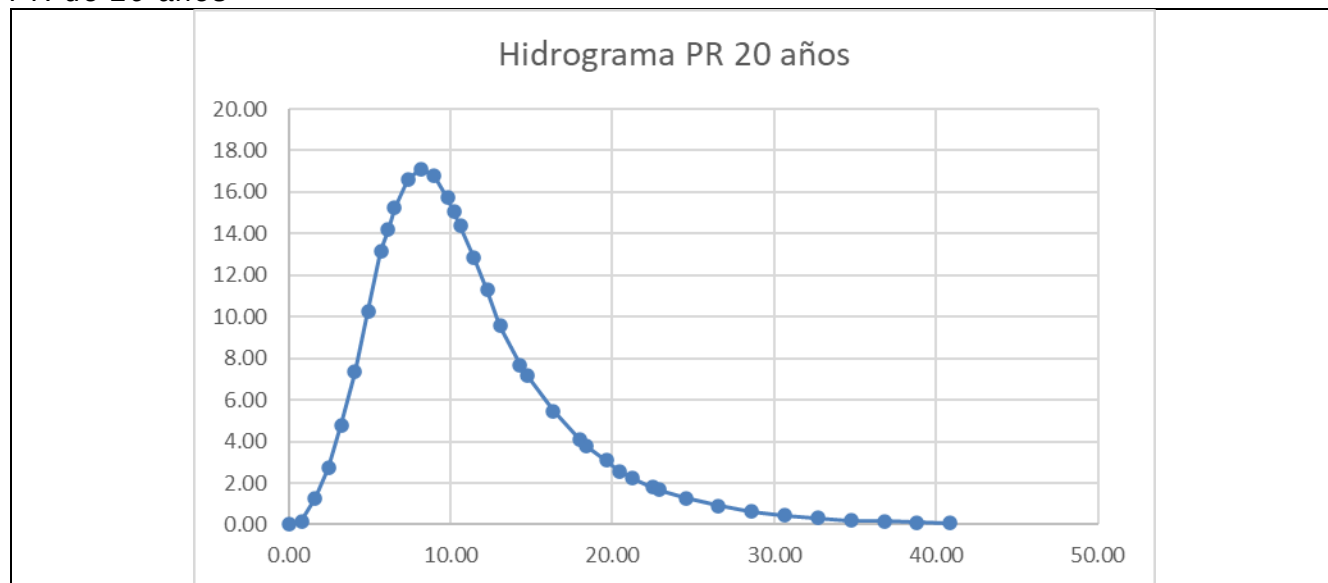
Coord. t/t_p	Coord. q/q_p	t_p PR20	q_p PR20	t_p PR100	q_p PR100	t_p PR200	q_p PR200	t_p PR500	q_p PR500
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.010	0.82	0.17	0.86	0.16	0.91	0.15	0.96	0.15
0.20	0.075	1.63	1.28	1.73	1.21	1.82	1.15	1.91	1.10
0.30	0.160	2.45	2.74	2.59	2.59	2.73	2.46	2.87	2.34
0.40	0.280	3.27	4.79	3.46	4.53	3.64	4.30	3.83	4.09
0.50	0.430	4.09	7.36	4.32	6.96	4.55	6.60	4.79	6.28
0.60	0.600	4.90	10.27	5.18	9.71	5.46	9.21	5.74	8.76
0.70	0.770	5.72	13.17	6.05	12.46	6.38	11.82	6.70	11.25
0.75	0.830	6.13	14.20	6.48	13.43	6.83	12.74	7.18	12.12
0.80	0.890	6.54	15.23	6.91	14.40	7.29	13.67	7.66	13.00
0.90	0.970	7.36	16.60	7.78	15.70	8.20	14.89	8.62	14.17
1.00	1.000	8.17	17.11	8.64	16.18	9.11	15.35	9.57	14.60
1.10	0.980	8.99	16.77	9.50	15.86	10.02	15.05	10.53	14.31
1.20	0.920	9.81	15.74	10.37	14.89	10.93	14.13	11.49	13.44
1.25	0.880	10.22	15.06	10.80	14.24	11.38	13.51	11.97	12.85
1.30	0.840	10.62	14.37	11.23	13.59	11.84	12.90	12.45	12.27
1.40	0.750	11.44	12.83	12.10	12.14	12.75	11.52	13.40	10.95
1.50	0.660	12.26	11.29	12.96	10.68	13.66	10.13	14.36	9.64
1.60	0.560	13.08	9.58	13.82	9.06	14.57	8.60	15.32	8.18
1.75	0.450	14.30	7.70	15.12	7.28	15.94	6.91	16.76	6.57
1.80	0.420	14.71	7.19	15.55	6.80	16.39	6.45	17.23	6.13
2.00	0.320	16.35	5.48	17.28	5.18	18.21	4.91	19.15	4.67
2.20	0.240	17.98	4.11	19.01	3.88	20.04	3.68	21.06	3.51
2.25	0.220	18.39	3.76	19.44	3.56	20.49	3.38	21.54	3.21

Coord. t/t_p	Coord. q/q_p	t_p PR20	q_p PR20	t_p PR100	q_p PR100	t_p PR200	q_p PR200	t_p PR500	q_p PR500
2.40	0.180	19.61	3.08	20.74	2.91	21.86	2.76	22.98	2.63
2.50	0.150	20.43	2.57	21.60	2.43	22.77	2.30	23.94	2.19
2.60	0.130	21.25	2.22	22.46	2.10	23.68	2.00	24.89	1.90
2.75	0.105	22.47	1.80	23.76	1.70	25.04	1.61	26.33	1.53
2.80	0.098	22.88	1.68	24.19	1.59	25.50	1.50	26.81	1.43
3.00	0.075	24.52	1.28	25.92	1.21	27.32	1.15	28.72	1.10
3.25	0.053	26.56	0.91	28.08	0.86	29.60	0.81	31.12	0.77
3.50	0.036	28.60	0.62	30.24	0.58	31.88	0.55	33.51	0.53
3.75	0.026	30.65	0.44	32.40	0.42	34.15	0.40	35.90	0.38
4.00	0.018	32.69	0.31	34.56	0.29	36.43	0.28	38.30	0.26
4.25	0.012	34.73	0.21	36.72	0.19	38.71	0.18	40.69	0.18
4.50	0.009	36.78	0.15	38.88	0.15	40.98	0.14	43.09	0.13
4.75	0.006	38.82	0.10	41.04	0.10	43.26	0.09	45.48	0.09
5.00	0.004	40.86	0.07	43.20	0.06	45.54	0.06	47.87	0.06

Fuente: Elaboración propia con base en Aparicio (2001).

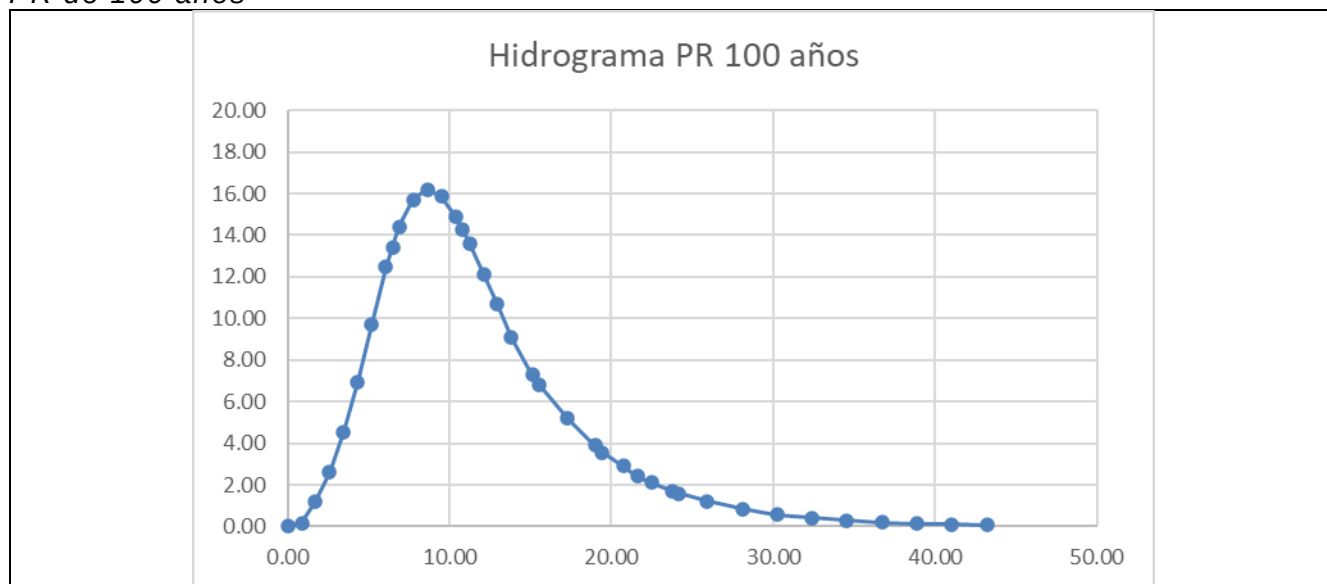
Como resultado se construyeron los hidrogramas que se ven a continuación.

Figura 0.19 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo Cabrera en un PR de 20 años



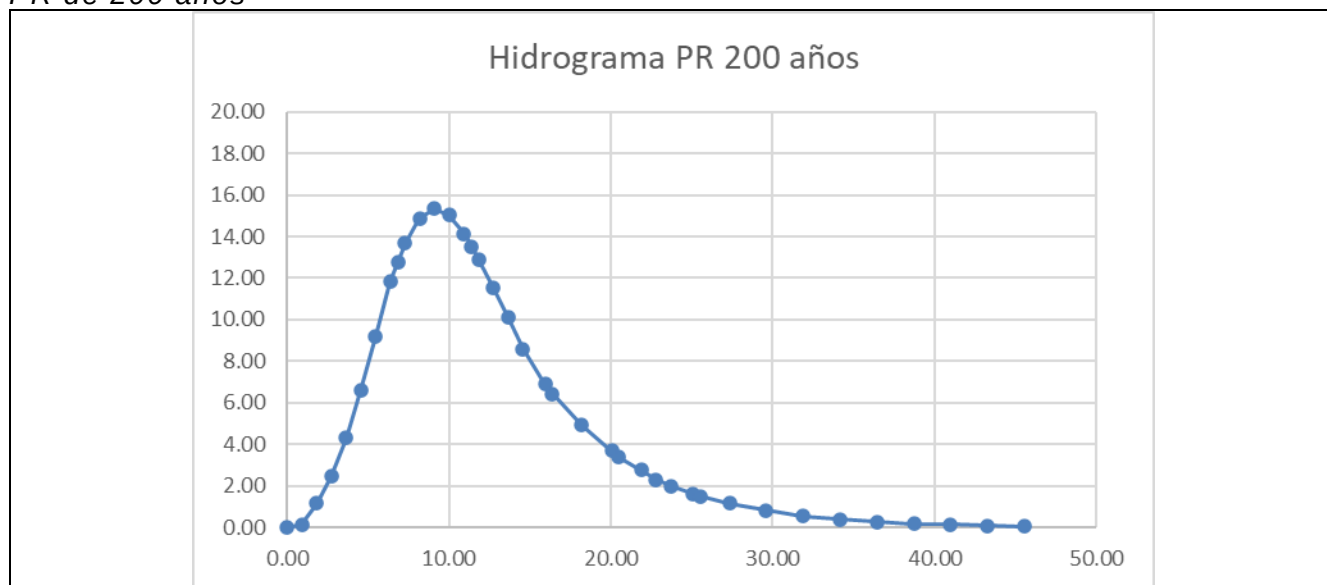
Fuente: Elaboración propia con base en Aparicio (2001).

Figura 0.20 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo Cabrera en un PR de 100 años



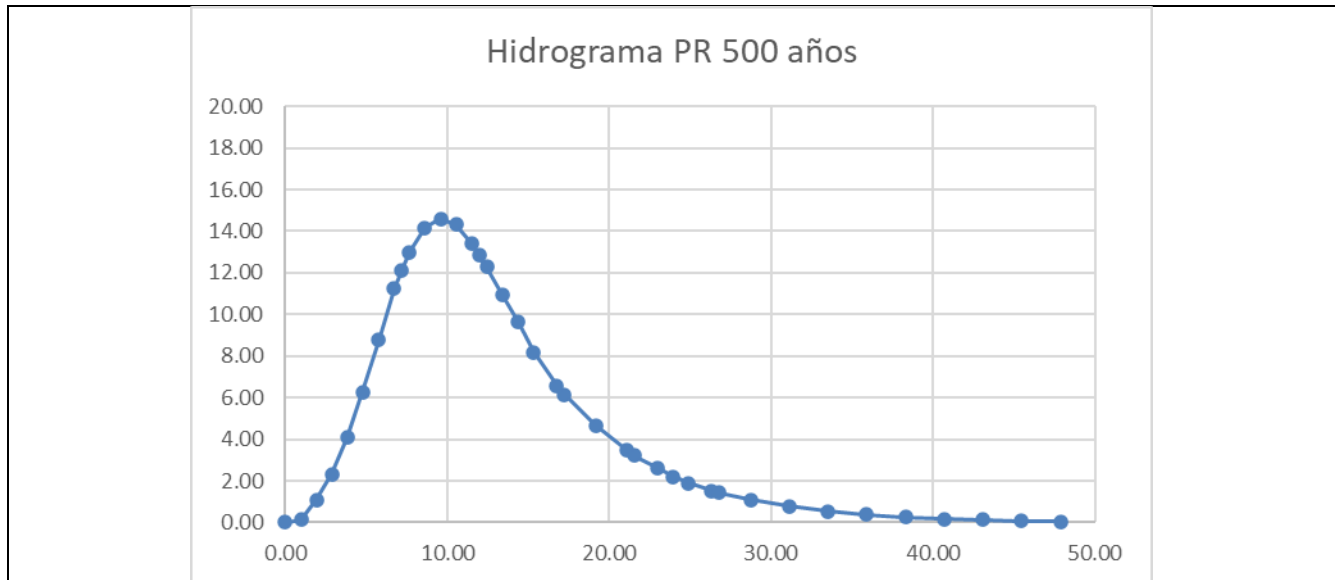
Fuente: Elaboración propia con base en Aparicio (2001).

Figura 0.21 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo Cabrera en un PR de 200 años



Fuente: Elaboración propia con base en Aparicio (2001).

Figura 0.22 Hidrograma unitario adimensional para la microcuenca Arroyo Cabrera en un PR de 500 años

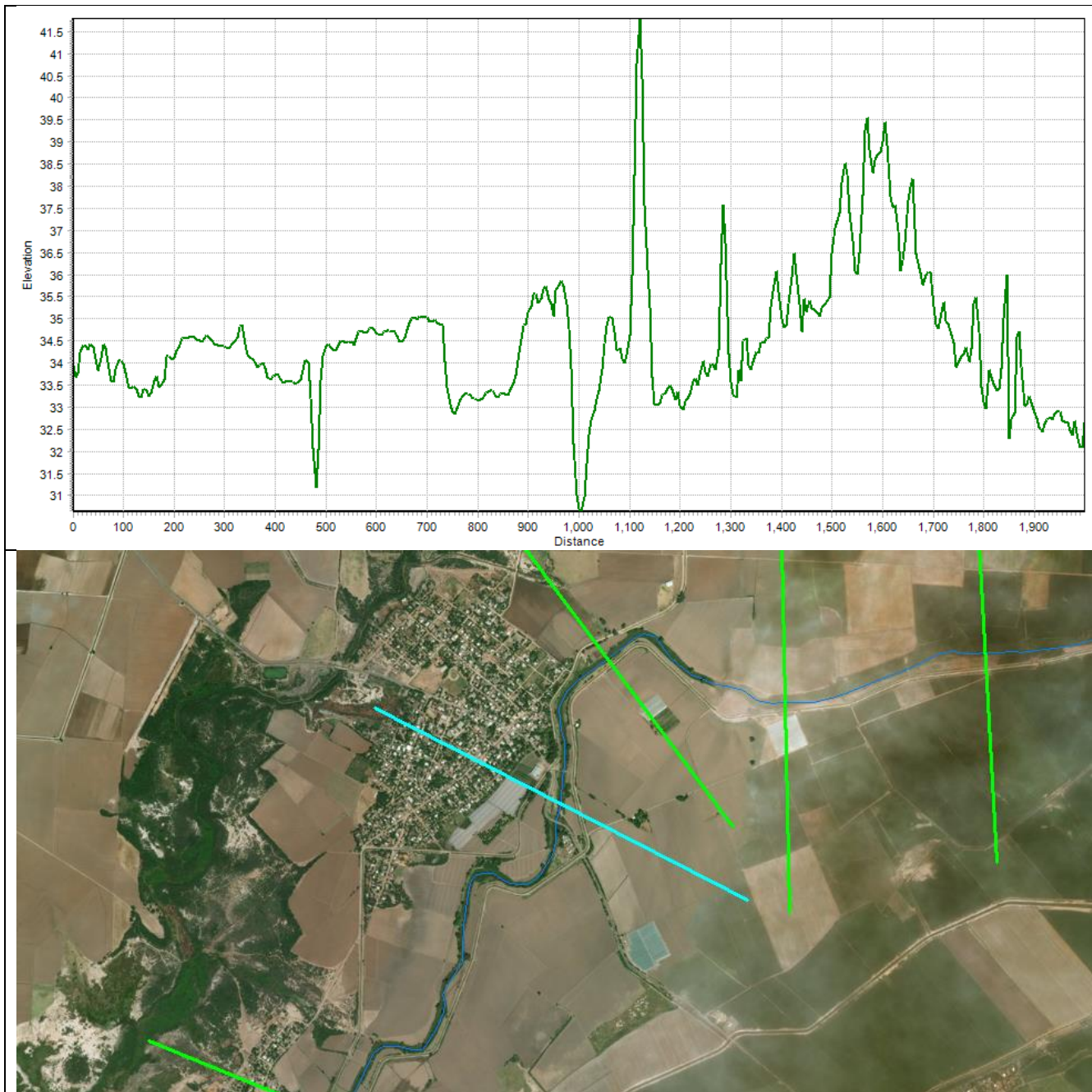


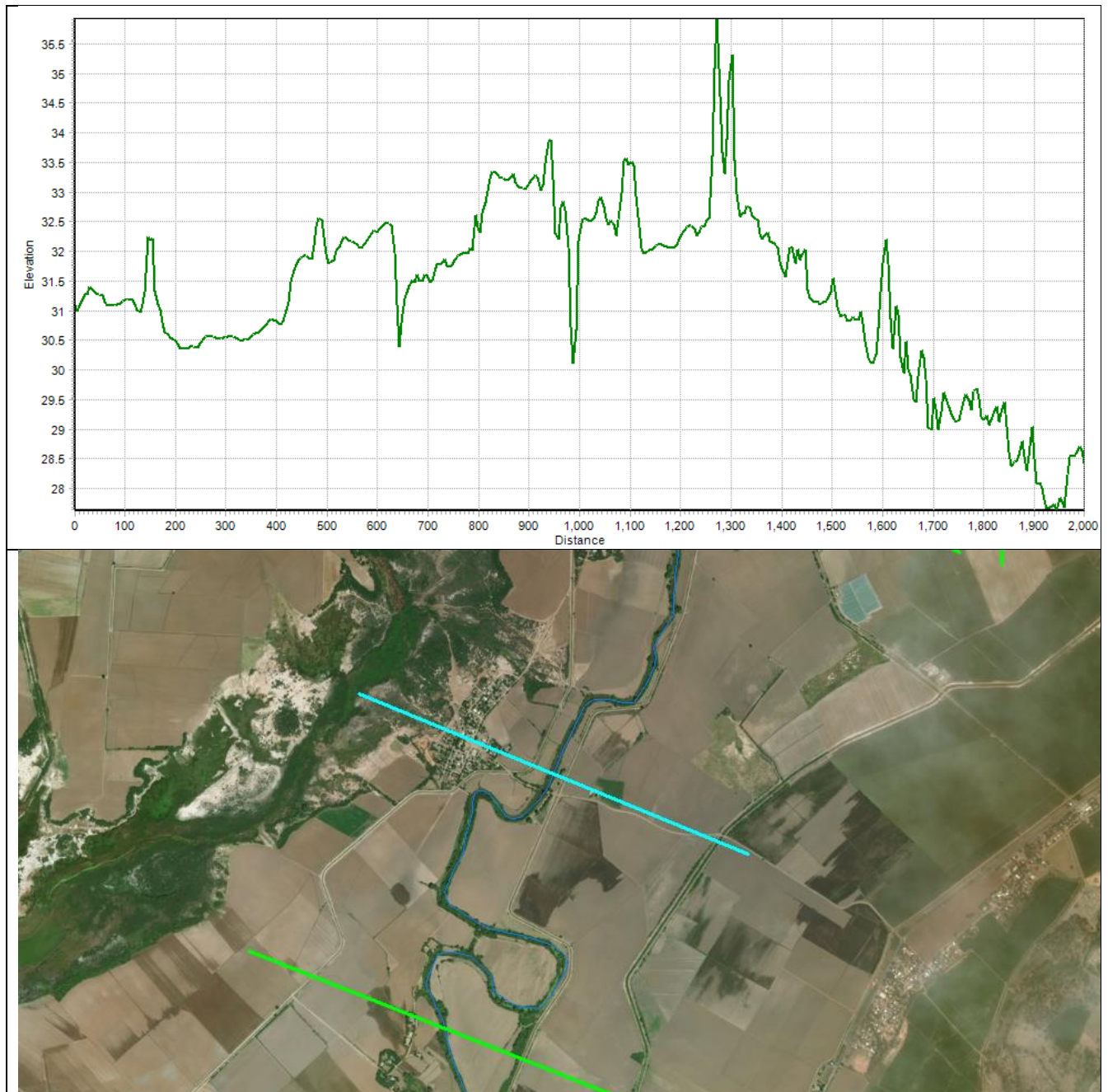
Fuente: Elaboración propia con base en Aparicio (2001).

Ahora bien, con estos datos se debe determinar el peligro por inundación, para lo cual se usó el sistema de información geográfica ArcGIS y el software de modelación de inundaciones HEC-RAS. Primero, en ArcGIS con la extensión HEC-GeoRAS se generaron los archivos vectoriales de la trayectoria del río (Stream Centerline) y otro con la con la ubicación y geometría de las secciones transversales (XS Cut Lines). Algunos de estos últimos, se pueden observar a continuación.

Figura 0.23 Selección de algunas secciones transversales en la microcuenca Arroyo Cabrera



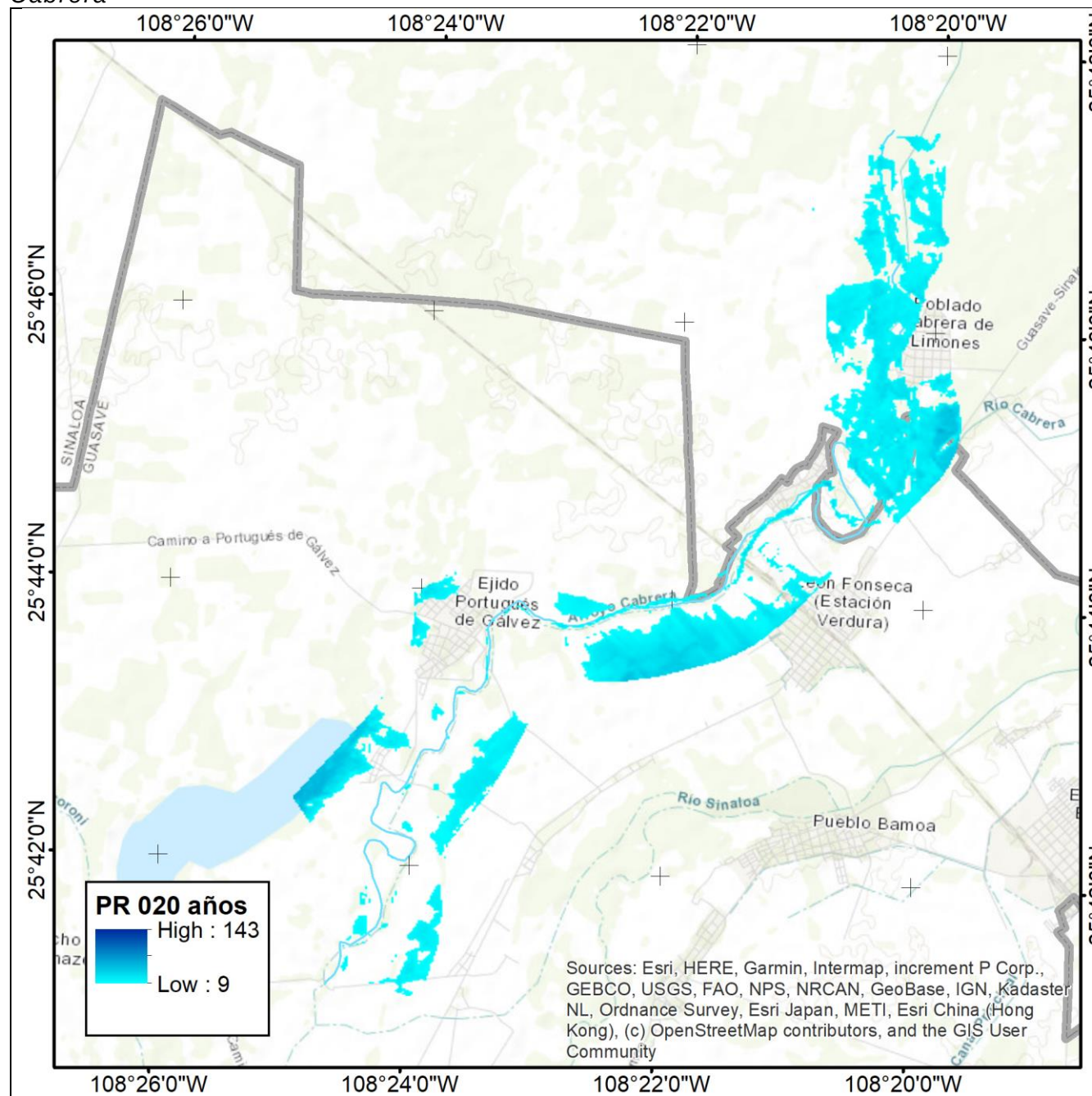




Fuente: Elaboración propia con datos LiDAR de INEGI.

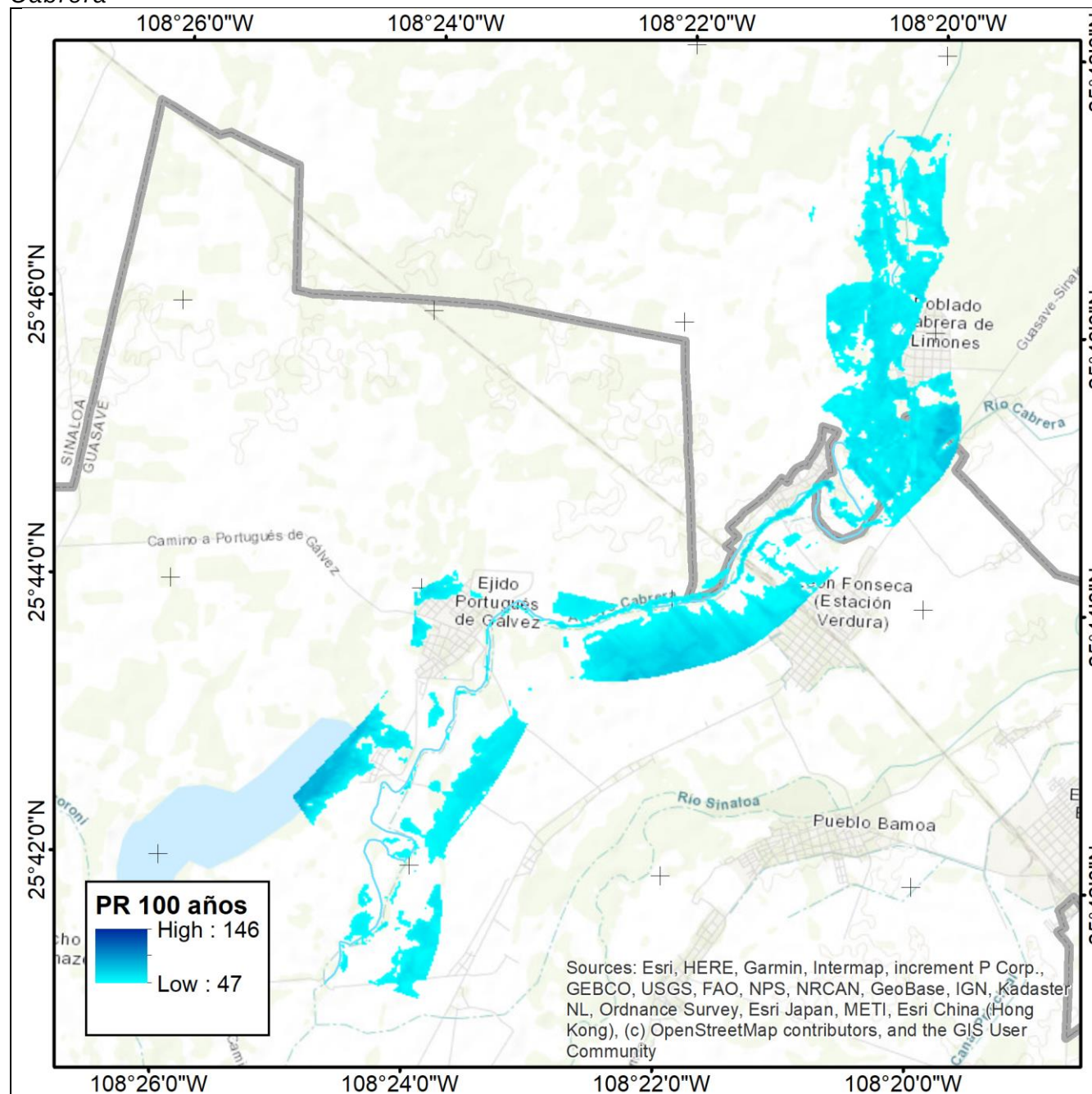
Posteriormente, la información se exportó de ArcGIS a HEC-RAS para la simulación del tránsito de avenidas, lo cual incluyó la importación de los datos geométricos en HEC-RAS; completado de la información geométrica; información de los caudales (gastos de diseño); condiciones de frontera en el río simulado; y la ejecución del programa e interpretación de resultados. Una vez que se procesaron los distintos arroyos en cada periodo de retorno se obtuvieron las siguientes simulaciones.

Figura 0.24 Simulación de inundaciones para un PR=20 años en la microcuenca Arroyo Cabrera



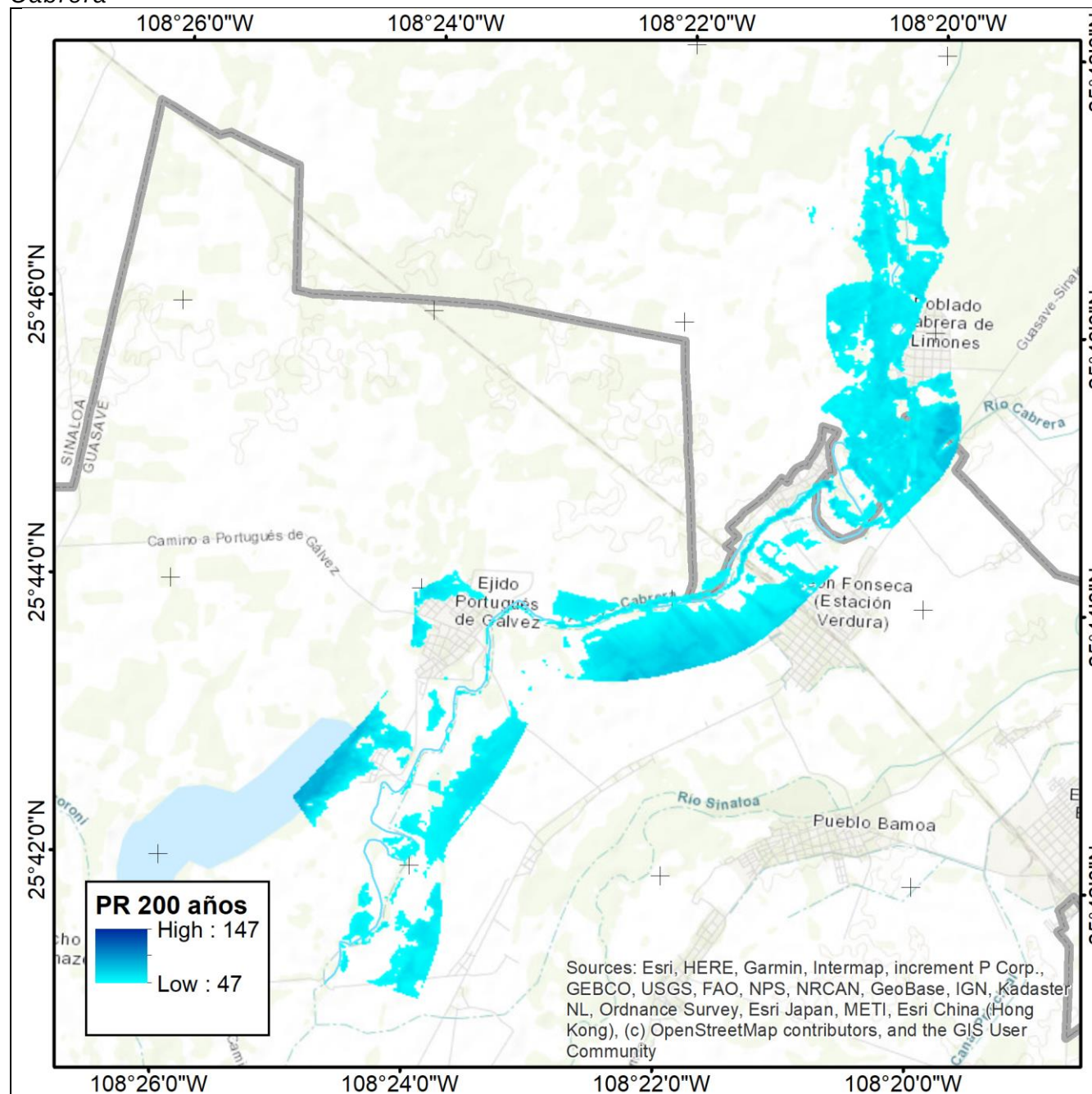
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CENAPRED.

Figura 0.25 Simulación de inundaciones para un PR=100 años en la microcuenca Arroyo Cabrera



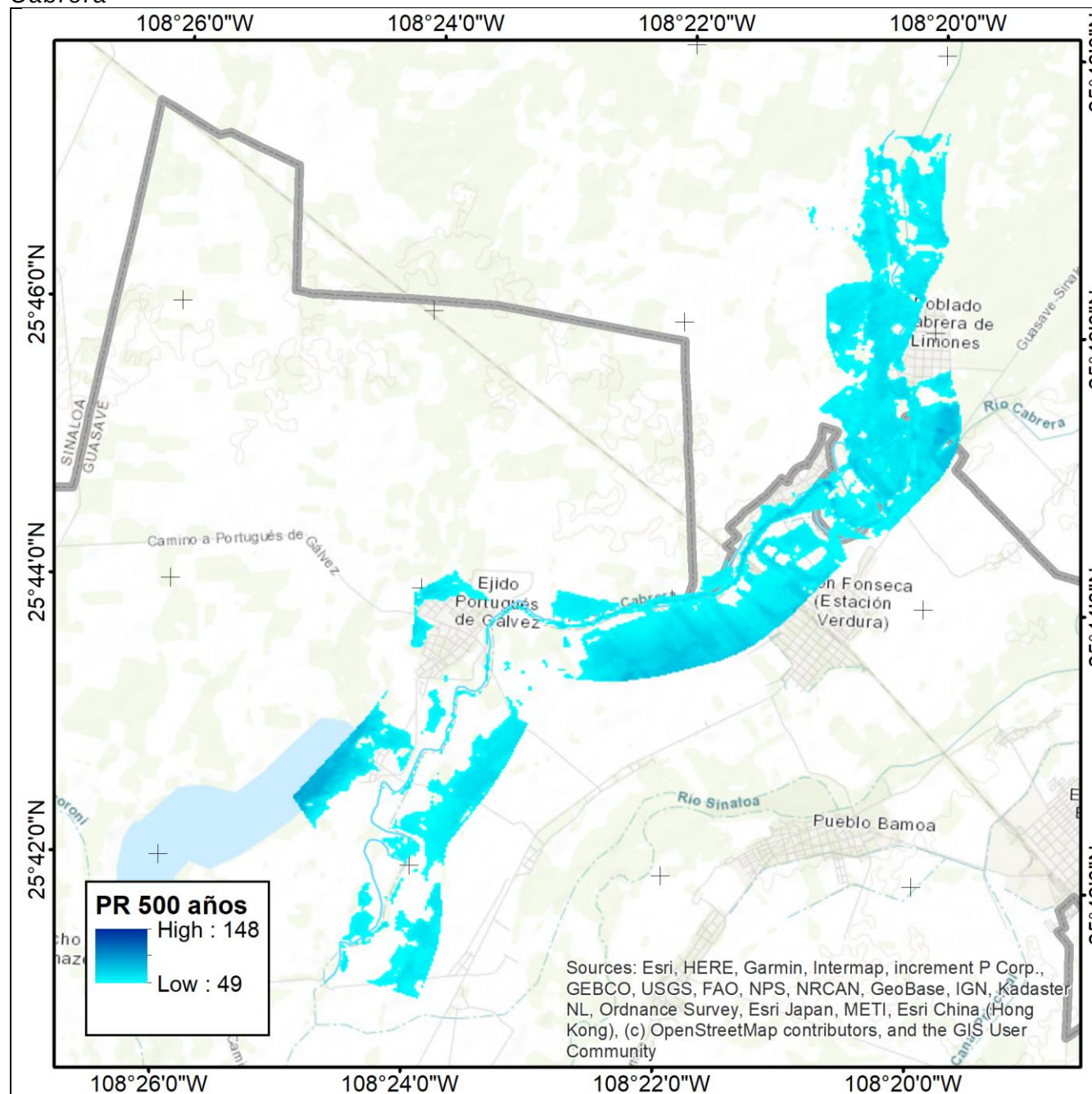
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CENAPRED.

Figura 0.26 Simulación de inundaciones para un PR=200 años en la microcuenca Arroyo Cabrera



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CENAPRED.

Figura 0.27 Simulación de inundaciones para un PR=500 años en la microcuenca Arroyo Cabrera



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, CENAPRED.

De acuerdo al análisis de riesgos elaborado como parte integral del documento justificativo del Atlas Municipal de Riesgos, se determina que en el área circundante del Arroyo Cabrera hay un riesgo medio por inundación en la Localidad denominada Portugués de Gálvez con una población de 1,894 habitantes y Las Moritas con 261 habitantes.

Tabla 0.13 Localidades afectación por inundación

Localidad	Población en Riesgo	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
Alamito Caimanero	750	Alta	Muy alto	Muy alto
Amole	600	Alta	Muy alto	Muy alto
Bamoa	3095	Media	Alto	Alto
Caimanero	2340	Alta	Muy alto	Muy alto
Callejones de Guasavito	1644	Alta	Muy alto	Muy alto
Callejones de Guasavito	1570	Media	Muy alto	Alto
Callejones de Tamazula	360	Alta	Muy alto	Muy alto
Campo California	120	Alta	Alto	Alto
Carboneras	690	Alta	Alto	Alto
Carricitos	210	Alta	Muy alto	Muy alto
Casa Blanca	1020	Alta	Muy alto	Muy alto
Chamicari	690	Alta	Alto	Alto
Charco Largo	270	Alta	Alto	Alto
Chino de los Lopez	210	Alta	Muy alto	Muy alto
Choipa	1500	Alta	Alto	Alto
Choipa Dos	390	Alta	Alto	Alto
Chorohui	360	Alta	Muy alto	Muy alto
Cofradia de Tamazula	630	Alta	Muy alto	Muy alto
Cubiri	150	Alta	Muy alto	Muy alto
Cuesta de Arriba	570	Alta	Muy alto	Muy alto
El Burrion	2389	Alta	Muy alto	Muy alto
El Burrion	1488	Media	Muy alto	Alto
El Campito	210	Alta	Muy alto	Muy alto
El Colorado	210	Alta	Muy alto	Muy alto
El Cuitabon	390	Alta	Muy alto	Muy alto
El Dorado	690	Alta	Muy alto	Muy alto
El Pitayahal	660	Alta	Muy alto	Muy alto
El Pochote	120	Alta	Muy alto	Muy alto
El Retiro	390	Alta	Muy alto	Muy alto
El Sabino	540	Alta	Alto	Alto
El Tanque	90	Alta	Alto	Alto
El Toruno	270	Alta	Alto	Alto
El Varal	1620	Alta	Alto	Alto
El Varali	150	Alta	Alto	Alto
Gambino	2670	Alta	Alto	Alto
Guasave	42738	Media	Muy alto	Muy alto
Guasave	34085	Media	Muy alto	Alto
Guasavito	1590	Alta	Muy alto	Muy alto
Guayparime	480	Alta	Muy alto	Muy alto
Javier Rojo Gomez	1410	Alta	Muy alto	Muy alto
Jesus Maria	300	Alta	Muy alto	Muy alto
La Bebelama	690	Alta	Muy alto	Muy alto
La Brecha	1920	Alta	Muy alto	Muy alto

La Cuchilla	270	Alta	Muy alto	Muy alto
La Pichihuila	540	Alta	Alto	Alto
La Sabanilla	510	Alta	Muy alto	Muy alto
La Uva	360	Alta	Muy alto	Muy alto
Las Americas	420	Alta	Alto	Alto
Las Colonias	210	Alta	Muy alto	Muy alto
Las Higueras	420	Alta	Muy alto	Muy alto
Las Juntitas de Valdez	150	Alta	Muy alto	Muy alto
Las Moras	1080	Alta	Alto	Alto
Las Palmitas	210	Alta	Alto	Alto
Las Pilas	330	Alta	Muy alto	Muy alto
Las Pitahayitas	480	Alta	Muy alto	Muy alto
Las Playas	570	Alta	Muy alto	Muy alto
Las Playitas	1230	Alta	Alto	Alto
Leon Fonseca (Estación Verdura)	3184	Media	Alto	Alto
Los Angeles	4024	Alta	Muy alto	Muy alto
Los Angeles	463	Media	Muy alto	Alto
Los Manguitos	180	Alta	Muy alto	Muy alto
Nio	3236	Media	Alto	Alto
Norotios Cuba	300	Alta	Alto	Alto
Orba	990	Alta	Alto	Alto
Palos Dulces	420	Alta	Muy alto	Muy alto
Plan del Rio	1020	Alta	Muy alto	Muy alto
Pueblo Viejo	240	Alta	Muy alto	Muy alto
Pueblo Viejo	480	Alta	Alto	Alto
Quemazones	630	Alta	Alto	Alto
Ranchito de Castro	390	Alta	Muy alto	Muy alto
Ranchito de Inzunza	720	Alta	Alto	Alto
Ranchito de Zavala	600	Alta	Alto	Alto
Rio Viejo	180	Alta	Muy alto	Muy alto
Salvador Llanes	300	Alta	Alto	Alto
San Gabriel	810	Alta	Muy alto	Muy alto
San Jose de la Brecha	900	Alta	Muy alto	Muy alto
San Pascual	150	Alta	Muy alto	Muy alto
San Rafael	2100	Alta	Alto	Alto
Tamazula	1629	Alta	Muy alto	Muy alto
Tamazula	1766	Media	Muy alto	Alto
Tres de Mayo	210	Alta	Muy alto	Muy alto
Valle de Huyaqui	420	Alta	Alto	Alto
Vicente Guerrero	390	Alta	Muy alto	Muy alto



Infraestructura.

Es importante mencionar que, al día de hoy, ninguno de los arroyos que se han analizado en este estudio cuentan con infraestructura para evitar desbordamientos que en eventos extraordinarios pudieran ocasionar inundaciones o bien daños a las parcelas agrícolas circundantes. Se sugiere que para cada uno de los arroyos (Ocoroni, San Rafael y Cabrera), se haga un análisis de las medidas de intervención que adoptaran para evitar desbordamientos. Para estos casos se sugieren dos tipos de obras, tanto obras de regulación como obras de protección.

Obras de regulación: Estas acciones consisten en la construcción de obras que intercepten directamente el agua de lluvia o la que escurre por los cauces para almacenarla en un área previamente seleccionada. Este tipo de estructuras está integrado fundamentalmente por presas (de almacenamiento, rompe-picos, etc.) y cauces de alivio (permanentes o temporales) que permiten almacenar temporalmente toda, o al menos una parte, de la creciente generada en la parte alta de la cuenca tributaria y posteriormente descargarlas en forma controlada.

Ejemplos:

- Presas de almacenamiento
- Presas rompe-picos
- Presas para retener azolves
- Desvío permanente
- Desvío temporal

Obras de protección: Confinan el agua dentro del cauce del río (bordos longitudinales a lo largo del río) o bien evitar que la inundación alcance poblaciones o zonas de importancia (bordos perimetrales).

Ejemplos:

- Bordos longitudinales
- Bordos perimetrales
- Muros de encauzamiento