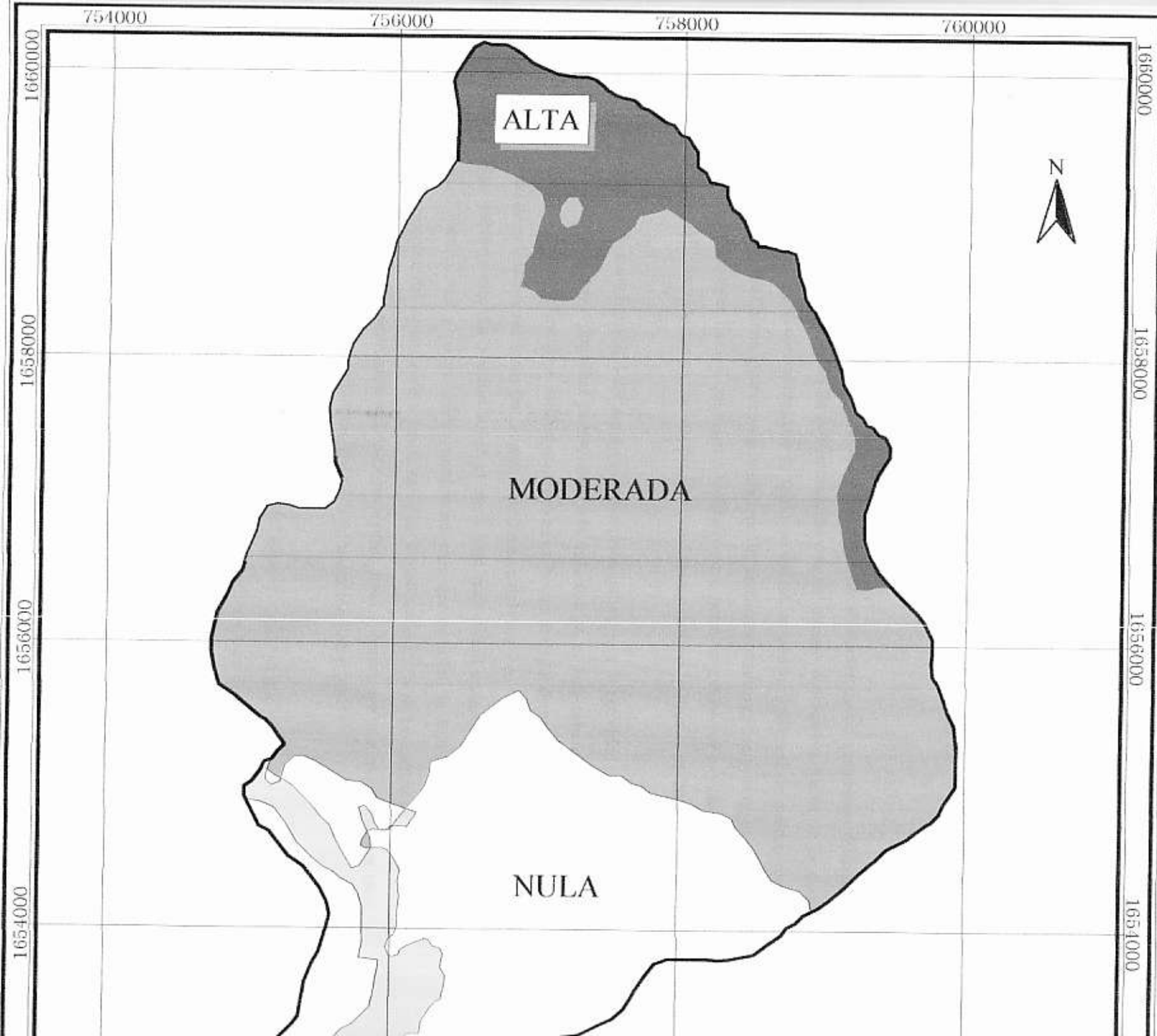




B. Factor de pendiente del terreno (K_p) (fracción que infiltra por efecto de la pendiente)

Los valores propuestos para el cálculo de este factor se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 13. Valores de coeficientes (K_p) según rangos de pendientes.

Categoría	Rango de pendiente (%)	Coeficiente (K_p)
Muy plana	0.02 - 0.06	0.30
Plana	0.3 - 0.4	0.20
Algo plana	1.0 - 2.0	0.15
Promedio	2.0 - 7.0	0.10
Fuerte	>7.0	0.06

En todas las unidades de mapeo, la pendiente media que se midió fue mayor de 7%, por lo que el coeficiente K_p que se utilizó fue de 0.06. Las pendientes más suaves se midieron en las unidades 18 y 9, que es donde se forma un valle relativamente pequeño.

C. Factor de cobertura vegetal (K_v) (fracción que infiltra por efecto de la cobertura vegetal)

Los valores propuestos para el cálculo de este factor se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 14. Valores de coeficientes (K_v) según tipo de cobertura vegetal.

Tipo de cobertura vegetal	Coeficiente (K_v)
Zacate (<50%)	0.09
Terrenos cultivados	0.10
Con pastizales	0.18
Bosques	0.20
Zacate (>75%)	0.21

La suma de cada uno de los factores indica el valor de coeficiente de infiltración para el respectivo suelo e indica la capacidad del mismo a permitir la infiltración dentro de él. Adicionalmente se considera la cantidad de agua de lluvia que retiene la vegetación a través de sus hojas y que se evapora sin llegar al suelo y por consiguiente no se infiltra. Se estima que, al menos, 5 mm de lluvia se retienen, es decir no infiltran ni escurren.

El factor de cobertura vegetal (K_v), que se asignó a cada unidad de mapeo, se determinó basándose en el mapa de uso actual de la tierra en la microcuenca, generado mediante fotointerpretación y a reconocimientos de campo.

ANEXO 1

DATOS CLIMÁTICOS Y DEL BALANCE HÍDRICO

Cuadro 34A. Precipitación media mensual (mm) estimada mediante el método de las curvas isoyetas para cada unidad de mapeo de la microcuenca del río Cotón.

Unidad de mapeo	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	20.20	5.69	39.41	29.21	228.77	389.48	228.20	105.30	328.31	116.38	93.28	7.29
2	29.30	8.10	33.90	29.20	282.40	370.20	215.50	141.60	325.90	141.40	126.40	11.80
3	24.90	6.93	36.56	29.21	256.46	379.52	221.64	124.04	327.07	129.30	110.38	9.62
4	5.86	1.89	48.08	29.23	144.30	419.84	248.20	48.12	332.11	76.98	41.10	0.18
5	5.50	1.80	48.30	29.23	142.20	420.60	248.70	46.70	332.20	76.00	39.80	0.00
6	5.50	1.80	48.30	29.23	142.20	420.60	248.70	46.70	332.30	76.00	39.80	0.00
7	5.50	1.80	48.30	29.23	142.20	420.60	248.70	46.70	332.20	76.00	39.80	0.00
8	5.50	1.80	48.30	29.23	142.20	420.60	248.70	46.70	332.20	76.00	39.80	0.00
9	5.50	1.80	48.30	29.23	142.20	420.60	248.70	46.70	332.20	76.00	39.80	0.00
10	5.50	1.80	48.30	29.23	142.20	420.60	248.70	46.70	332.20	76.00	39.80	0.00
11	5.50	1.80	48.30	29.23	142.20	420.60	248.70	46.70	332.20	76.00	39.80	0.00
12	10.20	3.04	45.46	29.22	169.89	410.65	242.14	65.44	330.96	88.92	56.90	2.33
13	5.50	1.80	48.30	29.23	142.20	420.60	248.70	46.70	332.20	76.00	39.80	0.00
14	7.82	2.41	46.90	29.23	155.87	415.69	245.46	55.95	331.59	82.38	48.24	1.15
15	6.57	2.08	47.65	29.23	148.51	418.33	247.21	50.97	331.92	78.94	43.70	0.53
16	5.50	1.80	48.30	29.23	142.20	420.60	248.70	96.70	332.20	76.00	39.80	0.00
17	5.56	1.82	48.26	29.23	142.55	420.47	248.62	46.94	332.18	76.16	40.02	0.03
18	5.50	1.80	48.30	29.23	142.20	420.60	248.70	46.70	332.20	76.00	39.80	0.00
19	5.50	1.80	48.30	29.23	142.20	420.60	248.70	46.70	332.20	76.00	39.80	0.00
20	5.50	1.80	48.30	29.23	142.20	420.60	248.70	46.70	332.20	76.00	39.80	0.00
21	18.65	5.28	40.34	29.21	219.66	392.75	230.36	99.13	328.72	112.13	87.65	6.52
22	29.30	8.10	33.90	29.20	282.40	370.20	215.50	141.60	325.90	141.40	126.40	11.80
23	29.30	8.10	33.90	29.20	282.40	370.20	215.50	141.60	325.90	141.40	126.40	11.80
24	25.91	7.20	35.95	29.20	262.42	377.38	220.23	128.08	326.80	132.08	114.06	10.12
25	29.30	1.80	33.90	29.20	282.40	370.20	215.50	141.60	325.90	141.40	126.40	11.80
26	8.83	2.68	46.28	29.23	161.83	413.54	244.05	59.99	331.32	85.16	51.92	1.65
27	5.50	1.80	48.30	29.23	142.20	420.60	248.70	46.70	332.20	76.00	39.80	0.00
28	5.50	1.80	48.30	29.23	142.20	420.60	248.70	46.70	332.20	76.00	39.80	0.00

Cuadro 35A. Evapotranspiración media mensual (mm) estimada mediante el método de las curvas isopletras para cada unidad de mapeo de la microcuenca del río Cotón.

Unidad de mapeo	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	93.39	97.64	119.41	130.99	101.22	131.19	133.60	135.06	124.11	114.15	94.94	89.05
2	85.36	89.84	110.97	119.66	133.26	125.41	128.71	128.40	119.66	109.25	89.92	80.85
3	89.24	93.61	115.05	125.14	136.31	128.20	131.19	131.62	121.81	111.62	92.35	84.82
4	106.04	109.93	132.71	148.83	149.50	140.28	141.91	145.56	131.12	121.88	102.84	101.97
5	106.35	110.24	133.04	149.27	149.75	140.51	142.11	145.82	131.29	122.07	103.04	102.29
6	106.35	110.24	133.04	149.27	149.75	140.51	142.11	145.82	131.29	122.07	103.04	102.29
7	106.35	110.24	133.04	149.27	149.75	140.51	142.11	145.82	131.29	122.07	103.04	102.29
8	106.35	110.24	133.04	149.27	149.75	140.51	142.11	145.82	131.29	122.07	103.04	102.29
9	106.35	110.24	133.04	149.27	149.75	140.51	142.11	145.82	131.29	122.07	103.04	102.29
10	106.35	110.24	133.04	149.27	149.75	140.51	142.11	145.82	131.29	122.07	103.04	102.29
11	106.35	110.24	133.04	149.27	149.75	140.51	142.11	145.82	131.29	122.07	103.04	102.29
12	102.20	106.21	128.68	143.42	146.49	137.53	139.46	142.38	128.99	119.54	100.45	98.06
13	106.35	110.24	133.04	149.27	149.75	140.51	142.11	145.82	131.29	122.07	103.04	102.29
14	104.30	108.25	130.89	146.38	148.14	139.04	140.80	144.12	130.16	120.82	101.76	100.20
15	105.41	109.32	132.05	147.94	149.01	139.83	141.51	145.04	130.77	121.49	102.45	101.33
16	106.35	110.24	133.04	149.27	149.75	140.51	142.11	145.82	131.29	122.07	103.04	102.29
17	106.30	110.19	132.98	149.20	149.71	140.47	142.08	145.78	131.26	122.04	103.01	102.24
18	106.35	110.24	133.04	149.27	149.75	140.51	142.11	145.82	131.29	122.07	103.04	102.29
19	106.35	110.24	133.04	149.27	149.75	140.51	142.11	145.82	131.29	122.07	103.04	102.29
20	106.35	110.24	133.04	149.27	149.75	140.51	142.11	145.82	131.29	122.07	103.04	102.29
21	94.75	98.97	120.85	132.91	140.64	132.17	134.71	136.20	124.86	114.99	95.79	90.44
22	85.36	89.84	110.97	119.66	133.26	125.41	128.71	128.40	119.66	109.25	89.92	80.85
23	85.36	89.84	110.97	119.66	133.26	125.41	128.71	128.40	119.66	109.25	89.92	80.85
24	88.35	92.75	114.11	123.88	135.61	127.56	130.62	130.88	121.32	111.08	91.79	83.91
25	85.36	89.84	110.97	119.66	133.26	125.41	128.71	128.40	119.66	109.25	89.92	80.85
26	103.41	107.38	129.95	145.12	147.44	138.40	140.23	143.38	129.66	120.28	101.20	99.29
27	106.35	110.24	133.04	149.27	149.75	140.51	142.11	145.82	131.29	122.07	103.04	102.29
28	106.35	110.24	133.04	149.27	149.75	140.51	142.11	145.82	131.29	122.07	103.04	102.29

Cuadro 36A. Factores utilizados en el balance hídrico de suelos.

Unidad de mapeo	Uso actual	fc mm/día	Kfc	Kp	Kv	Ki	Pr mm
1	Bosque denso de coníferas	182.40	0.64	0.06	0.20	0.20	2500
2	Bosque secundario	448.80	0.84	0.06	0.15	0.16	1500
3	Cultivos anuales	124.80	0.55	0.06	0.10	0.12	500
4	Bosque mixto ralo	19.20	0.06	0.06	0.15	0.16	2000
5	Bosque denso de coníferas	48.00	0.30	0.06	0.20	0.20	2500
6	Bosque mixto denso	52.80	0.33	0.06	0.20	0.20	2500
7	Bosque mixto ralo	86.40	0.45	0.06	0.15	0.16	2000
8	Bosque secundario	15.60	0.01	0.06	0.15	0.16	1500
9	Pastos (>75%)	7.20	0.01	0.06	0.21	0.12	2000
10	Bosque secundario	36.00	0.23	0.06	0.15	0.16	1500
11	Pastos (<50%)	6.00	0.01	0.06	0.09	0.12	400
12	Bosque denso de coníferas	60.00	0.36	0.06	0.20	0.20	2500
13	Bosque mixto denso	60.00	0.36	0.06	0.20	0.20	2500
14	Bosque secundario	9.60	0.01	0.06	0.15	0.16	1500
15	Pastos (>75%)	24.00	0.12	0.06	0.21	0.12	500
16	Bosque denso de coníferas	26.40	0.15	0.06	0.20	0.20	2500
17	Cultivos anuales	24.00	0.12	0.06	0.10	0.12	2000
18	Pastos (>75%)	72.00	0.41	0.06	0.21	0.12	500
19	Bosque secundario	81.60	0.44	0.06	0.15	0.16	1500
20	Pastos (>75%)	34.80	0.22	0.06	0.21	0.12	500
21	Bosque denso de coníferas	504.00	0.86	0.06	0.20	0.20	2500
22	Bosque denso latifoliado	549.60	0.88	0.06	0.20	0.20	1250
23	Bosque secundario	513.60	0.86	0.06	0.15	0.16	1500
24	Cultivos anuales	178.40	0.63	0.06	0.10	0.12	500
25	Urbano	84.00	0.45	0.06	0.21	0.05	500
26	Bosque denso de coníferas	9.60	0.01	0.06	0.20	0.20	2500
27	Bosque secundario	52.80	0.33	0.06	0.15	0.16	1500
28	Pastos (<50%)	12.00	0.01	0.06	0.09	0.12	400

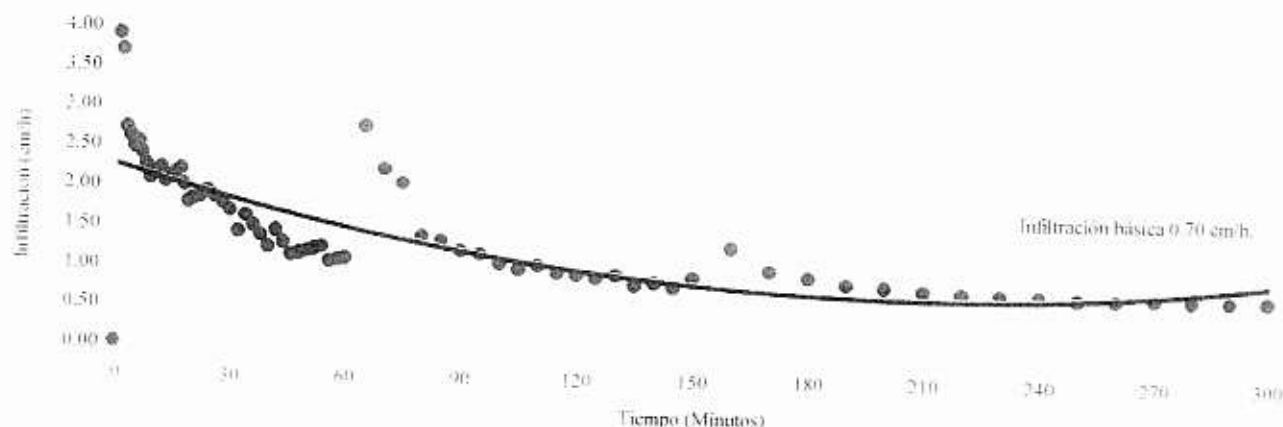
ANEXO 2
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

Unidad de mapeo 1. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
755666	1655316	1538	02/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.2	62.6	61.4	0.00	0.00	56	39.8	62.6	22.8	1.06	0.25
1	3.5	62.6	59.1	3.90	0.93	58	40.3	62.6	22.3	1.08	0.26
2	5.6	62.6	57.0	3.69	0.89	60	40.8	62.6	21.8	1.10	0.26
3	7.1	62.6	55.5	2.72	0.65	61	0.5	62.6	62.1	0.00	0.00
4	8.5	62.6	54.1	2.60	0.62	65	6.9	62.6	55.7	2.77	0.67
5	9.8	62.6	52.8	2.47	0.59	70	12.7	62.6	49.9	2.23	0.54
6	11.1	62.6	51.5	2.53	0.61	75	17.5	62.6	45.1	2.05	0.49
7	12.3	62.6	50.3	2.39	0.57	80	20.5	62.6	42.1	1.39	0.33
8	13.4	62.6	49.2	2.24	0.54	85	23.2	62.6	39.4	1.33	0.32
9	14.4	62.6	48.2	2.08	0.50	90	25.5	62.6	37.1	1.21	0.29
10	15.4	62.6	47.2	2.12	0.51	95	27.6	62.6	35.0	1.17	0.28
11	16.4	62.6	46.2	2.17	0.52	100	29.4	62.6	33.2	1.05	0.25
12	17.4	62.6	45.2	2.21	0.53	105	31.0	62.6	31.6	0.98	0.24
13	18.5	62.6	44.3	2.03	0.49	110	32.6	62.6	30.0	1.03	0.25
14	19.2	62.6	43.4	2.07	0.50	115	34.0	62.6	28.6	0.95	0.23
15	20.1	62.6	42.5	2.11	0.51	120	35.3	62.6	27.3	0.92	0.22
16	21.0	62.6	41.6	2.16	0.52	125	36.5	62.6	26.1	0.89	0.21
17	21.9	62.6	40.7	2.20	0.53	130	37.7	62.6	24.9	0.92	0.22
18	22.7	62.6	39.9	2.00	0.48	135	38.7	62.6	23.9	0.80	0.19
19	23.4	62.6	39.2	1.78	0.43	140	39.7	62.6	22.9	0.84	0.20
20	24.1	62.6	38.5	1.81	0.43	145	40.6	62.6	22.0	0.78	0.19
22	25.5	62.6	37.1	1.86	0.45	150	41.6	62.6	21.0	0.90	0.22
24	26.9	62.6	35.7	1.93	0.46	151	0.4	62.6	62.2	0.00	0.00
26	28.2	62.6	34.4	1.85	0.45	160	7.1	62.6	55.5	1.29	0.31
28	29.4	62.6	33.2	1.77	0.43	170	12.3	62.6	50.3	1.00	0.24
30	30.5	62.6	32.1	1.68	0.40	180	16.7	62.6	45.9	0.93	0.22
32	31.4	62.6	31.2	1.41	0.34	190	20.4	62.6	42.2	0.85	0.20
34	32.4	62.6	30.2	1.62	0.39	200	23.7	62.6	38.9	0.82	0.20
36	33.3	62.6	29.3	1.50	0.36	210	26.6	62.6	36.0	0.78	0.19
38	34.1	62.6	28.5	1.37	0.33	220	29.2	62.6	33.4	0.75	0.18
40	34.8	62.6	27.8	1.23	0.29	230	31.6	62.6	31.0	0.74	0.18
42	35.6	62.6	27.0	1.44	0.35	240	33.8	62.6	28.8	0.73	0.17
44	36.3	62.6	26.3	1.29	0.31	250	35.8	62.6	26.8	0.71	0.17
46	36.9	62.6	25.7	1.14	0.27	260	37.7	62.6	25.0	0.71	0.17
48	37.5	62.6	25.1	1.16	0.28	270	39.4	62.6	23.2	0.71	0.17
50	38.1	62.6	24.5	1.19	0.28	280	41.0	62.6	21.6	0.70	0.17
52	38.7	62.6	23.9	1.21	0.29	290	42.5	62.6	20.1	0.70	0.17
54	39.3	62.6	23.3	1.24	0.30	300	43.9	62.6	18.7	0.70	0.17

Velocidad de infiltración vrs. tiempo de la unidad de mapeo 1.

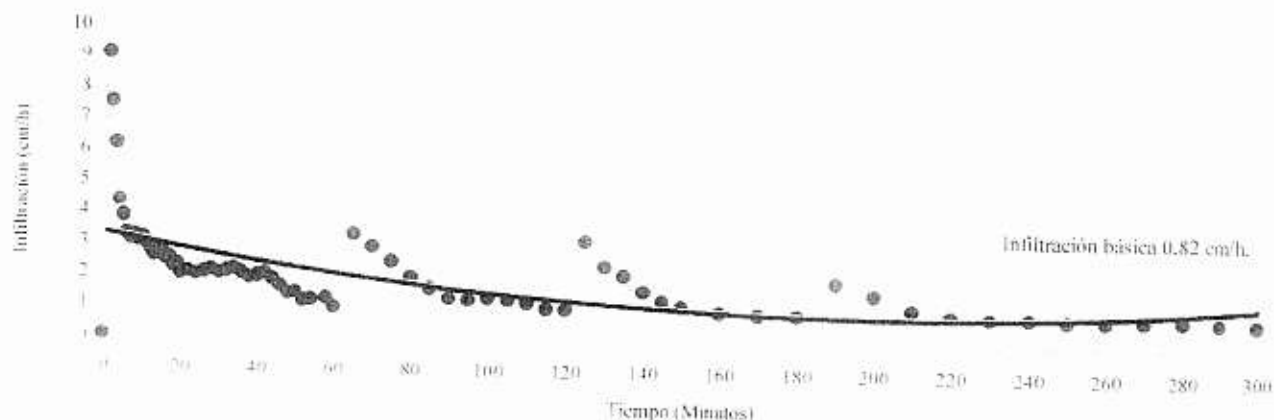


Unidad de mapeo 1. Prueba de infiltración 2

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
758747	1655161	1891	09/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.0	60.8	59.8	0.00	0.00	58	46.2	60.8	14.6	1.27	0.30
1	6.1	60.8	54.7	9.08	2.18	60	46.5	60.8	14.3	0.97	0.23
2	10.0	60.8	50.8	7.52	1.80	61	1.5	60.7	59.2	0.00	0.00
3	13.0	60.8	47.8	6.17	1.48	65	8.8	60.7	51.9	3.35	0.80
4	15.0	60.8	45.8	4.33	1.04	70	15.8	60.7	44.9	2.94	0.70
5	16.7	60.8	44.1	3.82	0.92	75	21.0	60.7	39.7	2.48	0.60
6	18.1	60.8	42.7	3.26	0.78	80	24.7	60.7	36.0	1.96	0.47
7	19.4	60.8	41.4	3.12	0.75	85	27.5	60.7	33.2	1.62	0.39
8	20.7	60.8	40.1	3.21	0.77	90	29.6	60.7	31.1	1.30	0.31
9	21.9	60.8	38.9	3.05	0.73	95	31.5	60.7	29.2	1.25	0.30
10	23.1	60.8	37.7	3.15	0.76	100	33.4	60.7	27.3	1.33	0.32
11	24.2	60.8	36.6	2.97	0.71	105	35.1	60.7	25.6	1.27	0.30
12	25.2	60.8	35.6	2.77	0.67	110	36.6	60.7	24.1	1.18	0.28
13	26.1	60.8	34.7	2.56	0.61	115	37.8	60.7	22.9	1.00	0.24
14	27.0	60.8	33.8	2.63	0.63	120	38.9	60.7	21.8	0.96	0.23
15	27.9	60.8	32.9	2.69	0.65	121	1.0	60.5	59.5	0.00	0.00
16	28.7	60.8	32.1	2.45	0.59	125	8.0	60.5	52.5	3.19	0.76
17	29.5	60.8	31.3	2.51	0.60	130	13.8	60.5	46.7	2.37	0.57
18	30.2	60.8	30.6	2.25	0.54	135	18.4	60.5	42.1	2.09	0.50
19	30.9	60.8	29.9	2.30	0.55	140	21.6	60.5	38.9	1.59	0.38
20	31.5	60.8	29.3	2.61	0.48	145	24.0	60.5	36.5	1.28	0.31
22	32.7	60.8	28.1	2.07	0.50	150	26.0	60.5	34.5	1.13	0.27
24	33.8	60.8	27.0	1.97	0.47	160	29.1	60.5	31.4	0.94	0.23
26	34.9	60.8	25.9	2.05	0.49	170	31.8	60.5	28.7	0.89	0.21
28	36.0	60.8	24.8	2.13	0.51	180	34.2	60.5	26.3	0.86	0.21
30	37.0	60.8	23.8	2.02	0.48	181	1.5	60.5	59.0	0.00	0.00
32	38.0	60.8	22.8	2.10	0.50	190	10.9	60.5	49.6	1.96	0.47
34	39.0	60.8	21.8	2.18	0.52	200	18.0	60.5	42.5	1.56	0.38
36	39.9	60.8	20.9	2.05	0.49	210	22.4	60.5	38.1	1.10	0.26
38	40.7	60.8	20.1	1.89	0.45	220	25.7	60.5	34.8	0.91	0.22
40	41.5	60.8	19.3	1.96	0.47	230	28.6	60.5	31.9	0.87	0.21
42	42.3	60.8	18.5	2.03	0.49	240	31.3	60.5	29.2	0.88	0.21
44	43.0	60.8	17.8	1.85	0.44	250	33.7	60.5	26.8	0.85	0.20
46	43.6	60.8	17.2	1.64	0.39	260	35.9	60.5	24.6	0.84	0.20
48	44.1	60.8	16.7	1.40	0.34	270	38.0	60.5	22.5	0.87	0.21
50	44.6	60.8	16.2	1.44	0.35	280	40.0	60.5	20.5	0.90	0.22
52	45.0	60.8	15.8	1.18	0.28	290	41.7	60.5	18.8	0.83	0.20
54	45.4	60.8	15.4	1.21	0.29	300	43.2	60.5	17.3	0.80	0.19
56	45.8	60.8	15.0	1.24	0.30						

Velocidad de infiltración vrs. tiempo de la unidad de mapeo 1.

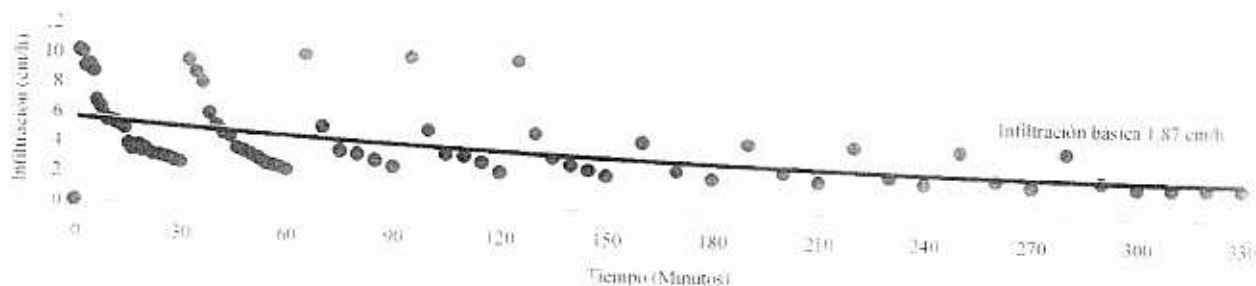


Unidad de mapeo 2. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
758455	1656210	2385	04/05/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.2	62.6	61.4	0.00	0.00	65	21.2	62.0	40.8	10.07	2.42
1	7.0	62.6	55.6	10.12	2.43	70	30.6	62.0	31.4	5.24	1.26
2	12.2	62.6	50.4	9.98	2.40	75	35.9	62.0	26.1	3.66	0.88
3	16.5	62.6	46.1	9.04	2.17	80	40.1	62.0	21.9	3.43	0.82
4	20.5	62.6	42.1	9.17	2.20	85	43.3	62.0	18.7	3.05	0.73
5	24.0	62.6	38.6	8.73	2.10	90	45.7	62.0	16.3	2.62	0.63
6	26.5	62.6	36.1	6.72	1.61	91	1.4	61.9	60.5	0.00	0.00
7	28.7	62.6	33.9	6.29	1.51	95	21.1	61.9	40.8	9.99	2.40
8	30.6	62.6	32.0	5.75	1.38	100	30.3	61.9	31.6	5.12	1.23
9	32.3	62.6	30.3	5.43	1.30	105	35.4	61.9	26.5	3.49	0.84
10	33.9	62.6	28.7	5.38	1.29	110	39.6	61.9	22.3	3.38	0.81
11	35.4	62.6	27.2	5.30	1.27	115	42.8	61.9	19.1	3.00	0.72
12	36.8	62.6	25.8	5.20	1.25	120	45.0	61.9	16.9	2.34	0.56
13	38.1	62.6	24.5	5.08	1.22	121	1.2	61.7	60.5	0.00	0.00
14	39.3	62.6	23.3	4.91	1.18	125	20.7	61.7	41.0	9.86	2.37
15	40.2	62.6	22.4	3.84	0.92	130	29.7	61.7	32.0	4.96	1.19
16	41.0	62.6	21.6	3.54	0.85	135	34.7	61.7	27.0	3.37	0.81
17	41.8	62.6	20.8	3.66	0.88	140	38.4	61.7	23.3	2.89	0.69
18	42.6	62.6	20.0	3.79	0.91	145	41.3	61.7	20.4	2.58	0.62
19	43.3	62.6	19.3	3.43	0.82	150	43.5	61.7	18.2	2.20	0.53
20	44.0	62.6	18.6	3.55	0.85	151	1.0	61.5	60.5	0.00	0.00
22	45.2	62.6	17.4	3.19	0.77	160	21.1	61.5	40.4	4.55	1.09
24	46.3	62.6	16.3	3.11	0.75	170	30.3	61.5	31.2	2.59	0.62
26	47.3	62.6	15.3	2.99	0.72	180	36.3	61.5	25.2	2.11	0.51
28	48.2	62.6	14.4	2.85	0.68	181	1.0	61.5	60.5	0.00	0.00
30	49.0	62.6	13.6	2.67	0.64	190	20.8	61.5	40.7	4.47	1.07
31	1.3	62.3	61.0	0.00	0.00	200	30.0	61.5	31.5	2.56	0.62
32	6.8	62.3	55.5	9.63	2.31	210	35.9	61.5	25.6	2.05	0.49
34	15.6	62.3	46.7	8.76	2.10	211	1.5	61.3	59.8	0.00	0.00
36	22.5	62.3	39.8	8.07	1.94	220	20.8	61.3	40.5	4.39	1.05
38	27.0	62.3	35.3	6.02	1.44	230	29.5	61.3	31.8	2.42	0.58
40	30.5	62.3	31.8	5.21	1.25	240	35.3	61.3	26.0	1.99	0.48
42	33.4	62.3	28.9	4.75	1.14	241	1.2	61.0	59.8	0.00	0.00
44	35.9	62.3	26.4	4.47	1.07	250	20.0	61.0	41.0	4.25	1.02
46	37.8	62.3	24.5	3.67	0.88	260	28.5	61.0	32.5	2.33	0.56
48	39.5	62.3	22.8	3.52	0.84	270	34.3	61.0	26.7	1.95	0.47
50	41.0	62.3	21.3	3.31	0.79	271	1.0	60.8	59.8	0.00	0.00
52	42.3	62.3	20.0	3.05	0.73	280	19.7	60.8	41.1	4.23	1.01
54	43.4	62.3	18.9	2.72	0.65	290	28.2	60.8	32.6	2.32	0.56
56	44.4	62.3	17.9	2.61	0.63	300	33.8	60.8	27.0	1.87	0.45
58	45.3	62.3	17.0	2.46	0.59	310	38.5	60.8	22.3	1.87	0.45
60	46.1	62.3	16.2	2.29	0.55	320	42.4	60.8	18.4	1.86	0.45
61	1.3	62.0	60.7	0.00	0.00	330	45.7	60.8	15.1	1.88	0.45

Velocidad de infiltración vs. tiempo de la unidad de mapeo 2.

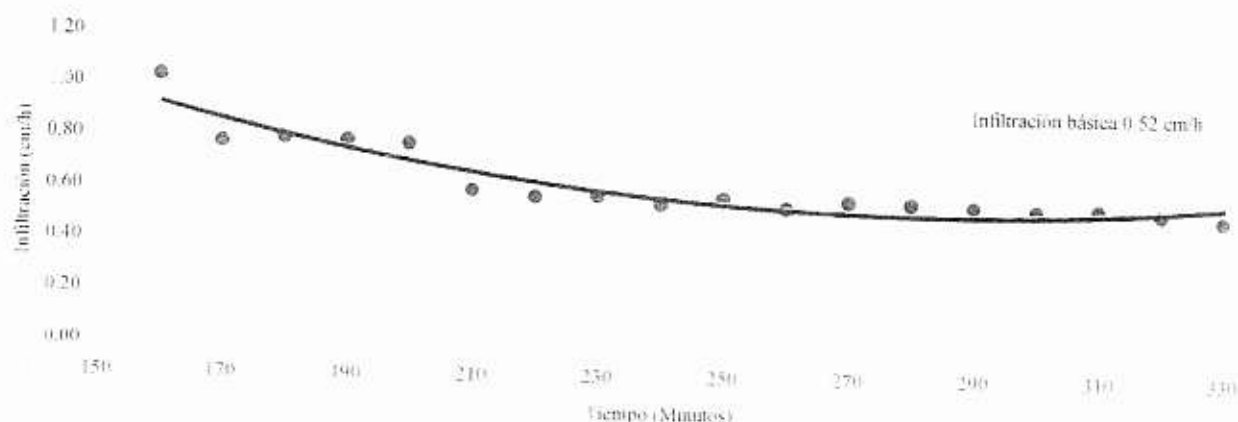


Unidad de mapeo 3. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
758545	1655712	2015	05/05/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	2.1	62.1	60.0	0.00	0.00	58	28.9	62.1	33.2	0.75	0.18
1	3.2	62.1	58.9	1.89	0.45	60	29.3	62.1	32.8	0.60	0.15
2	4.1	62.1	58.0	1.57	0.38	65	30.3	62.1	31.8	0.62	0.15
3	4.9	62.1	57.2	1.42	0.34	70	31.3	62.1	30.8	0.64	0.15
4	5.8	62.1	56.4	1.33	0.37	75	32.3	62.1	29.8	0.66	0.16
5	6.6	62.1	55.5	1.55	0.37	80	33.2	62.1	28.9	0.61	0.15
6	7.4	62.1	54.7	1.48	0.35	85	34.1	62.1	28.0	0.63	0.15
7	8.2	62.1	53.9	1.50	0.36	90	34.9	62.1	27.2	0.57	0.14
8	8.9	62.1	53.2	1.33	0.32	95	35.7	62.1	26.4	0.59	0.14
9	9.6	62.1	52.5	1.35	0.32	100	36.5	62.1	25.6	0.61	0.15
10	10.3	62.1	51.9	1.27	0.30	105	37.3	62.1	24.8	0.62	0.15
11	10.9	62.1	51.2	1.28	0.31	110	38.0	62.1	24.1	0.56	0.13
12	11.5	62.1	50.6	1.20	0.29	115	38.7	62.1	23.4	0.58	0.14
13	12.1	62.1	50.0	1.21	0.29	120	39.4	62.1	22.7	0.59	0.14
14	12.7	62.1	49.4	1.22	0.29	125	40.1	62.1	22.0	0.61	0.15
15	13.3	62.1	48.8	1.24	0.30	130	40.7	62.1	21.4	0.54	0.13
16	13.9	62.1	48.2	1.23	0.30	135	41.3	62.1	20.8	0.55	0.13
17	14.5	62.1	47.6	1.27	0.30	140	41.9	62.1	20.2	0.57	0.14
18	15.0	62.1	47.2	0.96	0.23	145	42.5	62.1	19.6	0.58	0.14
19	15.4	62.1	46.7	0.97	0.23	150	43.1	62.1	19.0	0.60	0.14
20	15.9	62.1	46.2	1.09	0.26	151	2.0	62.1	60.1	0.00	0.00
22	16.9	62.1	45.2	1.11	0.27	160	7.2	62.1	54.9	1.02	0.25
24	17.7	62.1	44.4	0.90	0.22	170	11.2	62.1	50.9	0.77	0.18
26	18.6	62.1	43.5	1.03	0.25	180	15.0	62.1	47.1	0.79	0.19
28	19.4	62.1	42.7	0.94	0.22	190	18.5	62.1	43.6	0.78	0.19
30	20.2	62.1	41.9	0.95	0.23	200	21.7	62.1	40.4	0.77	0.18
32	21.0	62.1	41.1	0.97	0.23	210	24.0	62.1	38.1	0.59	0.14
34	21.8	62.1	40.3	0.99	0.24	220	26.1	62.1	36.0	0.57	0.14
36	22.5	62.1	39.6	0.88	0.21	230	28.1	62.1	34.0	0.57	0.14
38	23.2	62.1	38.9	0.90	0.22	240	29.9	62.1	32.2	0.54	0.13
40	23.9	62.1	38.2	0.91	0.22	250	31.7	62.1	30.4	0.57	0.14
42	24.6	62.1	37.5	0.93	0.22	260	33.3	62.1	28.8	0.54	0.13
44	25.2	62.1	36.9	0.81	0.19	270	34.9	62.1	27.2	0.56	0.14
46	25.8	62.1	36.3	0.82	0.20	280	36.4	62.1	25.7	0.55	0.13
48	26.4	62.1	35.7	0.83	0.20	290	37.8	62.1	24.3	0.54	0.13
50	26.9	62.1	35.2	0.71	0.17	300	39.1	62.1	23.0	0.54	0.13
52	27.4	62.1	34.7	0.72	0.17	310	40.4	62.1	21.8	0.54	0.13
54	27.9	62.1	34.2	0.73	0.17	320	41.5	62.1	20.6	0.53	0.13
56	28.4	62.1	33.7	0.74	0.18	330	42.6	62.1	19.6	0.51	0.12

Velocidad de infiltración vs. tiempo de la unidad de mapeo 3.

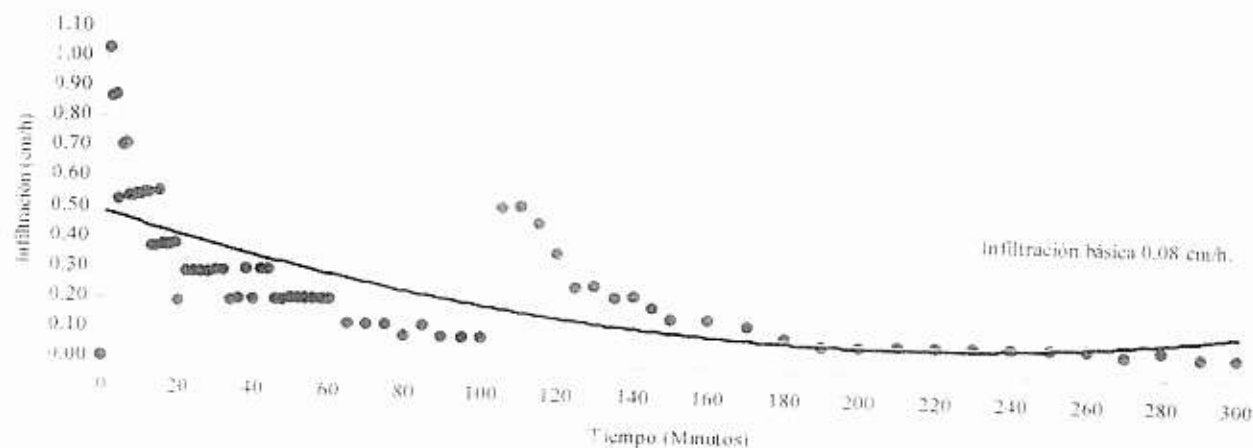


Unidad de mapeo 4. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
755630	1654829	1426	05/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.1	61.1	60.0	0.00	0.00	56	11.7	61.1	49.4	0.20	0.05
1	1.7	61.1	59.4	1.03	0.25	58	11.9	61.1	49.2	0.21	0.05
2	2.2	61.1	58.9	0.86	0.21	60	12.1	61.1	49.0	0.21	0.05
3	2.7	61.1	58.4	0.87	0.21	65	12.4	61.1	48.7	0.12	0.03
4	3.0	61.1	58.1	0.53	0.13	70	12.7	61.1	48.4	0.13	0.03
5	3.4	61.1	57.7	0.70	0.17	75	13.0	61.1	48.1	0.13	0.03
6	3.8	61.1	57.3	0.71	0.17	80	13.2	61.1	47.9	0.08	0.02
7	4.1	61.1	57.0	0.53	0.13	85	13.5	61.1	47.6	0.13	0.03
8	4.4	61.1	56.7	0.54	0.13	90	13.7	61.1	47.4	0.09	0.02
9	4.7	61.1	56.4	0.54	0.13	95	13.9	61.1	47.2	0.09	0.02
10	5.0	61.1	56.1	0.54	0.13	100	14.1	61.1	47.0	0.09	0.02
11	5.3	61.1	55.8	0.55	0.13	101	1.6	61.1	59.5	0.00	0.00
12	5.6	61.1	55.5	0.55	0.13	105	2.8	61.1	58.3	0.52	0.12
13	5.8	61.1	55.3	0.37	0.09	110	4.3	61.1	56.8	0.53	0.13
14	6.0	61.1	55.1	0.37	0.09	115	5.6	61.1	55.5	0.47	0.11
15	6.3	61.1	54.8	0.56	0.13	120	6.6	61.1	54.5	0.37	0.09
16	6.5	61.1	54.6	0.37	0.09	125	7.3	61.1	53.8	0.26	0.06
17	6.7	61.1	54.4	0.37	0.09	130	8.0	61.1	53.1	0.27	0.06
18	6.9	61.1	54.2	0.37	0.09	135	8.6	61.1	52.5	0.23	0.06
19	7.1	61.1	54.0	0.38	0.09	140	9.2	61.1	51.9	0.23	0.06
20	7.2	61.1	53.9	0.19	0.05	145	9.7	61.1	51.4	0.20	0.05
22	7.5	61.1	53.6	0.28	0.07	150	10.1	61.1	51.0	0.16	0.04
24	7.8	61.1	53.3	0.29	0.07	160	10.9	61.1	50.2	0.16	0.04
26	8.1	61.1	53.0	0.29	0.07	170	11.6	61.1	49.5	0.14	0.03
28	8.4	61.1	52.7	0.29	0.07	180	12.1	61.1	49.0	0.10	0.02
30	8.7	61.1	52.4	0.29	0.07	190	12.5	61.1	48.6	0.08	0.02
32	9.0	61.1	52.1	0.29	0.07	200	12.9	61.1	48.2	0.08	0.02
34	9.2	61.1	51.9	0.20	0.05	210	13.3	61.1	47.8	0.08	0.02
36	9.4	61.1	51.7	0.20	0.05	220	13.7	61.1	47.4	0.09	0.02
38	9.7	61.1	51.4	0.30	0.07	230	14.1	61.1	47.0	0.09	0.02
40	9.9	61.1	51.2	0.20	0.05	240	14.5	61.1	46.6	0.09	0.02
42	10.2	61.1	50.9	0.30	0.07	250	14.9	61.1	46.2	0.09	0.02
44	10.5	61.1	50.6	0.30	0.07	260	15.3	61.1	45.8	0.09	0.02
46	10.7	61.1	50.4	0.20	0.05	270	15.6	61.1	45.5	0.07	0.02
48	10.9	61.1	50.2	0.20	0.05	280	16.0	61.1	45.1	0.09	0.02
50	11.1	61.1	50.0	0.20	0.05	290	16.3	61.1	44.8	0.07	0.02
52	11.3	61.1	49.8	0.20	0.05	300	16.6	61.1	44.5	0.07	0.02
54	11.5	61.1	49.6	0.20	0.05						

Velocidad de infiltración vs. tiempo de la unidad de mapeo 4

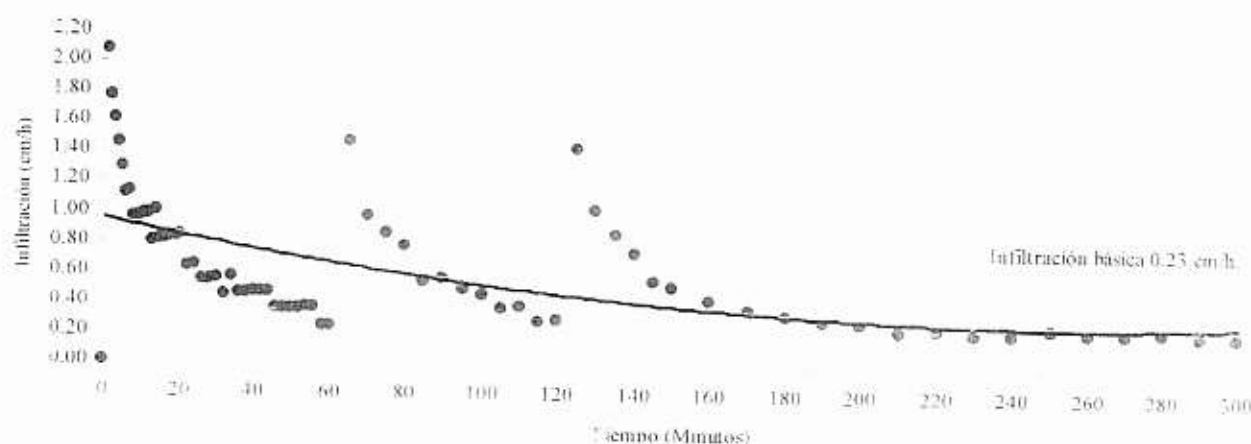


Unidad de mapeo 5. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
756891	1653048	1485	10/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.0	60.5	59.5	0.60	0.00	56	20.0	60.5	40.5	0.27	0.09
1	2.2	60.5	58.3	2.08	0.50	58	20.2	60.5	40.3	0.25	0.06
2	3.2	60.5	57.3	1.76	0.42	60	20.4	60.5	40.1	0.25	0.06
3	4.1	60.5	56.4	1.61	0.39	61	2.2	60.5	58.3	0.00	0.00
4	4.9	60.5	55.6	1.45	0.35	65	5.5	60.5	55.0	1.48	0.56
5	5.6	60.5	54.9	1.29	0.31	70	8.1	60.5	52.4	0.98	0.24
6	6.2	60.5	54.3	1.12	0.27	75	10.3	60.5	50.2	0.87	0.21
7	6.8	60.5	53.7	1.13	0.27	80	12.2	60.5	48.3	0.78	0.19
8	7.3	60.5	53.2	0.95	0.23	85	13.5	60.5	47.0	0.55	0.13
9	7.8	60.5	52.7	0.96	0.23	90	14.8	60.5	45.7	0.57	0.14
10	8.3	60.5	52.2	0.97	0.23	95	15.9	60.5	44.6	0.49	0.12
11	8.8	60.5	51.7	0.98	0.23	100	16.9	60.5	43.6	0.46	0.11
12	9.3	60.5	51.2	0.99	0.24	105	17.7	60.5	42.8	0.37	0.09
13	9.7	60.5	50.8	0.80	0.19	110	18.5	60.5	42.0	0.38	0.09
14	10.2	60.5	50.3	1.00	0.24	115	19.1	60.5	41.4	0.29	0.07
15	10.6	60.5	49.9	0.81	0.19	120	19.7	60.5	40.8	0.29	0.07
16	11.0	60.5	49.5	0.82	0.20	121	2.4	60.5	58.1	0.00	0.00
17	11.4	60.5	49.1	0.82	0.20	125	5.6	60.5	54.9	1.44	0.35
18	11.8	60.5	48.7	0.83	0.20	130	8.3	60.5	52.2	1.03	0.25
19	12.2	60.5	48.3	0.84	0.20	135	10.5	60.5	50.0	0.87	0.21
20	12.6	60.5	47.9	0.84	0.20	140	12.3	60.5	48.2	0.74	0.18
22	13.2	60.5	47.3	0.64	0.15	145	13.6	60.5	46.9	0.55	0.13
24	13.8	60.5	46.7	0.65	0.16	150	14.8	60.5	45.7	0.52	0.13
26	14.3	60.5	46.2	0.54	0.13	160	16.7	60.5	43.8	0.43	0.10
28	14.8	60.5	45.7	0.55	0.13	170	18.3	60.5	42.2	0.38	0.09
30	15.3	60.5	45.2	0.56	0.13	180	19.7	60.5	40.8	0.34	0.08
32	15.7	60.5	44.8	0.45	0.11	190	20.9	60.5	39.6	0.30	0.07
34	16.2	60.5	44.3	0.57	0.14	200	22.0	60.5	38.5	0.28	0.07
36	16.6	60.5	43.9	0.46	0.11	210	22.9	60.5	37.6	0.24	0.06
38	17.0	60.5	43.5	0.46	0.11	220	23.8	60.5	36.7	0.24	0.06
40	17.4	60.5	43.1	0.47	0.11	230	24.6	60.5	35.9	0.22	0.05
42	17.8	60.5	42.7	0.47	0.11	240	25.4	60.5	35.1	0.23	0.05
44	18.2	60.5	42.3	0.47	0.11	250	26.3	60.5	34.2	0.26	0.06
46	18.5	60.5	42.0	0.36	0.09	260	27.1	60.5	33.4	0.24	0.06
48	18.8	60.5	41.7	0.36	0.09	270	27.9	60.5	32.6	0.24	0.06
50	19.1	60.5	41.4	0.36	0.09	280	28.7	60.5	31.8	0.25	0.06
52	19.4	60.5	41.1	0.37	0.09	290	29.4	60.5	31.1	0.22	0.05
54	19.7	60.5	40.8	0.37	0.09	300	30.1	60.5	30.4	0.23	0.05

Velocidad de infiltración vrs. tiempo de la unidad de mapeo 5.

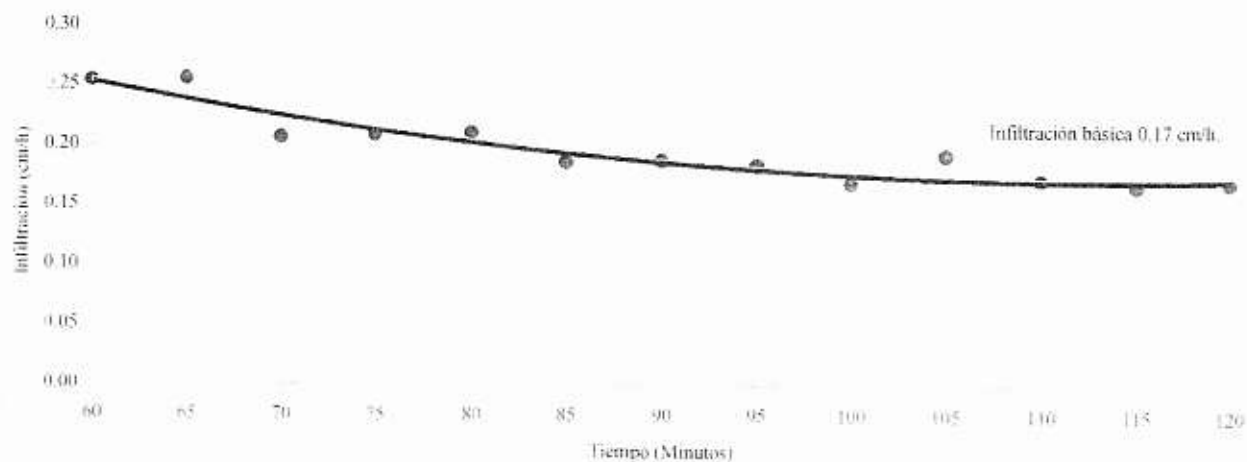


Unidad de mapeo 5. Prueba de infiltración 2

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
757025	1653451	1492	10/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.0	61.0	60.0	0.00	0.00	34	17.8	61.0	43.2	0.47	0.11
1	2.0	61.0	59.0	1.71	0.41	36	18.2	61.0	42.8	0.47	0.11
2	2.9	61.0	58.1	1.57	0.38	38	18.5	61.0	42.5	0.35	0.09
3	3.9	61.0	57.1	1.77	0.42	40	18.8	61.0	42.2	0.36	0.09
4	4.9	61.0	56.1	1.80	0.43	42	19.1	61.0	41.9	0.36	0.09
5	5.8	61.0	55.2	1.65	0.40	44	19.4	61.0	41.6	0.36	0.09
6	6.6	61.0	54.4	1.49	0.36	46	19.7	61.0	41.3	0.36	0.09
7	7.4	61.0	53.6	1.51	0.36	48	20.0	61.0	41.0	0.37	0.09
8	8.2	61.0	52.8	1.53	0.37	50	20.2	61.0	40.8	0.25	0.06
9	9.0	61.0	52.0	1.55	0.37	52	20.5	61.0	40.5	0.37	0.09
10	9.7	61.0	51.3	1.38	0.33	54	20.7	61.0	40.3	0.25	0.06
11	10.4	61.0	50.6	1.39	0.33	56	20.9	61.0	40.1	0.25	0.06
12	11.0	61.0	50.0	1.21	0.29	58	21.1	61.0	39.9	0.25	0.06
13	11.6	61.0	49.4	1.22	0.29	60	21.3	61.0	39.7	0.25	0.06
14	12.1	61.0	48.9	1.03	0.25	65	21.8	61.0	39.2	0.25	0.06
15	12.5	61.0	48.5	0.83	0.20	70	22.2	61.0	38.8	0.21	0.05
16	12.9	61.0	48.1	0.84	0.20	75	22.6	61.0	38.4	0.21	0.05
17	13.3	61.0	47.7	0.85	0.20	80	23.0	61.0	38.0	0.21	0.05
18	13.6	61.0	47.4	0.64	0.15	85	23.4	61.0	37.7	0.19	0.04
19	13.9	61.0	47.1	0.64	0.15	90	23.7	61.0	37.3	0.19	0.04
20	14.2	61.0	46.8	0.65	0.16	95	24.0	61.0	37.0	0.18	0.04
22	14.8	61.0	46.2	0.65	0.16	100	24.4	61.0	36.7	0.17	0.04
24	15.3	61.0	45.7	0.55	0.13	105	24.7	61.0	36.3	0.19	0.05
26	15.8	61.0	45.2	0.56	0.13	110	25.0	61.0	36.0	0.17	0.04
28	16.3	61.0	44.7	0.56	0.13	115	25.3	61.0	35.7	0.17	0.04
30	16.9	61.0	44.1	0.68	0.16	120	25.6	61.0	35.4	0.17	0.04
32	17.4	61.0	43.6	0.58	0.14						

Velocidad de infiltración básica vs. tiempo de la unidad de mapeo 5.

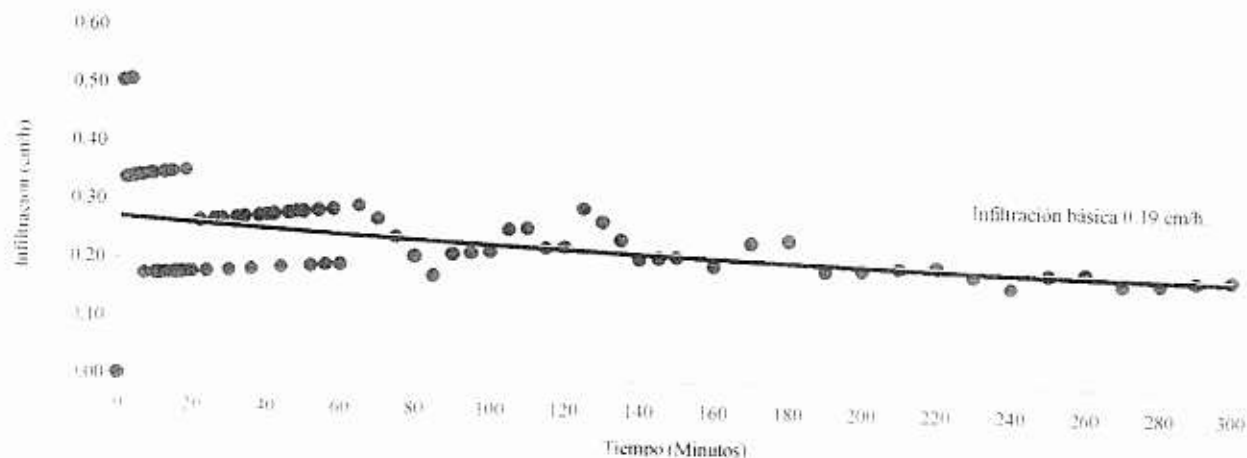


Unidad de mapeo 6. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
755271	1653069	1316	25/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.3	62.5	61.2	0.00	0.00	56	9.4	62.5	53.1	0.19	0.05
1	1.6	62.5	60.9	0.50	0.12	58	9.7	62.5	52.8	0.29	0.07
2	1.8	62.5	60.7	0.34	0.08	60	9.9	62.5	52.6	0.19	0.05
3	2.1	62.5	60.4	0.51	0.12	61	1.3	62.5	61.2	0.00	0.00
4	2.3	62.5	60.2	0.34	0.08	65	2.0	62.5	60.5	0.29	0.07
5	2.5	62.5	60.0	0.34	0.08	70	2.8	62.5	59.7	0.27	0.07
6	2.7	62.5	59.8	0.34	0.08	75	3.5	62.5	59.0	0.24	0.06
7	2.8	62.5	59.7	0.17	0.04	80	4.1	62.5	58.4	0.21	0.05
8	3.0	62.5	59.5	0.34	0.08	85	4.6	62.5	57.9	0.18	0.04
9	3.2	62.5	59.3	0.34	0.08	90	5.2	62.5	57.3	0.21	0.05
10	3.3	62.5	59.2	0.17	0.04	95	5.8	62.5	56.7	0.21	0.05
11	3.4	62.5	59.1	0.17	0.04	100	6.4	62.5	56.1	0.22	0.05
12	3.6	62.5	58.9	0.35	0.08	105	7.1	62.5	55.4	0.26	0.06
13	3.7	62.5	58.8	0.17	0.04	110	7.8	62.5	54.7	0.26	0.06
14	3.9	62.5	58.6	0.35	0.08	115	8.4	62.5	54.1	0.22	0.05
15	4.0	62.5	58.5	0.17	0.04	120	9.0	62.5	53.5	0.23	0.05
16	4.1	62.5	58.4	0.17	0.04	121	1.3	62.5	61.2	0.00	0.00
17	4.2	62.5	58.3	0.17	0.04	125	2.0	62.5	60.5	0.29	0.07
18	4.4	62.5	58.1	0.35	0.08	130	2.8	62.5	59.7	0.27	0.07
19	4.5	62.5	58.0	0.18	0.04	135	3.5	62.5	59.0	0.24	0.06
20	4.6	62.5	57.9	0.18	0.04	140	4.1	62.5	58.4	0.21	0.05
22	4.9	62.5	57.6	0.26	0.06	145	4.7	62.5	57.8	0.21	0.05
24	5.1	62.5	57.4	0.18	0.04	150	5.3	62.5	57.2	0.21	0.05
26	5.4	62.5	57.1	0.27	0.06	160	6.4	62.5	56.1	0.20	0.05
28	5.7	62.5	56.8	0.27	0.06	170	7.7	62.5	54.8	0.24	0.06
30	5.9	62.5	56.6	0.18	0.04	180	9.0	62.5	53.5	0.24	0.06
32	6.2	62.5	56.3	0.27	0.06	190	10.0	62.5	52.5	0.19	0.05
34	6.5	62.5	56.0	0.27	0.07	200	11.0	62.5	51.5	0.20	0.05
36	6.7	62.5	55.8	0.18	0.04	210	12.0	62.5	50.5	0.20	0.05
38	7.0	62.5	55.5	0.27	0.07	220	13.0	62.5	49.5	0.20	0.05
40	7.3	62.5	55.2	0.28	0.07	230	13.9	62.5	48.6	0.19	0.04
42	7.6	62.5	54.9	0.28	0.07	240	14.7	62.5	47.8	0.17	0.04
44	7.8	62.5	54.7	0.19	0.04	250	15.6	62.5	46.9	0.19	0.05
46	8.1	62.5	54.4	0.28	0.07	260	16.5	62.5	46.0	0.20	0.05
48	8.4	62.5	54.1	0.28	0.07	270	17.3	62.5	45.2	0.18	0.04
50	8.7	62.5	53.8	0.28	0.07	280	18.1	62.5	44.4	0.18	0.04
52	8.9	62.5	53.6	0.19	0.05	290	18.9	62.5	43.6	0.18	0.04
54	9.2	62.5	53.3	0.29	0.07	300	19.7	62.5	42.8	0.19	0.04

Velocidad de infiltración vs. tiempo de la unidad de mapeo 6.

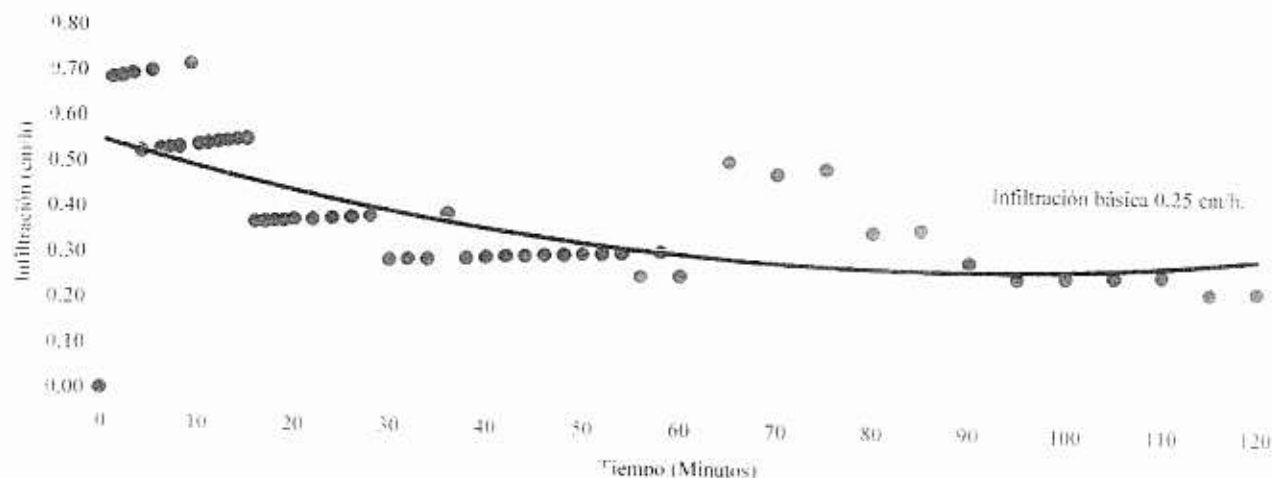


Unidad de mapeo 6. Prueba de infiltración 2

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
756580	1652626	1337	25/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.0	61.0	60.0	0.00	0.00	34	9.5	61.0	51.5	0.29	0.07
1	1.4	61.0	59.6	0.68	0.16	36	9.9	61.0	51.1	0.40	0.10
2	1.8	61.0	59.2	0.69	0.16	38	10.2	61.0	50.8	0.30	0.07
3	2.2	61.0	58.8	0.69	0.17	40	10.5	61.0	50.5	0.30	0.07
4	2.5	61.0	58.5	0.52	0.13	42	10.8	61.0	50.2	0.30	0.07
5	2.9	61.0	58.1	0.70	0.17	44	11.1	61.0	49.9	0.30	0.07
6	3.2	61.0	57.8	0.53	0.13	46	11.4	61.0	49.6	0.31	0.07
7	3.5	61.0	57.5	0.53	0.13	48	11.7	61.0	49.3	0.31	0.07
8	3.8	61.0	57.2	0.53	0.13	50	12.0	61.0	49.0	0.31	0.07
9	4.2	61.0	56.8	0.71	0.17	52	12.3	61.0	48.7	0.31	0.07
10	4.5	61.0	56.5	0.54	0.13	54	12.6	61.0	48.4	0.31	0.08
11	4.8	61.0	56.2	0.54	0.13	56	12.9	61.0	48.2	0.26	0.06
12	5.1	61.0	55.9	0.54	0.13	58	13.2	61.0	47.9	0.32	0.08
13	5.4	61.0	55.6	0.55	0.13	60	13.4	61.0	47.6	0.27	0.06
14	5.7	61.0	55.3	0.55	0.13	61	1.2	61.0	59.8	0.00	0.00
15	6.0	61.0	55.0	0.55	0.13	65	2.4	61.0	58.6	0.52	0.12
16	6.2	61.0	54.8	0.37	0.09	70	3.8	61.0	57.2	0.49	0.12
17	6.4	61.0	54.6	0.37	0.09	75	5.2	61.0	55.8	0.50	0.12
18	6.6	61.0	54.4	0.37	0.09	80	6.2	61.0	54.8	0.37	0.09
19	6.8	61.0	54.2	0.37	0.09	85	7.2	61.0	53.8	0.37	0.09
20	7.0	61.0	54.0	0.38	0.09	90	8.0	61.0	53.0	0.30	0.07
22	7.4	61.0	53.6	0.38	0.09	95	8.7	61.0	52.3	0.27	0.06
24	7.8	61.0	53.2	0.38	0.09	100	9.4	61.0	51.6	0.27	0.07
26	8.2	61.0	52.8	0.38	0.09	105	10.1	61.0	50.9	0.28	0.07
28	8.6	61.0	52.4	0.39	0.09	110	10.8	61.0	50.2	0.28	0.07
30	8.9	61.0	52.1	0.29	0.07	115	11.4	61.0	49.6	0.24	0.06
32	9.2	61.0	51.8	0.29	0.07	120	12.0	61.0	49.0	0.25	0.06

Velocidad de infiltración vs. tiempo de la unidad de mapeo 6.

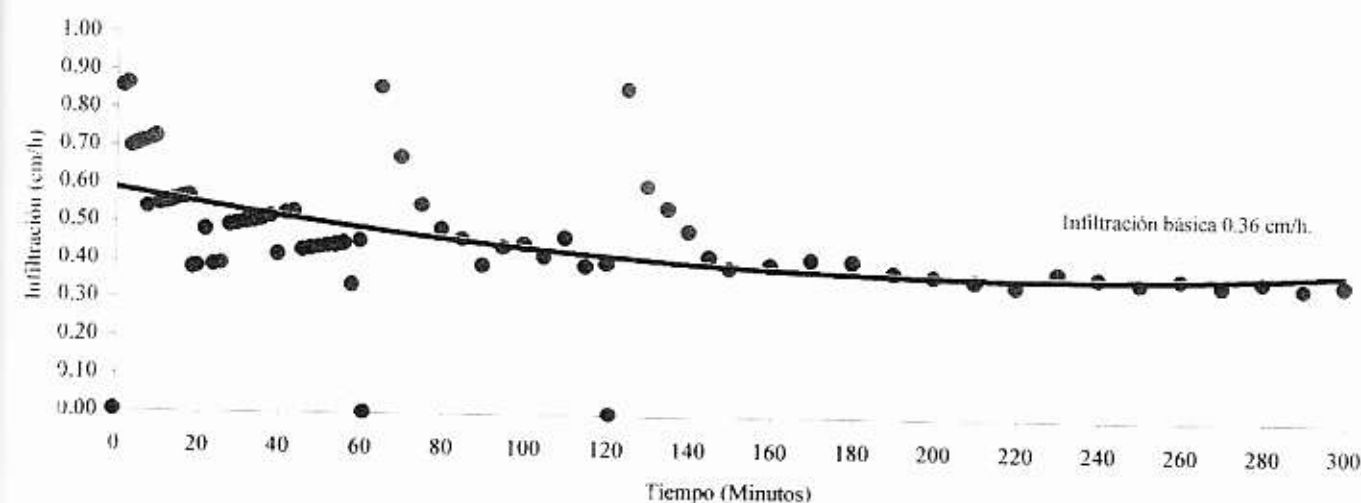


Unidad de mapeo 7. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
757081	1652442	1355	12/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	0.9	61.5	60.6	0.00	0.00	56	16.1	61.5	45.4	0.44	0.11
1	1.5	61.5	60.0	1.02	0.24	58	16.4	61.5	45.1	0.34	0.08
2	2.0	61.5	59.5	0.85	0.20	60	16.8	61.5	44.7	0.45	0.11
3	2.5	61.5	59.0	0.86	0.21	61	0.9	61.5	60.6	0.00	0.00
4	2.9	61.5	58.6	0.69	0.17	65	2.9	61.5	58.6	0.86	0.21
5	3.3	61.5	58.2	0.70	0.17	70	4.8	61.5	56.7	0.67	0.16
6	3.7	61.5	57.8	0.70	0.17	75	6.3	61.5	55.2	0.55	0.13
7	4.1	61.5	57.4	0.71	0.17	80	7.6	61.5	53.9	0.48	0.12
8	4.4	61.5	57.1	0.53	0.13	85	8.8	61.5	52.7	0.46	0.11
9	4.8	61.5	56.7	0.72	0.17	90	9.8	61.5	51.7	0.39	0.09
10	5.2	61.5	56.3	0.72	0.17	95	10.9	61.5	50.6	0.44	0.10
11	5.5	61.5	56.0	0.54	0.13	100	12.0	61.5	49.5	0.45	0.11
12	5.8	61.5	55.7	0.55	0.13	105	13.0	61.5	48.5	0.41	0.10
13	6.1	61.5	55.4	0.55	0.13	110	14.1	61.5	47.4	0.46	0.11
14	6.4	61.5	55.1	0.55	0.13	115	15.0	61.5	46.5	0.39	0.09
15	6.7	61.5	54.8	0.56	0.13	120	15.9	61.5	45.6	0.40	0.09
16	7.0	61.5	54.5	0.56	0.13	121	1.0	61.5	60.5	0.00	0.00
17	7.3	61.5	54.2	0.56	0.13	125	3.0	61.5	58.5	0.86	0.21
18	7.6	61.5	53.9	0.56	0.14	130	4.7	61.5	56.8	0.60	0.14
19	7.8	61.5	53.7	0.38	0.09	135	6.2	61.5	55.3	0.55	0.13
20	8.0	61.5	53.5	0.38	0.09	140	7.5	61.5	54.0	0.48	0.12
22	8.5	61.5	53.0	0.48	0.11	145	8.6	61.5	52.9	0.42	0.10
24	8.9	61.5	52.6	0.38	0.09	150	9.6	61.5	51.9	0.39	0.09
26	9.3	61.5	52.2	0.39	0.09	160	11.6	61.5	49.9	0.40	0.10
28	9.8	61.5	51.7	0.49	0.12	170	13.6	61.5	47.9	0.41	0.10
30	10.3	61.5	51.2	0.49	0.12	180	15.5	61.5	46.0	0.41	0.10
32	10.8	61.5	50.7	0.50	0.12	190	17.2	61.5	44.3	0.38	0.09
34	11.3	61.5	50.2	0.50	0.12	200	18.8	61.5	42.7	0.37	0.09
36	11.8	61.5	49.7	0.51	0.12	210	20.3	61.5	41.2	0.36	0.09
38	12.3	61.5	49.2	0.51	0.12	220	21.7	61.5	39.8	0.35	0.08
40	12.7	61.5	48.8	0.41	0.10	230	23.2	61.5	38.3	0.39	0.09
42	13.2	61.5	48.3	0.52	0.13	240	24.6	61.5	36.9	0.37	0.09
44	13.7	61.5	47.8	0.53	0.13	250	25.9	61.5	35.6	0.36	0.09
46	14.1	61.5	47.4	0.43	0.10	260	27.2	61.5	34.3	0.37	0.09
48	14.5	61.5	47.0	0.43	0.10	270	28.4	61.5	33.1	0.36	0.09
50	14.9	61.5	46.6	0.43	0.10	280	29.6	61.5	31.9	0.37	0.09
52	15.3	61.5	46.2	0.44	0.10	290	30.7	61.5	30.8	0.35	0.08
54	15.7	61.5	45.8	0.44	0.11	300	31.8	61.5	29.7	0.36	0.09

Velocidad de infiltración vrs. tiempo de la unidad de mapeo 7.

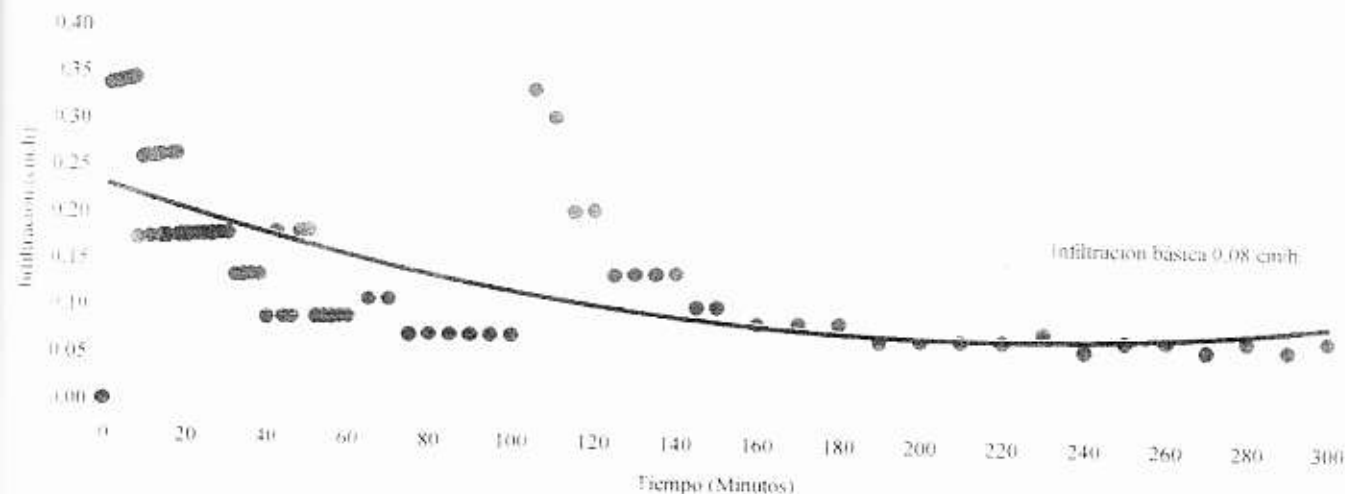


Unidad de mapeo 8. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
756670	1653288	1465	11/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.0	61.7	60.7	0.08	0.00	56	6.8	61.7	54.9	0.09	0.02
1	1.2	61.7	60.5	0.34	0.08	58	6.9	61.7	54.8	0.09	0.02
2	1.4	61.7	60.3	0.34	0.08	60	7.0	61.7	54.7	0.09	0.02
3	1.6	61.7	60.1	0.34	0.08	65	7.3	61.7	54.4	0.11	0.03
4	1.8	61.7	59.9	0.34	0.08	70	7.6	61.7	54.1	0.11	0.03
5	2.0	61.7	59.7	0.34	0.08	75	7.8	61.7	53.9	0.08	0.02
6	2.2	61.7	59.5	0.34	0.08	80	8.0	61.7	53.7	0.08	0.02
7	2.4	61.7	59.3	0.34	0.08	85	8.2	61.7	53.5	0.08	0.02
8	2.5	61.7	59.2	0.17	0.04	90	8.4	61.7	53.3	0.08	0.02
9	2.7	61.7	59.1	0.26	0.06	95	8.6	61.7	53.1	0.08	0.02
10	2.8	61.7	58.9	0.26	0.06	100	8.8	61.7	52.9	0.08	0.02
11	2.9	61.7	58.8	0.17	0.04	101	1.0	61.7	60.7	0.00	0.00
12	3.1	61.7	58.7	0.26	0.06	105	1.8	61.7	59.9	0.34	0.08
13	3.2	61.7	58.5	0.26	0.06	110	2.7	61.7	59.0	0.31	0.07
14	3.3	61.7	58.4	0.17	0.04	115	3.3	61.7	58.4	0.21	0.05
15	3.4	61.7	58.3	0.17	0.04	120	3.9	61.7	57.8	0.21	0.05
16	3.6	61.7	58.2	0.26	0.06	125	4.3	61.7	57.4	0.14	0.03
17	3.7	61.7	58.0	0.26	0.06	130	4.7	61.7	57.0	0.14	0.03
18	3.8	61.7	57.9	0.18	0.04	135	5.1	61.7	56.6	0.14	0.03
19	3.9	61.7	57.8	0.18	0.04	140	5.5	61.7	56.2	0.14	0.03
20	4.0	61.7	57.7	0.18	0.04	145	5.8	61.7	55.9	0.11	0.03
22	4.2	61.7	57.5	0.18	0.04	150	6.1	61.7	55.6	0.11	0.03
24	4.4	61.7	57.3	0.18	0.04	160	6.6	61.7	55.1	0.09	0.02
26	4.6	61.7	57.1	0.18	0.04	170	7.1	61.7	54.6	0.09	0.02
28	4.8	61.7	56.9	0.18	0.04	180	7.6	61.7	54.1	0.09	0.02
30	5.0	61.7	56.7	0.18	0.04	190	8.0	61.7	53.7	0.08	0.02
32	5.2	61.7	56.6	0.13	0.03	200	8.4	61.7	53.3	0.08	0.02
34	5.3	61.7	56.4	0.14	0.03	210	8.8	61.7	52.9	0.08	0.02
36	5.5	61.7	56.3	0.14	0.03	220	9.2	61.7	52.5	0.08	0.02
38	5.6	61.7	56.1	0.14	0.03	230	9.7	61.7	52.1	0.09	0.02
40	5.7	61.7	56.0	0.09	0.02	240	10.0	61.7	51.7	0.07	0.02
42	5.9	61.7	55.8	0.18	0.04	250	10.4	61.7	51.3	0.08	0.02
44	6.0	61.7	55.7	0.09	0.02	260	10.8	61.7	50.9	0.08	0.02
46	6.1	61.7	55.6	0.09	0.02	270	11.2	61.7	50.6	0.07	0.02
48	6.3	61.7	55.4	0.18	0.04	280	11.6	61.7	50.2	0.08	0.02
50	6.5	61.7	55.2	0.18	0.04	290	11.9	61.7	49.8	0.07	0.02
52	6.6	61.7	55.1	0.09	0.02	300	12.3	61.7	49.4	0.08	0.02
54	6.7	61.7	55.0	0.09	0.02						

Velocidad de infiltración vs. tiempo de la unidad de mapeo 8.

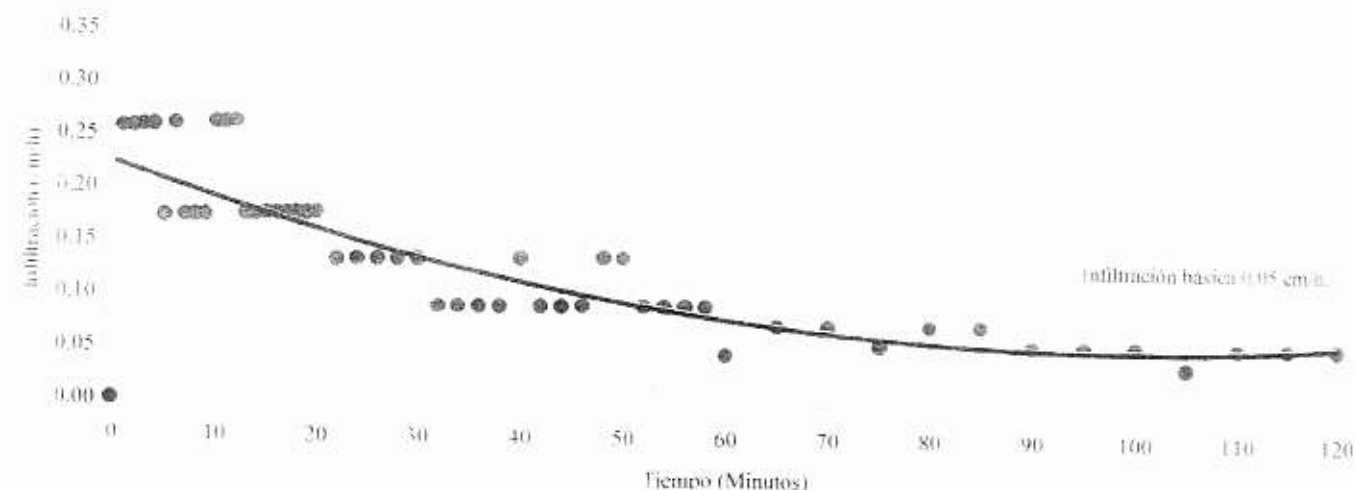


Unidad de mapeo 8. Prueba de infiltración 2

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
756370	1653095	1341	11/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	0.7	60.4	59.7	0.00	0.00	34	4.1	60.4	56.4	0.09	0.02
1	0.9	60.4	59.6	0.26	0.06	36	4.2	60.4	56.3	0.09	0.02
2	1.0	60.4	59.4	0.26	0.06	38	4.3	60.4	56.2	0.09	0.02
3	1.2	60.4	59.3	0.26	0.06	40	4.4	60.4	56.0	0.14	0.03
4	1.3	60.4	59.1	0.26	0.06	42	4.5	60.4	55.9	0.09	0.02
5	1.4	60.4	59.0	0.17	0.04	44	4.6	60.4	55.8	0.09	0.02
6	1.6	60.4	58.9	0.26	0.06	46	4.7	60.4	55.7	0.09	0.02
7	1.7	60.4	58.8	0.17	0.04	48	4.9	60.4	55.6	0.14	0.03
8	1.8	60.4	58.7	0.17	0.04	50	5.0	60.4	55.4	0.14	0.03
9	1.9	60.4	58.6	0.17	0.04	52	5.1	60.4	55.3	0.09	0.02
10	2.0	60.4	58.4	0.26	0.06	54	5.2	60.4	55.2	0.09	0.02
11	2.2	60.4	58.3	0.26	0.06	56	5.3	60.4	55.1	0.09	0.02
12	2.3	60.4	58.1	0.26	0.06	58	5.4	60.4	55.0	0.09	0.02
13	2.4	60.4	58.0	0.18	0.04	60	5.5	60.4	55.0	0.05	0.01
14	2.5	60.4	57.9	0.18	0.04	65	5.7	60.4	54.8	0.07	0.02
15	2.6	60.4	57.8	0.18	0.04	70	5.9	60.4	54.6	0.07	0.02
16	2.7	60.4	57.7	0.18	0.04	75	6.0	60.4	54.4	0.06	0.01
17	2.8	60.4	57.6	0.18	0.04	80	6.2	60.4	54.2	0.07	0.02
18	2.9	60.4	57.5	0.18	0.04	85	6.4	60.4	54.0	0.08	0.02
19	3.0	60.4	57.4	0.18	0.04	90	6.6	60.4	53.9	0.06	0.01
20	3.1	60.4	57.3	0.18	0.04	95	6.7	60.4	53.7	0.06	0.01
22	3.3	60.4	57.2	0.13	0.03	100	6.9	60.4	53.6	0.06	0.01
24	3.4	60.4	57.0	0.13	0.03	105	7.0	60.4	53.5	0.04	0.01
26	3.6	60.4	56.9	0.13	0.03	110	7.1	60.4	53.3	0.06	0.01
28	3.7	60.4	56.7	0.13	0.03	115	7.3	60.4	53.2	0.06	0.01
30	3.9	60.4	56.6	0.13	0.03	120	7.4	60.4	53.0	0.06	0.01
32	4.0	60.4	56.5	0.09	0.02						

Velocidad de infiltración vs. tiempo de la unidad de mapeo 8.

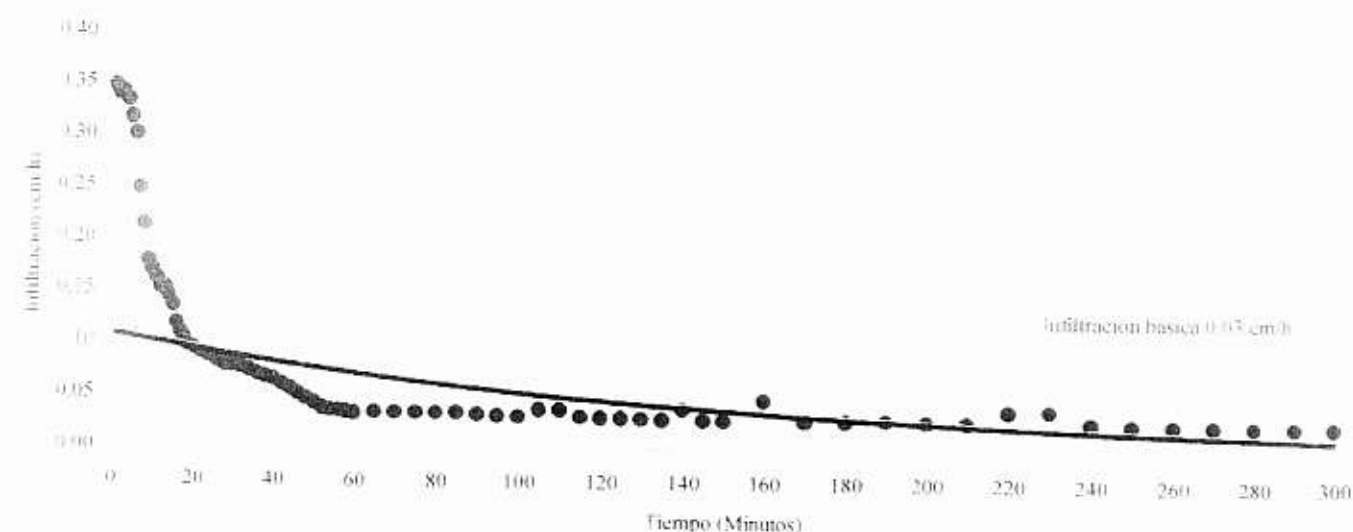


Unidad de mapco 9. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
756830	1652703	1263	20/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.0	60.0	59.0	0.00	0.00	54	4.5	60.0	55.5	0.03	0.01
1	1.2	60.0	58.8	0.35	0.08	56	4.5	60.0	55.5	0.03	0.01
2	1.4	60.0	58.6	0.34	0.08	58	4.5	60.0	55.5	0.03	0.01
3	1.6	60.0	58.4	0.34	0.08	60	4.6	60.0	55.4	0.03	0.01
4	1.8	60.0	58.2	0.33	0.08	65	4.7	60.0	55.3	0.03	0.01
5	2.0	60.0	58.0	0.32	0.08	70	4.8	60.0	55.2	0.03	0.01
6	2.1	60.0	57.9	0.30	0.07	75	4.8	60.0	55.2	0.03	0.01
7	2.3	60.0	57.7	0.25	0.06	80	4.9	60.0	55.1	0.03	0.01
8	2.4	60.0	57.6	0.21	0.05	85	5.0	60.0	55.0	0.03	0.01
9	2.5	60.0	57.5	0.18	0.04	90	5.1	60.0	54.9	0.03	0.01
10	2.6	60.0	57.4	0.17	0.04	95	5.2	60.0	54.8	0.03	0.01
11	2.7	60.0	57.3	0.16	0.04	100	5.3	60.0	54.7	0.03	0.01
12	2.8	60.0	57.2	0.15	0.04	105	5.4	60.0	54.6	0.04	0.01
13	2.8	60.0	57.2	0.15	0.04	110	5.5	60.0	54.5	0.04	0.01
14	2.9	60.0	57.1	0.14	0.03	115	5.6	60.0	54.4	0.03	0.01
15	3.0	60.0	57.0	0.13	0.03	120	5.6	60.0	54.4	0.03	0.01
16	3.1	60.0	56.9	0.12	0.03	125	5.7	60.0	54.3	0.03	0.01
17	3.1	60.0	56.9	0.11	0.03	130	5.8	60.0	54.2	0.03	0.01
18	3.2	60.0	56.8	0.10	0.02	135	5.9	60.0	54.1	0.03	0.01
19	3.2	60.0	56.8	0.10	0.02	140	6.0	60.0	54.0	0.04	0.01
20	3.3	60.0	56.7	0.09	0.02	145	6.0	60.0	54.0	0.03	0.01
22	3.4	60.0	56.6	0.09	0.02	150	6.1	60.0	53.9	0.03	0.01
24	3.5	60.0	56.5	0.09	0.02	160	6.3	60.0	53.7	0.05	0.01
26	3.6	60.0	56.4	0.08	0.02	170	6.5	60.0	53.5	0.03	0.01
28	3.7	60.0	56.3	0.08	0.02	180	6.6	60.0	53.4	0.03	0.01
30	3.7	60.0	56.3	0.08	0.02	190	6.8	60.0	53.2	0.03	0.01
32	3.8	60.0	56.2	0.07	0.02	200	6.9	60.0	53.1	0.03	0.01
34	3.9	60.0	56.1	0.07	0.02	210	7.1	60.0	52.9	0.03	0.01
36	4.0	60.0	56.0	0.07	0.02	220	7.3	60.0	52.7	0.04	0.01
38	4.1	60.0	55.9	0.07	0.02	230	7.5	60.0	52.5	0.04	0.01
40	4.1	60.0	55.9	0.06	0.02	240	7.6	60.0	52.4	0.03	0.01
42	4.2	60.0	55.8	0.06	0.01	250	7.7	60.0	52.3	0.03	0.01
44	4.2	60.0	55.8	0.05	0.01	260	7.9	60.0	52.1	0.03	0.01
46	4.3	60.0	55.7	0.05	0.01	270	8.0	60.0	52.0	0.03	0.01
48	4.4	60.0	55.6	0.05	0.01	280	8.1	60.0	51.9	0.03	0.01
50	4.4	60.0	55.6	0.04	0.01	290	8.2	60.0	51.8	0.03	0.01
52	4.4	60.0	55.6	0.04	0.01	300	8.4	60.0	51.6	0.03	0.01

Velocidad de infiltración vrs. tiempo de la unidad de mapco 9.

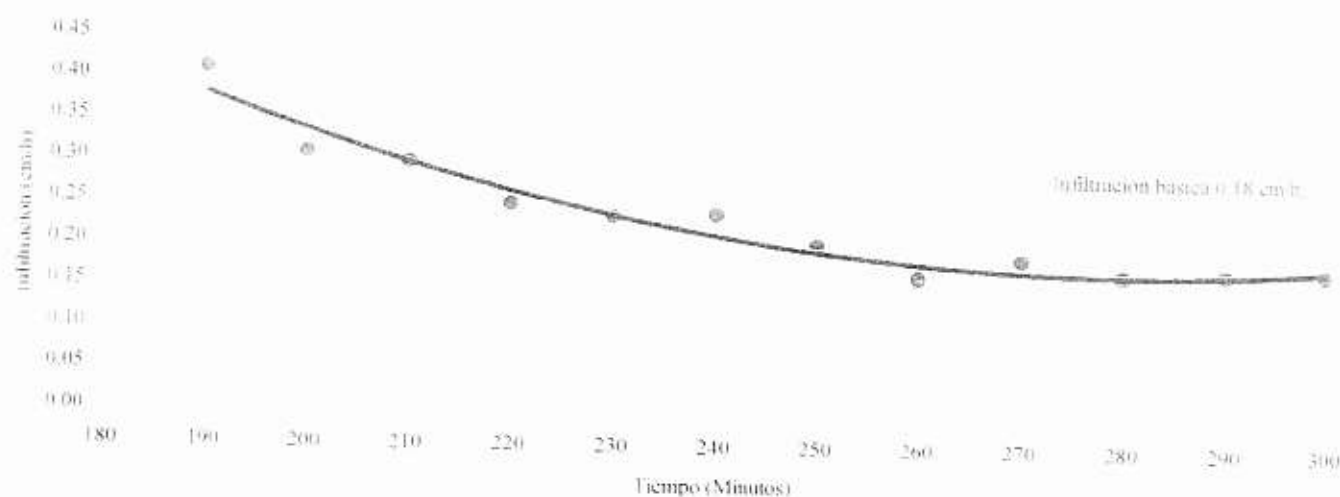


Unidad de mapeo 10. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
756242	1651359	1251	06/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	0.8	60.0	59.2	0.00	0.00	56	12.3	60.0	47.7	0.32	0.08
1	1.2	60.0	58.8	0.69	0.17	58	12.5	60.0	47.5	0.21	0.05
2	1.6	60.0	58.4	0.70	0.17	60	12.8	60.0	47.2	0.32	0.08
3	2.0	60.0	58.0	0.70	0.17	65	13.4	60.0	46.6	0.26	0.06
4	2.4	60.0	57.6	0.71	0.17	70	13.9	60.0	46.1	0.22	0.05
5	2.8	60.0	57.2	0.71	0.17	75	14.5	60.0	45.5	0.26	0.06
6	3.2	60.0	56.8	0.71	0.17	80	15.0	60.0	45.0	0.22	0.05
7	3.5	60.0	56.5	0.54	0.13	85	15.4	60.0	44.6	0.18	0.04
8	3.8	60.0	56.2	0.54	0.13	90	15.8	60.0	44.2	0.18	0.04
9	4.1	60.0	55.9	0.54	0.13	91	0.7	60.0	59.3	0.00	0.00
10	4.3	60.0	55.7	0.36	0.09	95	2.3	60.0	57.7	0.70	0.17
11	4.6	60.0	55.4	0.55	0.13	100	3.5	60.0	56.5	0.43	0.10
12	4.9	60.0	55.1	0.55	0.13	105	4.6	60.0	55.4	0.40	0.10
13	5.1	60.0	54.9	0.37	0.09	110	5.5	60.0	54.5	0.33	0.08
14	5.3	60.0	54.7	0.37	0.09	115	6.4	60.0	53.6	0.34	0.08
15	5.5	60.0	54.5	0.37	0.09	120	7.2	60.0	52.8	0.31	0.07
16	5.8	60.0	54.2	0.56	0.13	125	7.9	60.0	52.1	0.27	0.07
17	6.0	60.0	54.0	0.38	0.09	130	8.6	60.0	51.4	0.27	0.07
18	6.2	60.0	53.8	0.38	0.09	135	9.2	60.0	50.8	0.24	0.06
19	6.4	60.0	53.6	0.38	0.09	140	9.9	60.0	50.1	0.28	0.07
20	6.6	60.0	53.4	0.38	0.09	145	10.5	60.0	49.5	0.24	0.06
22	7.0	60.0	53.0	0.38	0.09	150	11.1	60.0	48.9	0.25	0.06
24	7.4	60.0	52.6	0.38	0.09	160	12.3	60.0	47.7	0.25	0.06
26	7.8	60.0	52.2	0.39	0.09	170	13.3	60.0	46.7	0.21	0.05
28	8.1	60.0	51.9	0.29	0.07	180	14.1	60.0	45.9	0.17	0.04
30	8.4	60.0	51.6	0.29	0.07	181	0.6	60.0	59.4	0.00	0.00
32	8.7	60.0	51.3	0.30	0.07	190	2.7	60.0	57.3	0.41	0.10
34	9.0	60.0	51.0	0.30	0.07	200	4.4	60.0	55.6	0.31	0.07
36	9.3	60.0	50.7	0.30	0.07	210	6.0	60.0	54.0	0.30	0.07
38	9.7	60.0	50.4	0.35	0.08	220	7.3	60.0	52.7	0.25	0.06
40	10.0	60.0	50.0	0.35	0.08	230	8.5	60.0	51.5	0.23	0.06
42	10.3	60.0	49.7	0.31	0.07	240	9.7	60.0	50.3	0.24	0.06
44	10.6	60.0	49.4	0.31	0.07	250	10.7	60.0	49.3	0.20	0.05
46	10.9	60.0	49.1	0.31	0.07	260	11.5	60.0	48.5	0.17	0.04
48	11.2	60.0	48.8	0.31	0.07	270	12.4	60.0	47.6	0.19	0.05
50	11.5	60.0	48.5	0.31	0.08	280	13.2	60.0	46.8	0.17	0.04
52	11.7	60.0	48.3	0.21	0.05	290	14.0	60.0	46.0	0.17	0.04
54	12.0	60.0	48.0	0.32	0.08	300	14.8	60.0	45.2	0.18	0.04

Velocidad de infiltración vs. tiempo de la unidad de mapeo 10.

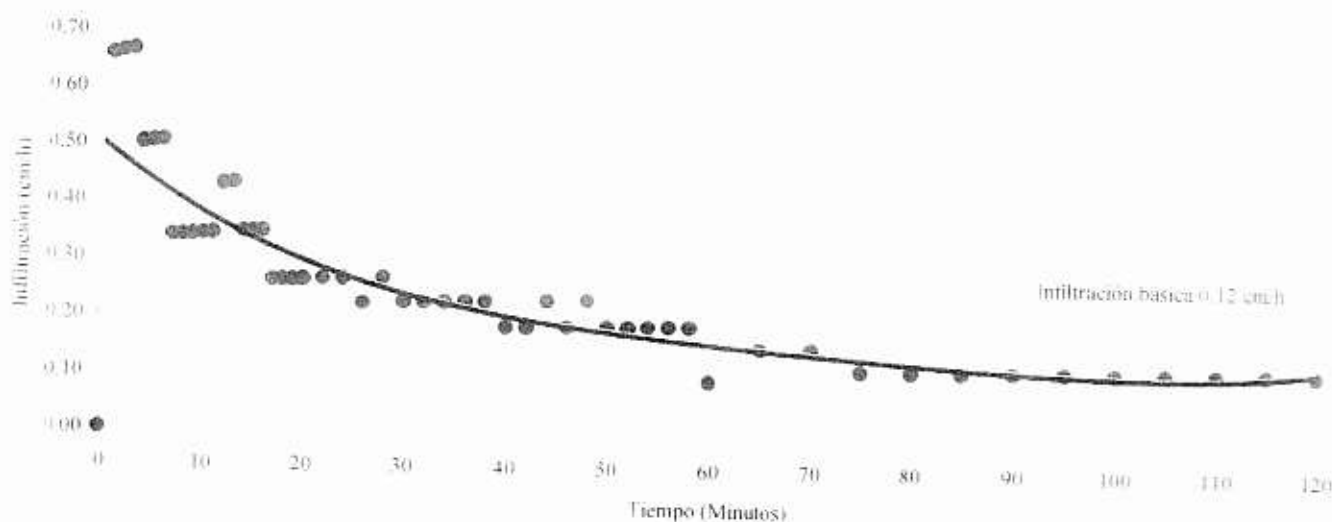


Unidad de mapeo 10. Prueba de infiltración 2

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
755880	1651769	1187	06/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	0.6	62.9	62.3	0.00	0.00	34	7.3	62.9	55.6	0.23	0.05
1	1.0	62.9	61.9	0.66	0.16	36	7.6	62.9	55.4	0.23	0.06
2	1.4	62.9	61.5	0.66	0.16	38	7.8	62.9	55.1	0.23	0.06
3	1.8	62.9	61.1	0.67	0.16	40	8.0	62.9	54.9	0.19	0.04
4	2.1	62.9	60.8	0.50	0.12	42	8.2	62.9	54.7	0.19	0.04
5	2.4	62.9	60.5	0.50	0.12	44	8.5	62.9	54.5	0.23	0.06
6	2.7	62.9	60.2	0.51	0.12	46	8.7	62.9	54.3	0.19	0.04
7	2.9	62.9	60.0	0.34	0.08	48	8.9	62.9	54.0	0.23	0.06
8	3.1	62.9	59.8	0.34	0.08	50	9.1	62.9	53.8	0.19	0.05
9	3.3	62.9	59.6	0.34	0.08	52	9.3	62.9	53.6	0.19	0.05
10	3.5	62.9	59.4	0.34	0.08	54	9.5	62.9	53.4	0.19	0.05
11	3.7	62.9	59.2	0.34	0.08	56	9.7	62.9	53.2	0.19	0.05
12	4.0	62.9	59.0	0.43	0.10	58	9.9	62.9	53.0	0.19	0.05
13	4.2	62.9	58.7	0.43	0.10	60	10.0	62.9	52.9	0.10	0.02
14	4.4	62.9	58.5	0.35	0.08	65	10.4	62.9	52.5	0.15	0.04
15	4.6	62.9	58.3	0.35	0.08	70	10.8	62.9	52.1	0.16	0.04
16	4.8	62.9	58.1	0.35	0.08	75	11.1	62.9	51.8	0.12	0.03
17	5.0	62.9	58.0	0.26	0.06	80	11.4	62.9	51.5	0.12	0.03
18	5.1	62.9	57.8	0.26	0.06	85	11.7	62.9	51.2	0.12	0.03
19	5.3	62.9	57.7	0.26	0.06	90	12.0	62.9	50.9	0.12	0.03
20	5.4	62.9	57.5	0.27	0.06	95	12.3	62.9	50.6	0.12	0.03
22	5.7	62.9	57.2	0.27	0.06	100	12.6	62.9	50.3	0.12	0.03
24	6.0	62.9	56.9	0.27	0.06	105	12.9	62.9	50.0	0.12	0.03
26	6.3	62.9	56.7	0.22	0.05	110	13.2	62.9	49.7	0.12	0.03
28	6.6	62.9	56.4	0.27	0.06	115	13.5	62.9	49.4	0.12	0.03
30	6.8	62.9	56.1	0.23	0.05	120	13.8	62.9	49.1	0.12	0.03
32	7.1	62.9	55.9	0.23	0.05						

Velocidad de infiltración vrs. tiempo de la unidad de mapeo 10.

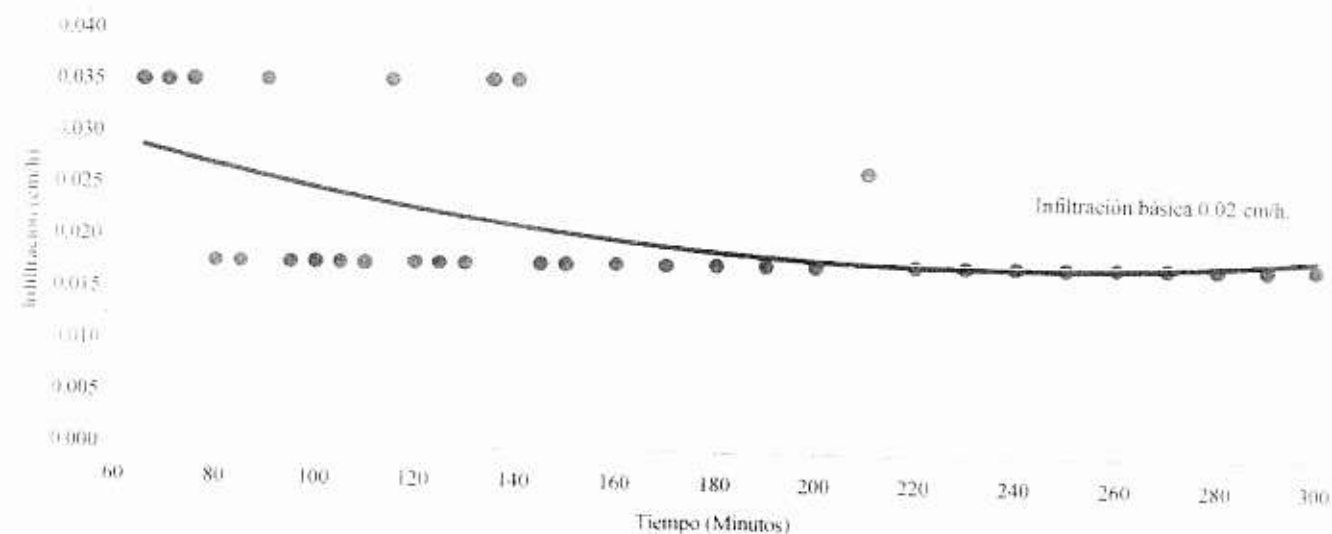


Unidad de mapeo 11. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
754746	1652002	1259	28/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.0	61.5	60.5	0.00	0.00	54	3.0	61.5	58.5	0.04	0.01
1	1.1	61.5	60.4	0.17	0.04	56	3.1	61.5	58.5	0.04	0.01
2	1.2	61.5	60.4	0.08	0.02	58	3.1	61.5	58.4	0.02	0.01
3	1.2	61.5	60.3	0.08	0.02	60	3.1	61.5	58.4	0.02	0.01
4	1.3	61.5	60.3	0.08	0.02	65	3.2	61.5	58.3	0.03	0.01
5	1.3	61.5	60.2	0.08	0.02	70	3.3	61.5	58.2	0.04	0.01
6	1.4	61.5	60.2	0.08	0.02	75	3.4	61.5	58.1	0.04	0.01
7	1.4	61.5	60.1	0.08	0.02	80	3.5	61.5	58.1	0.02	0.00
8	1.5	61.5	60.1	0.08	0.02	85	3.5	61.5	58.0	0.02	0.00
9	1.5	61.5	60.0	0.08	0.02	90	3.6	61.5	57.9	0.04	0.01
10	1.6	61.5	60.0	0.09	0.02	95	3.7	61.5	57.9	0.02	0.00
11	1.6	61.5	59.9	0.09	0.02	100	3.7	61.5	57.8	0.02	0.00
12	1.7	61.5	59.9	0.09	0.02	105	3.8	61.5	57.8	0.02	0.00
13	1.7	61.5	59.8	0.04	0.01	110	3.8	61.5	57.7	0.02	0.00
14	1.7	61.5	59.8	0.04	0.01	115	3.9	61.5	57.6	0.04	0.01
15	1.8	61.5	59.8	0.09	0.02	120	4.0	61.5	57.6	0.02	0.00
16	1.8	61.5	59.7	0.04	0.01	125	4.0	61.5	57.5	0.02	0.00
17	1.8	61.5	59.7	0.04	0.01	130	4.1	61.5	57.5	0.02	0.00
18	1.9	61.5	59.7	0.09	0.02	135	4.2	61.5	57.4	0.04	0.01
19	1.9	61.5	59.6	0.09	0.02	140	4.3	61.5	57.3	0.04	0.01
20	1.9	61.5	59.6	0.04	0.01	145	4.3	61.5	57.2	0.02	0.00
22	2.0	61.5	59.5	0.06	0.02	150	4.4	61.5	57.2	0.02	0.00
24	2.1	61.5	59.4	0.09	0.02	160	4.5	61.5	57.1	0.02	0.00
26	2.2	61.5	59.3	0.09	0.02	170	4.6	61.5	57.0	0.02	0.00
28	2.3	61.5	59.3	0.04	0.01	180	4.7	61.5	56.9	0.02	0.00
30	2.4	61.5	59.2	0.09	0.02	190	4.8	61.5	56.8	0.02	0.00
32	2.4	61.5	59.1	0.04	0.01	200	4.9	61.5	56.7	0.02	0.00
34	2.5	61.5	59.1	0.04	0.01	210	5.0	61.5	56.5	0.03	0.01
36	2.5	61.5	59.0	0.04	0.01	220	5.1	61.5	56.4	0.02	0.00
38	2.6	61.5	59.0	0.04	0.01	230	5.2	61.5	56.3	0.02	0.00
40	2.6	61.5	58.9	0.04	0.01	240	5.3	61.5	56.2	0.02	0.00
42	2.7	61.5	58.8	0.06	0.02	250	5.4	61.5	56.1	0.02	0.00
44	2.8	61.5	58.8	0.07	0.02	260	5.5	61.5	56.0	0.02	0.00
46	2.8	61.5	58.7	0.04	0.01	270	5.6	61.5	55.9	0.02	0.00
48	2.9	61.5	58.7	0.04	0.01	280	5.7	61.5	55.8	0.02	0.00
50	2.9	61.5	58.6	0.04	0.01	290	5.8	61.5	55.7	0.02	0.00
52	3.0	61.5	58.6	0.04	0.01	300	5.9	61.5	55.6	0.02	0.00

Velocidad de infiltración vrs. tiempo de la unidad de mapeo 11.

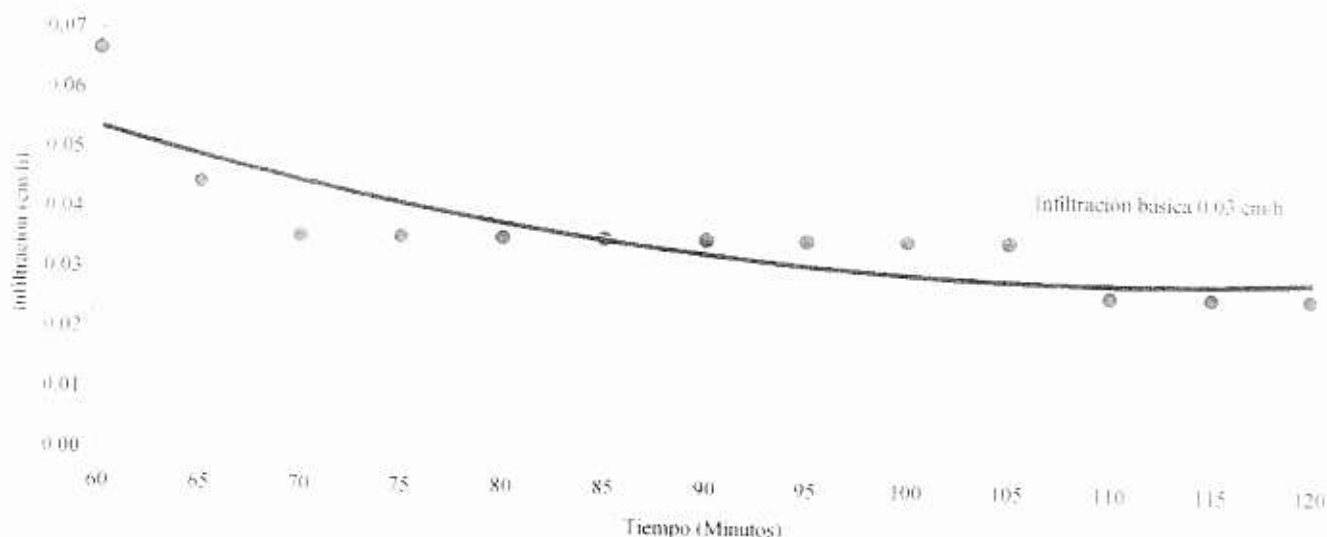


Unidad de mapeo 11. Prueba de infiltración 2

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
754881	1652182	1277	28/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	0.5	60.5	60.0	0.00	0.00	34	2.2	60.5	58.3	0.04	0.01
1	0.6	60.5	59.9	0.17	0.04	36	2.3	60.5	58.3	0.04	0.01
2	0.7	60.5	59.8	0.17	0.04	38	2.3	60.5	58.2	0.04	0.01
3	0.8	60.5	59.7	0.13	0.03	40	2.4	60.5	58.1	0.07	0.02
4	0.9	60.5	59.7	0.13	0.03	42	2.5	60.5	58.1	0.07	0.02
5	1.0	60.5	59.6	0.17	0.04	44	2.5	60.5	58.0	0.04	0.01
6	1.1	60.5	59.5	0.17	0.04	46	2.6	60.5	57.9	0.07	0.02
7	1.2	60.5	59.4	0.17	0.04	48	2.7	60.5	57.9	0.07	0.02
8	1.2	60.5	59.3	0.09	0.02	50	2.7	60.5	57.8	0.04	0.01
9	1.3	60.5	59.3	0.09	0.02	52	2.8	60.5	57.8	0.04	0.01
10	1.3	60.5	59.2	0.09	0.02	54	2.8	60.5	57.7	0.04	0.01
11	1.3	60.5	59.2	0.04	0.01	56	2.9	60.5	57.7	0.04	0.01
12	1.4	60.5	59.2	0.04	0.01	58	2.9	60.5	57.6	0.04	0.01
13	1.4	60.5	59.1	0.04	0.01	60	3.0	60.5	57.5	0.07	0.02
14	1.4	60.5	59.1	0.04	0.01	65	3.1	60.5	57.4	0.04	0.01
15	1.5	60.5	59.1	0.09	0.02	70	3.2	60.5	57.3	0.04	0.01
16	1.5	60.5	59.0	0.09	0.02	75	3.3	60.5	57.2	0.04	0.01
17	1.6	60.5	59.0	0.09	0.02	80	3.4	60.5	57.1	0.04	0.01
18	1.6	60.5	58.9	0.09	0.02	85	3.5	60.5	57.0	0.04	0.01
19	1.7	60.5	58.9	0.09	0.02	90	3.6	60.5	56.9	0.04	0.01
20	1.7	60.5	58.8	0.09	0.02	95	3.7	60.5	56.8	0.04	0.01
22	1.8	60.5	58.7	0.09	0.02	100	3.8	60.5	56.7	0.04	0.01
24	1.9	60.5	58.6	0.07	0.02	105	3.9	60.5	56.6	0.04	0.01
26	2.0	60.5	58.6	0.07	0.02	110	4.0	60.5	56.5	0.03	0.01
28	2.0	60.5	58.5	0.04	0.01	115	4.1	60.5	56.5	0.03	0.01
30	2.1	60.5	58.4	0.07	0.02	120	4.1	60.5	56.4	0.03	0.01
32	2.2	60.5	58.4	0.07	0.02						

Velocidad de infiltración vs. tiempo de la unidad de mapeo 11.

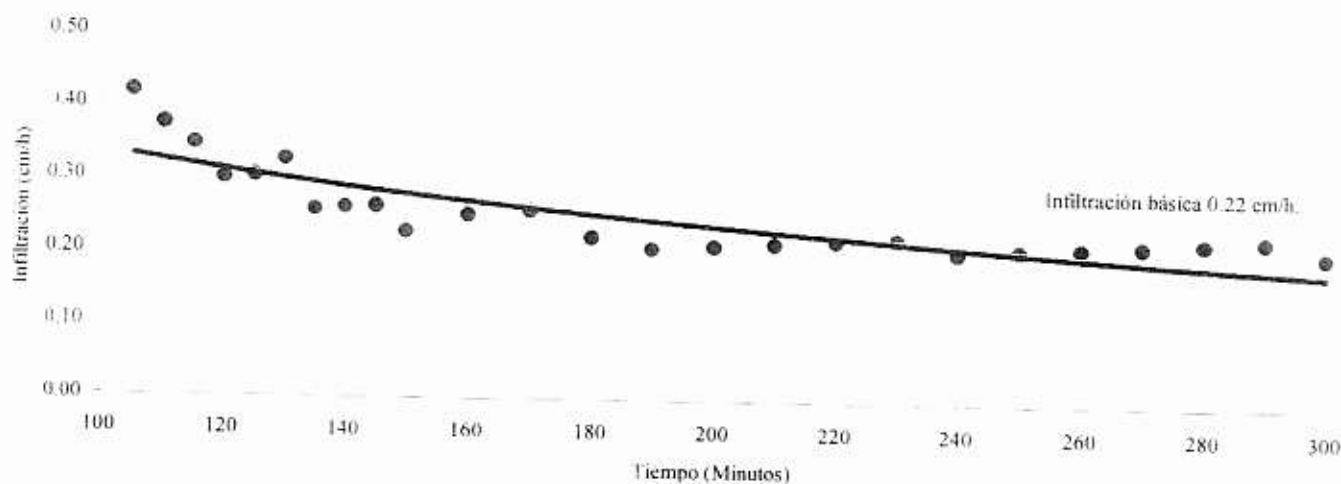


Unidad de mapeo 12. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
757798	1654480	1561	04/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	0.6	62.0	61.4	0.00	0.00	56	11.5	62.0	50.5	0.30	0.07
1	1.0	62.0	61.0	0.67	0.16	58	11.7	62.0	50.3	0.20	0.05
2	1.4	62.0	60.6	0.67	0.16	60	11.9	62.0	50.1	0.20	0.05
3	1.7	62.0	60.3	0.51	0.12	65	12.4	62.0	49.6	0.20	0.05
4	2.0	62.0	60.0	0.51	0.12	70	13.0	62.0	49.0	0.25	0.06
5	2.3	62.0	59.7	0.51	0.12	75	13.5	62.0	48.5	0.21	0.05
6	2.6	62.0	59.4	0.51	0.12	80	14.0	62.0	48.0	0.21	0.05
7	2.9	62.0	59.1	0.52	0.12	85	14.5	62.0	47.5	0.21	0.05
8	3.2	62.0	58.8	0.52	0.12	90	15.0	62.0	47.0	0.21	0.05
9	3.5	62.0	58.5	0.52	0.13	95	15.5	62.0	46.5	0.22	0.05
10	3.8	62.0	58.2	0.52	0.13	100	16.0	62.0	46.0	0.22	0.05
11	4.0	62.0	58.0	0.35	0.08	101	0.2	62.0	61.8	0.00	0.00
12	4.2	62.0	57.8	0.35	0.08	105	1.2	62.0	60.8	0.42	0.10
13	4.5	62.0	57.6	0.44	0.11	110	2.3	62.0	59.7	0.37	0.09
14	4.7	62.0	57.3	0.44	0.11	115	3.3	62.0	58.7	0.34	0.08
15	4.9	62.0	57.1	0.36	0.09	120	4.2	62.0	57.9	0.30	0.07
16	5.1	62.0	56.9	0.36	0.09	125	5.0	62.0	57.0	0.30	0.07
17	5.4	62.0	56.7	0.45	0.11	130	5.9	62.0	56.1	0.32	0.08
18	5.6	62.0	56.4	0.45	0.11	135	6.6	62.0	55.4	0.26	0.06
19	5.8	62.0	56.2	0.36	0.09	140	7.3	62.0	54.7	0.26	0.06
20	6.0	62.0	56.0	0.36	0.09	145	8.0	62.0	54.0	0.26	0.06
22	6.4	62.0	55.6	0.36	0.09	150	8.6	62.0	53.4	0.23	0.05
24	6.8	62.0	55.2	0.37	0.09	160	9.9	62.0	52.1	0.25	0.06
26	7.1	62.0	54.9	0.28	0.07	170	11.2	62.0	50.8	0.26	0.06
28	7.4	62.0	54.6	0.28	0.07	180	12.3	62.0	49.7	0.22	0.05
30	7.8	62.0	54.3	0.33	0.08	190	13.3	62.0	48.7	0.21	0.05
32	8.1	62.0	53.9	0.33	0.08	200	14.3	62.0	47.7	0.21	0.05
34	8.4	62.0	53.9	0.28	0.07	210	15.3	62.0	46.7	0.21	0.05
36	8.7	62.0	53.3	0.29	0.07	220	16.3	62.0	45.7	0.22	0.05
38	9.1	62.0	53.0	0.33	0.08	230	17.3	62.0	44.7	0.22	0.05
40	9.3	62.0	52.7	0.24	0.06	240	18.2	62.0	43.8	0.21	0.05
42	9.6	62.0	52.5	0.24	0.06	250	19.1	62.0	42.9	0.21	0.05
44	9.8	62.0	52.2	0.24	0.06	260	20.0	62.0	42.0	0.21	0.05
46	10.1	62.0	52.0	0.24	0.06	270	20.9	62.0	41.1	0.22	0.05
48	10.4	62.0	51.6	0.34	0.08	280	21.8	62.0	40.2	0.22	0.05
50	10.7	62.0	51.3	0.30	0.07	290	22.7	62.0	39.3	0.23	0.05
52	10.9	62.0	51.1	0.20	0.05	300	23.5	62.0	38.5	0.21	0.05
54	11.2	62.0	50.8	0.30	0.07						

Velocidad de infiltración vrs. tiempo de la unidad de mapeo 12.

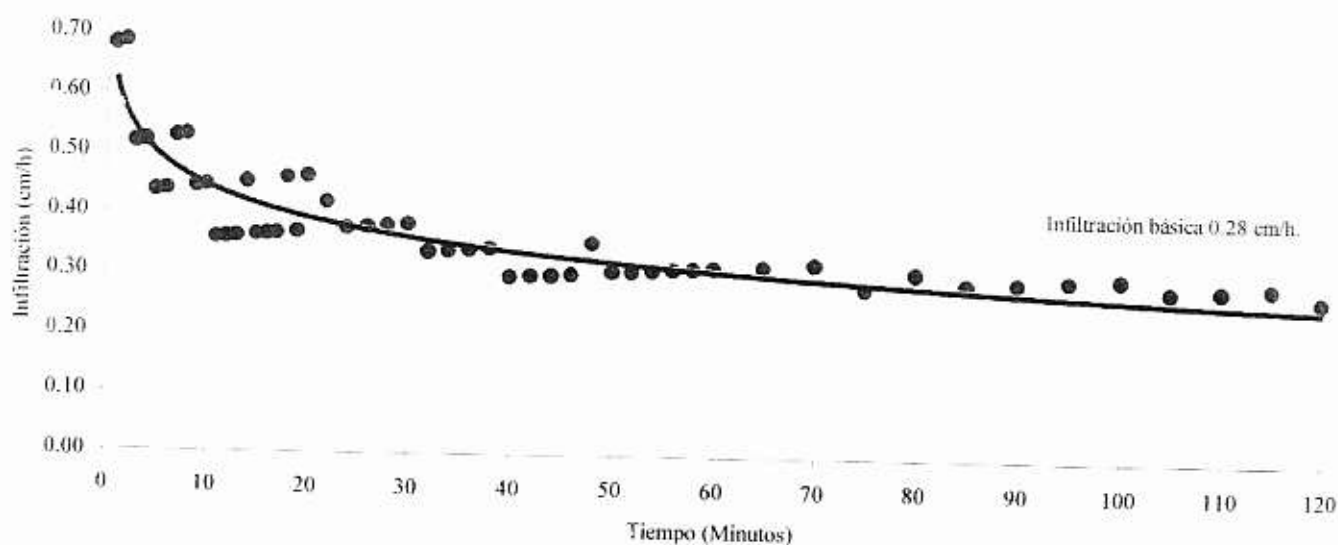


Unidad de mapeo 12. Prueba de infiltración 2

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
757269	1655005	1592	04/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	0.5	60.8	60.3	0.00	0.00	34	8.4	60.8	52.4	0.34	0.08
1	0.9	60.8	59.9	0.68	0.16	36	8.8	60.8	52.1	0.34	0.08
2	1.3	60.8	59.5	0.68	0.16	38	9.1	60.8	51.7	0.34	0.08
3	1.6	60.8	59.2	0.52	0.12	40	9.4	60.8	51.4	0.30	0.07
4	1.9	60.8	58.9	0.52	0.12	42	9.7	60.8	51.1	0.30	0.07
5	2.2	60.8	58.7	0.43	0.10	44	10.0	60.8	50.8	0.30	0.07
6	2.4	60.8	58.4	0.44	0.10	46	10.3	60.8	50.5	0.30	0.07
7	2.7	60.8	58.1	0.53	0.13	48	10.7	60.8	50.2	0.35	0.08
8	3.0	60.8	57.8	0.53	0.13	50	11.0	60.8	49.9	0.30	0.07
9	3.3	60.8	57.6	0.44	0.11	52	11.3	60.8	49.6	0.31	0.07
10	3.5	60.8	57.3	0.44	0.11	54	11.6	60.8	49.3	0.31	0.07
11	3.7	60.8	57.1	0.36	0.09	56	11.9	60.8	49.0	0.31	0.07
12	3.9	60.8	56.9	0.36	0.09	58	12.2	60.8	48.7	0.31	0.07
13	4.1	60.8	56.7	0.36	0.09	60	12.5	60.8	48.4	0.31	0.08
14	4.4	60.8	56.5	0.45	0.11	65	13.2	60.8	47.6	0.32	0.08
15	4.6	60.8	56.3	0.36	0.09	70	14.0	60.8	46.9	0.32	0.08
16	4.8	60.8	56.1	0.36	0.09	75	14.6	60.8	46.2	0.28	0.07
17	5.0	60.8	55.9	0.36	0.09	80	15.3	60.8	45.5	0.31	0.07
18	5.2	60.8	55.6	0.46	0.11	85	16.0	60.8	44.9	0.29	0.07
19	5.4	60.8	55.4	0.37	0.09	90	16.6	60.8	44.2	0.29	0.07
20	5.7	60.8	55.2	0.46	0.11	95	17.3	60.8	43.6	0.30	0.07
22	6.1	60.8	54.7	0.42	0.10	100	17.9	60.8	42.9	0.30	0.07
24	6.5	60.8	54.3	0.37	0.09	105	18.5	60.8	42.3	0.28	0.07
26	6.9	60.8	53.9	0.38	0.09	110	19.1	60.8	41.7	0.29	0.07
28	7.3	60.8	53.5	0.38	0.09	115	19.7	60.8	41.1	0.29	0.07
30	7.7	60.8	53.1	0.38	0.09	120	20.3	60.8	40.6	0.27	0.07
32	8.1	60.8	52.8	0.34	0.08						

Velocidad de infiltración vrs. tiempo de la unidad de mapeo 12.

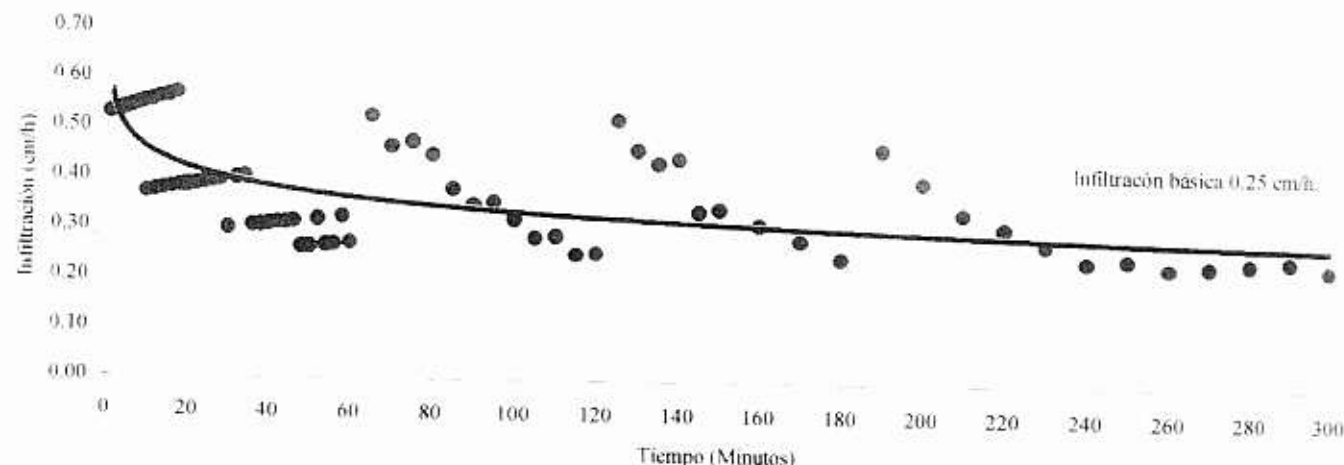


Unidad de mapeo 13. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
755610	1652881	1423	24/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	2.0	60.4	58.4	0.00	0.00	58	13.4	60.4	47.0	0.32	0.08
1	2.3	60.4	58.1	0.53	0.13	60	13.7	60.4	46.8	0.27	0.06
2	2.6	60.4	57.8	0.53	0.13	61	1.5	60.4	58.9	0.00	0.00
3	2.9	60.4	57.5	0.53	0.13	65	2.7	60.4	57.7	0.52	0.13
4	3.2	60.4	57.2	0.53	0.13	70	4.0	60.4	56.4	0.46	0.11
5	3.5	60.4	56.9	0.54	0.13	75	5.3	60.4	55.1	0.47	0.11
6	3.8	60.4	56.6	0.54	0.13	80	6.5	60.4	53.9	0.45	0.11
7	4.1	60.4	56.3	0.54	0.13	85	7.5	60.4	52.9	0.38	0.09
8	4.4	60.4	56.0	0.54	0.13	90	8.4	60.4	52.0	0.35	0.08
9	4.7	60.4	55.7	0.55	0.13	95	9.3	60.4	51.1	0.35	0.09
10	4.9	60.4	55.5	0.37	0.09	100	10.1	60.4	50.3	0.32	0.08
11	5.2	60.4	55.2	0.55	0.13	105	10.8	60.4	49.6	0.28	0.07
12	5.4	60.4	55.0	0.37	0.09	110	11.5	60.4	48.9	0.29	0.07
13	5.7	60.4	54.7	0.56	0.13	115	12.1	60.4	48.3	0.25	0.06
14	5.9	60.4	54.5	0.37	0.09	120	12.7	60.4	47.7	0.25	0.06
15	6.2	60.4	54.2	0.56	0.13	121	1.2	60.4	59.2	0.00	0.00
16	6.4	60.4	54.0	0.38	0.09	125	2.4	60.4	58.0	0.52	0.13
17	6.7	60.4	53.7	0.57	0.14	130	3.7	60.4	56.7	0.46	0.11
18	6.9	60.4	53.5	0.38	0.09	135	4.9	60.4	55.5	0.44	0.10
19	7.1	60.4	53.3	0.38	0.09	140	6.1	60.4	54.3	0.44	0.11
20	7.3	60.4	53.1	0.38	0.09	145	7.0	60.4	53.4	0.34	0.08
22	7.7	60.4	52.7	0.38	0.09	150	7.9	60.4	52.5	0.35	0.08
24	8.1	60.4	52.3	0.39	0.09	160	9.5	60.4	50.9	0.31	0.08
26	8.5	60.4	51.9	0.39	0.09	170	10.9	60.4	49.5	0.28	0.07
28	8.9	60.4	51.5	0.39	0.09	180	12.1	60.4	48.3	0.25	0.06
30	9.2	60.4	51.2	0.30	0.07	181	1.2	60.4	59.2	0.00	0.00
32	9.6	60.4	50.8	0.40	0.10	190	3.6	60.4	56.8	0.47	0.11
34	10.0	60.4	50.4	0.40	0.10	200	5.8	60.4	54.6	0.40	0.10
36	10.3	60.4	50.1	0.30	0.07	210	7.6	60.4	52.8	0.34	0.08
38	10.6	60.4	49.8	0.30	0.07	220	9.2	60.4	51.2	0.31	0.08
40	10.9	60.4	49.5	0.31	0.07	230	10.6	60.4	49.8	0.28	0.07
42	11.2	60.4	49.2	0.31	0.07	240	11.8	60.4	48.6	0.25	0.06
44	11.5	60.4	48.9	0.31	0.07	250	13.0	60.4	47.4	0.25	0.06
46	11.8	60.4	48.6	0.31	0.07	260	14.1	60.4	46.3	0.24	0.06
48	12.1	60.4	48.4	0.26	0.06	270	15.2	60.4	45.2	0.24	0.06
50	12.3	60.4	48.1	0.26	0.06	280	16.3	60.4	44.1	0.25	0.06
52	12.6	60.4	47.8	0.32	0.08	290	17.4	60.4	43.0	0.25	0.06
54	12.9	60.4	47.6	0.27	0.06	300	18.4	60.4	42.0	0.24	0.06
56	13.1	60.4	47.3	0.27	0.06						

Velocidad de infiltración vs. tiempo de la unidad de mapeo 13.

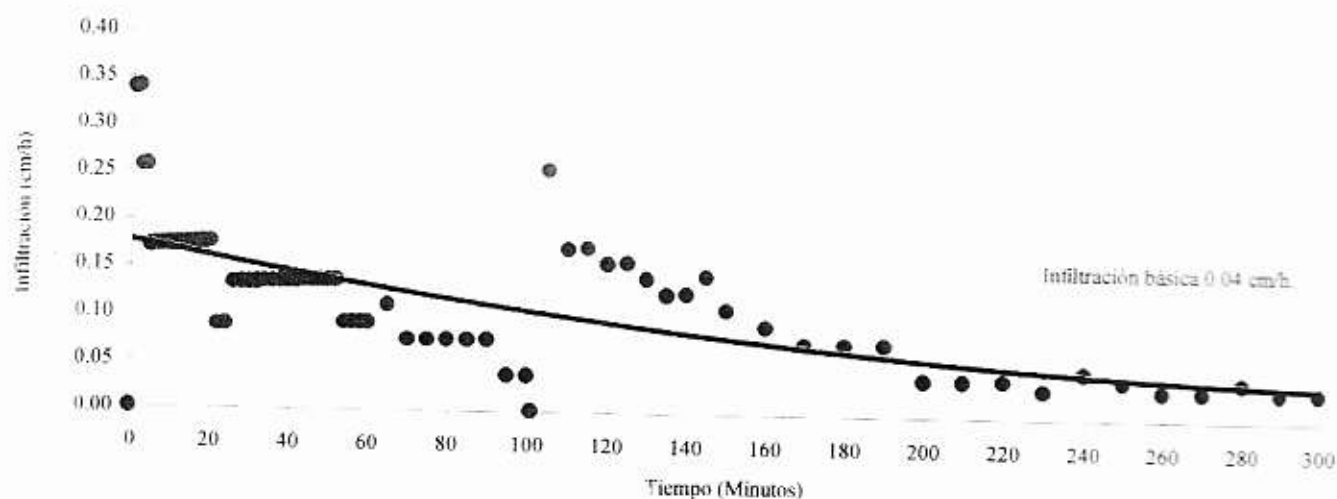


Unidad de mapeo 14. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
756279	1654130	1390	01/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.0	61.5	60.5	0.00	0.00	56	5.8	61.5	55.7	0.09	0.02
1	1.2	61.5	60.3	0.34	0.08	58	5.9	61.5	55.6	0.09	0.02
2	1.4	61.5	60.1	0.34	0.08	60	6.0	61.5	55.5	0.09	0.02
3	1.6	61.5	60.0	0.25	0.06	65	6.3	61.5	55.2	0.11	0.03
4	1.7	61.5	59.8	0.26	0.06	70	6.5	61.5	55.0	0.07	0.02
5	1.8	61.5	59.7	0.17	0.04	75	6.7	61.5	54.8	0.07	0.02
6	1.9	61.5	59.6	0.17	0.04	80	6.9	61.5	54.6	0.07	0.02
7	2.0	61.5	59.5	0.17	0.04	85	7.1	61.5	54.4	0.07	0.02
8	2.1	61.5	59.4	0.17	0.04	90	7.3	61.5	54.2	0.07	0.02
9	2.2	61.5	59.3	0.17	0.04	95	7.4	61.5	54.1	0.04	0.01
10	2.3	61.5	59.2	0.17	0.04	100	7.5	61.5	54.0	0.04	0.01
11	2.4	61.5	59.1	0.17	0.04	101	1.2	61.5	60.3	0.00	0.00
12	2.5	61.5	59.0	0.17	0.04	105	1.8	61.5	59.7	0.26	0.06
13	2.6	61.5	58.9	0.17	0.04	110	2.3	61.5	59.2	0.17	0.04
14	2.7	61.5	58.8	0.17	0.04	115	2.8	61.5	58.7	0.17	0.04
15	2.8	61.5	58.7	0.17	0.04	120	3.3	61.5	58.3	0.16	0.04
16	2.9	61.5	58.6	0.17	0.04	125	3.7	61.5	57.8	0.16	0.04
17	3.0	61.5	58.5	0.17	0.04	130	4.1	61.5	57.4	0.14	0.03
18	3.1	61.5	58.4	0.17	0.04	135	4.5	61.5	57.1	0.12	0.03
19	3.2	61.5	58.3	0.17	0.04	140	4.8	61.5	56.7	0.13	0.03
20	3.3	61.5	58.2	0.18	0.04	145	5.2	61.5	56.3	0.14	0.03
22	3.4	61.5	58.1	0.09	0.02	150	5.5	61.5	56.0	0.11	0.03
24	3.5	61.5	58.0	0.09	0.02	160	6.0	61.5	55.5	0.09	0.02
26	3.7	61.5	57.9	0.13	0.03	170	6.4	61.5	55.1	0.07	0.02
28	3.8	61.5	57.7	0.13	0.03	180	6.8	61.5	54.7	0.07	0.02
30	4.0	61.5	57.6	0.13	0.03	190	7.2	61.5	54.3	0.07	0.02
32	4.1	61.5	57.4	0.13	0.03	200	7.4	61.5	54.1	0.04	0.01
34	4.3	61.5	57.3	0.13	0.03	210	7.6	61.5	53.9	0.04	0.01
36	4.4	61.5	57.1	0.13	0.03	220	7.8	61.5	53.7	0.04	0.01
38	4.6	61.5	57.0	0.13	0.03	230	8.0	61.5	53.6	0.03	0.01
40	4.7	61.5	56.8	0.13	0.03	240	8.2	61.5	53.3	0.05	0.01
42	4.9	61.5	56.7	0.13	0.03	250	8.4	61.5	53.1	0.04	0.01
44	5.0	61.5	56.5	0.14	0.03	260	8.6	61.5	53.0	0.03	0.01
46	5.2	61.5	56.4	0.14	0.03	270	8.7	61.5	52.8	0.03	0.01
48	5.3	61.5	56.2	0.14	0.03	280	8.9	61.5	52.6	0.04	0.01
50	5.5	61.5	56.1	0.14	0.03	290	9.1	61.5	52.5	0.03	0.01
52	5.6	61.5	55.9	0.14	0.03	300	9.2	61.5	52.3	0.03	0.01
54	5.7	61.5	55.8	0.09	0.02						

Velocidad de infiltración vrs. tiempo de la unidad de mapeo 14.

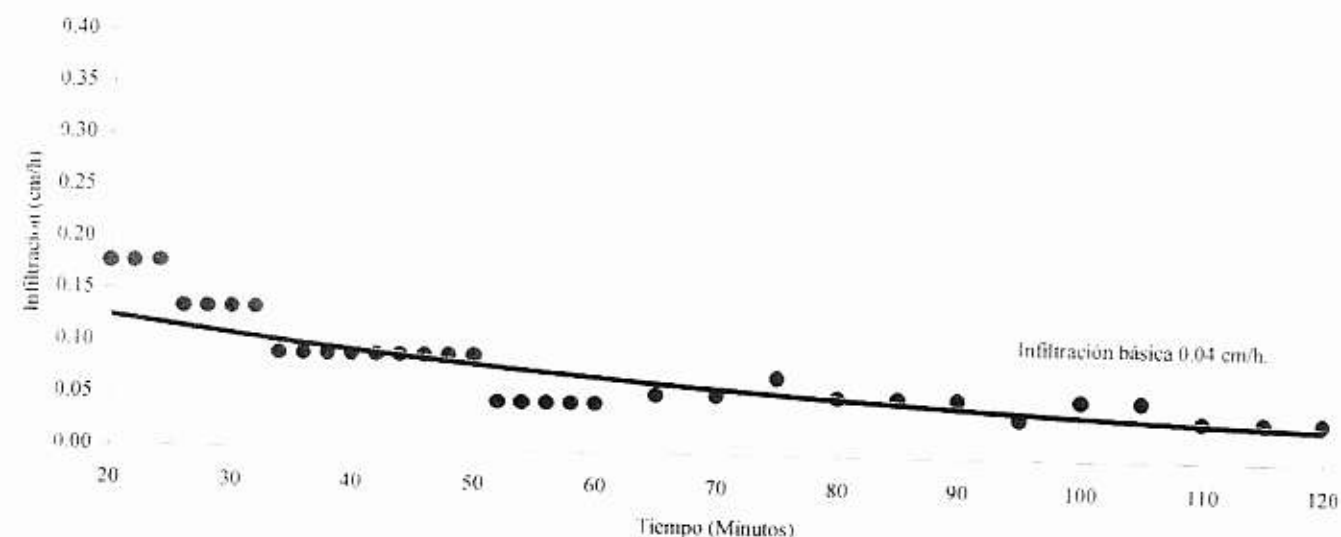


Unidad de mapeo 14. Prueba de infiltración 2

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
756298	1654481	1405	01/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	0.5	61.4	60.9	0.00	0.00	34	4.3	61.4	57.1	0.09	0.02
1	0.8	61.4	60.6	0.50	0.12	36	4.4	61.4	57.0	0.09	0.02
2	1.1	61.4	60.4	0.42	0.10	38	4.5	61.4	56.9	0.09	0.02
3	1.3	61.4	60.2	0.34	0.08	40	4.6	61.4	56.8	0.09	0.02
4	1.5	61.4	60.0	0.34	0.08	42	4.7	61.4	56.7	0.09	0.02
5	1.6	61.4	59.8	0.26	0.06	44	4.8	61.4	56.6	0.09	0.02
6	1.7	61.4	59.7	0.17	0.04	46	4.9	61.4	56.5	0.09	0.02
7	1.8	61.4	59.6	0.17	0.04	48	5.0	61.4	56.4	0.09	0.02
8	1.9	61.4	59.5	0.17	0.04	50	5.1	61.4	56.3	0.09	0.02
9	2.0	61.4	59.4	0.17	0.04	52	5.2	61.4	56.3	0.05	0.01
10	2.1	61.4	59.3	0.17	0.04	54	5.2	61.4	56.2	0.05	0.01
11	2.3	61.4	59.2	0.26	0.06	56	5.3	61.4	56.2	0.05	0.01
12	2.4	61.4	59.1	0.17	0.04	58	5.3	61.4	56.1	0.05	0.01
13	2.5	61.4	58.9	0.26	0.06	60	5.4	61.4	56.1	0.05	0.01
14	2.6	61.4	58.8	0.17	0.04	65	5.5	61.4	55.9	0.05	0.01
15	2.7	61.4	58.7	0.17	0.04	70	5.7	61.4	55.8	0.05	0.01
16	2.8	61.4	58.6	0.17	0.04	75	5.9	61.4	55.6	0.07	0.02
17	2.9	61.4	58.5	0.17	0.04	80	6.0	61.4	55.4	0.06	0.01
18	3.0	61.4	58.4	0.17	0.04	85	6.2	61.4	55.3	0.06	0.01
19	3.1	61.4	58.3	0.17	0.04	90	6.3	61.4	55.1	0.06	0.01
20	3.2	61.4	58.2	0.18	0.04	95	6.4	61.4	55.0	0.04	0.01
22	3.4	61.4	58.0	0.18	0.04	100	6.6	61.4	54.9	0.06	0.01
24	3.6	61.4	57.8	0.18	0.04	105	6.7	61.4	54.7	0.06	0.01
26	3.8	61.4	57.7	0.13	0.03	110	6.8	61.4	54.6	0.04	0.01
28	3.9	61.4	57.5	0.13	0.03	115	6.9	61.4	54.5	0.04	0.01
30	4.1	61.4	57.4	0.13	0.03	120	7.0	61.4	54.4	0.04	0.01
32	4.2	61.4	57.2	0.13	0.03						

Velocidad de infiltración vrs. tiempo de la unidad de mapeo 14.

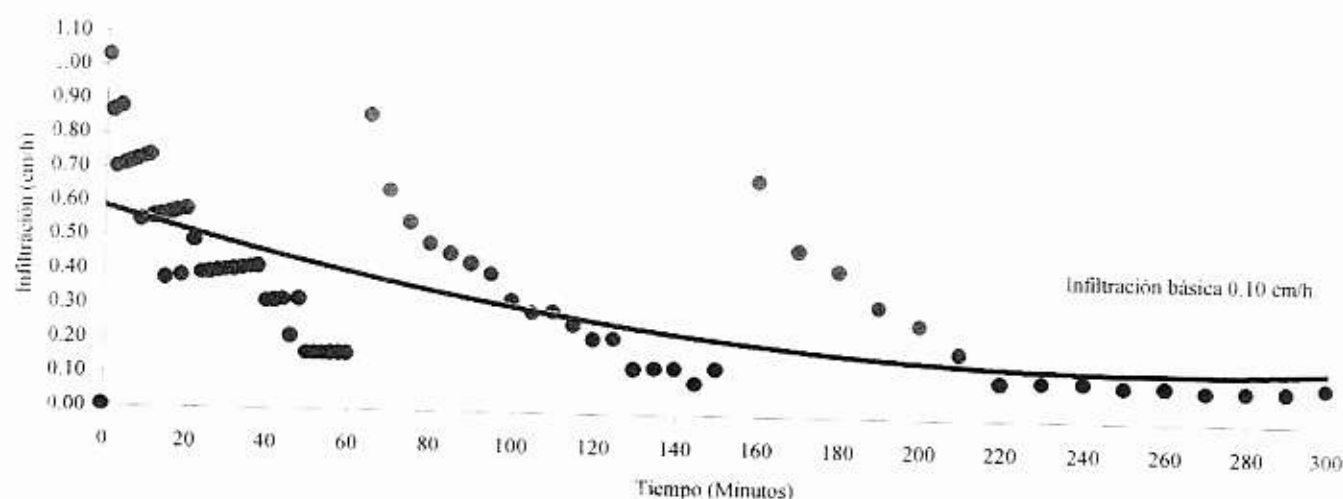


Unidad de mapeo 15. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
755073	1655997	1547	03/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	0.9	60.8	59.9	0.00	0.00	56	13.8	60.8	47.0	0.16	0.04
1	1.5	60.8	59.3	1.03	0.25	58	14.0	60.8	46.9	0.16	0.04
2	2.0	60.8	58.8	0.86	0.21	60	14.1	60.8	46.7	0.16	0.04
3	2.4	60.8	58.4	0.70	0.17	61	0.6	60.8	60.2	0.00	0.00
4	2.9	60.8	57.9	0.88	0.21	65	2.6	60.8	58.2	0.86	0.21
5	3.3	60.8	57.5	0.71	0.17	70	4.4	60.8	56.4	0.64	0.15
6	3.7	60.8	57.1	0.71	0.17	75	5.9	60.8	54.9	0.55	0.13
7	4.1	60.8	56.7	0.72	0.17	80	7.2	60.8	53.6	0.49	0.12
8	4.5	60.8	56.3	0.72	0.17	85	8.4	60.8	52.4	0.46	0.11
9	4.8	60.8	56.0	0.54	0.13	90	9.5	60.8	51.3	0.43	0.10
10	5.2	60.8	55.6	0.73	0.18	95	10.5	60.8	50.3	0.40	0.10
11	5.6	60.8	55.2	0.73	0.18	100	11.3	60.8	49.5	0.33	0.08
12	5.9	60.8	54.9	0.55	0.13	105	12.0	60.8	48.8	0.29	0.07
13	6.2	60.8	54.6	0.56	0.13	110	12.7	60.8	48.1	0.29	0.07
14	6.5	60.8	54.3	0.56	0.13	115	13.3	60.8	47.5	0.25	0.06
15	6.7	60.8	54.1	0.38	0.09	120	13.8	60.8	47.0	0.21	0.05
16	7.0	60.8	53.8	0.57	0.14	125	14.3	60.8	46.5	0.22	0.05
17	7.3	60.8	53.5	0.57	0.14	130	14.6	60.8	46.2	0.13	0.03
18	7.6	60.8	53.2	0.57	0.14	135	14.9	60.8	45.9	0.13	0.03
19	7.8	60.8	53.0	0.38	0.09	140	15.2	60.8	45.6	0.13	0.03
20	8.1	60.8	52.7	0.58	0.14	145	15.4	60.8	45.4	0.09	0.02
22	8.6	60.8	52.2	0.48	0.12	150	15.7	60.8	45.1	0.13	0.03
24	9.0	60.8	51.8	0.39	0.09	151	1.3	60.8	59.5	0.00	0.00
26	9.4	60.8	51.4	0.39	0.09	160	4.8	60.8	56.0	0.69	0.16
28	9.8	60.8	51.0	0.40	0.10	170	7.4	60.8	53.4	0.48	0.12
30	10.2	60.8	50.6	0.40	0.10	180	9.6	60.8	51.2	0.43	0.10
32	10.6	60.8	50.2	0.40	0.10	190	11.2	60.8	49.6	0.32	0.08
34	11.0	60.8	49.8	0.41	0.10	200	12.5	60.8	48.3	0.27	0.06
36	11.4	60.8	49.4	0.41	0.10	210	13.4	60.8	47.4	0.19	0.05
38	11.8	60.8	49.0	0.41	0.10	220	13.9	60.8	46.9	0.11	0.03
40	12.1	60.8	48.7	0.31	0.07	230	14.4	60.8	46.4	0.11	0.03
42	12.4	60.8	48.4	0.31	0.08	240	14.9	60.8	45.9	0.11	0.03
44	12.7	60.8	48.1	0.32	0.08	250	15.4	60.8	45.5	0.10	0.02
46	12.9	60.8	47.9	0.21	0.05	260	15.8	60.8	45.0	0.10	0.02
48	13.2	60.8	47.6	0.32	0.08	270	16.2	60.8	44.6	0.09	0.02
50	13.4	60.8	47.5	0.16	0.04	280	16.6	60.8	44.2	0.09	0.02
52	13.5	60.8	47.3	0.16	0.04	290	17.0	60.8	43.8	0.09	0.02
54	13.7	60.8	47.2	0.16	0.04	300	17.5	60.8	43.4	0.10	0.03

Velocidad de infiltración vrs. tiempo de la unidad de mapeo 15.

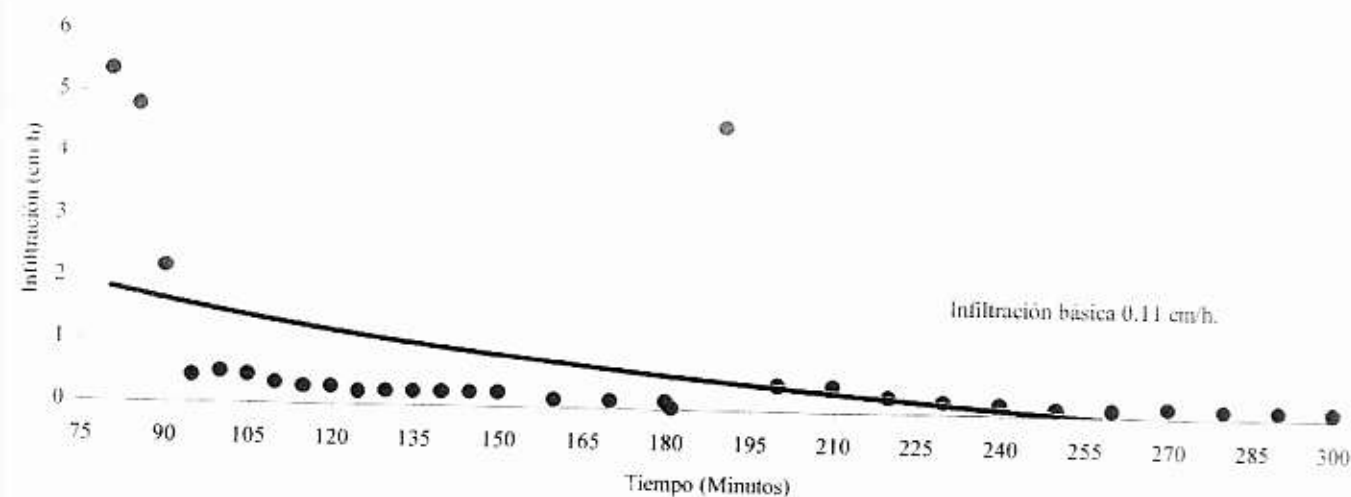


Unidad de mapeo 16. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
756727	1654723	1545	31/05/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	2.0	60.8	58.8	0.00	0.00	56	31.1	60.8	29.7	0.17	0.04
1	8.5	60.8	52.3	11.92	2.86	58	31.2	60.8	29.6	0.17	0.04
2	14.0	60.8	46.8	11.27	2.70	60	31.4	60.8	29.4	0.34	0.08
3	18.8	60.8	42.0	10.93	2.62	65	31.8	60.8	29.0	0.27	0.07
4	21.8	60.8	39.0	7.46	1.79	70	32.1	60.8	28.7	0.21	0.05
5	23.4	60.8	37.4	4.21	1.01	75	32.4	60.8	28.4	0.21	0.05
6	24.2	60.8	36.6	2.17	0.52	76	1.0	60.8	59.8	0.00	0.00
7	24.6	60.8	36.2	1.10	0.26	80	12.3	60.8	48.5	5.32	1.28
8	25.1	60.8	35.7	1.39	0.33	85	22.5	60.8	38.3	4.76	1.14
9	25.4	60.8	35.4	0.84	0.20	90	26.4	60.8	34.4	2.15	0.52
10	25.6	60.8	35.2	0.57	0.14	95	27.1	60.8	33.7	0.41	0.10
11	25.8	60.8	35.0	0.57	0.14	100	27.9	60.8	32.9	0.48	0.12
12	26.0	60.8	34.8	0.57	0.14	105	28.6	60.8	32.2	0.43	0.10
13	26.2	60.8	34.6	0.58	0.14	110	29.1	60.8	31.7	0.31	0.07
14	26.4	60.8	34.4	0.58	0.14	115	29.5	60.8	31.3	0.25	0.06
15	26.6	60.8	34.2	0.58	0.14	120	29.9	60.8	30.9	0.26	0.06
16	26.9	60.8	33.9	0.88	0.21	125	30.2	60.8	30.6	0.19	0.05
17	27.1	60.8	33.7	0.59	0.14	130	30.5	60.8	30.3	0.20	0.05
18	27.3	60.8	33.5	0.59	0.14	135	30.8	60.8	30.0	0.20	0.05
19	27.5	60.8	33.3	0.60	0.14	140	31.1	60.8	29.7	0.20	0.05
20	27.7	60.8	33.1	0.60	0.14	145	31.4	60.8	29.4	0.20	0.05
22	28.0	60.8	32.8	0.45	0.11	150	31.7	60.8	29.1	0.20	0.05
24	28.3	60.8	32.5	0.46	0.11	160	32.0	60.8	28.8	0.10	0.02
26	28.6	60.8	32.2	0.46	0.11	170	32.3	60.8	28.5	0.10	0.02
28	28.8	60.8	32.0	0.31	0.07	180	32.6	60.8	28.2	0.10	0.03
30	29.1	60.8	31.7	0.47	0.11	181	3.0	60.8	57.8	0.00	0.00
32	29.3	60.8	31.5	0.31	0.08	190	22.2	60.8	38.6	4.54	1.09
34	29.5	60.8	31.3	0.32	0.08	200	23.7	60.8	37.1	0.40	0.10
36	29.7	60.8	31.1	0.32	0.08	210	25.1	60.8	35.7	0.39	0.09
38	29.9	60.8	30.9	0.32	0.08	220	25.9	60.8	34.9	0.23	0.05
40	30.1	60.8	30.7	0.32	0.08	230	26.5	60.8	34.3	0.17	0.04
42	30.2	60.8	30.6	0.16	0.04	240	27.0	60.8	33.8	0.15	0.04
44	30.3	60.8	30.5	0.16	0.04	250	27.3	60.8	33.5	0.09	0.02
46	30.5	60.8	30.3	0.33	0.08	260	27.6	60.8	33.2	0.09	0.02
48	30.6	60.8	30.2	0.16	0.04	270	28.0	60.8	32.8	0.12	0.03
50	30.7	60.8	30.1	0.16	0.04	280	28.3	60.8	32.5	0.09	0.02
52	30.9	60.8	29.9	0.33	0.08	290	28.6	60.8	32.2	0.09	0.02
54	31.0	60.8	29.8	0.17	0.04	300	28.9	60.8	31.9	0.09	0.02

Velocidad de infiltración vs. tiempo de la unidad de mapeo 16.

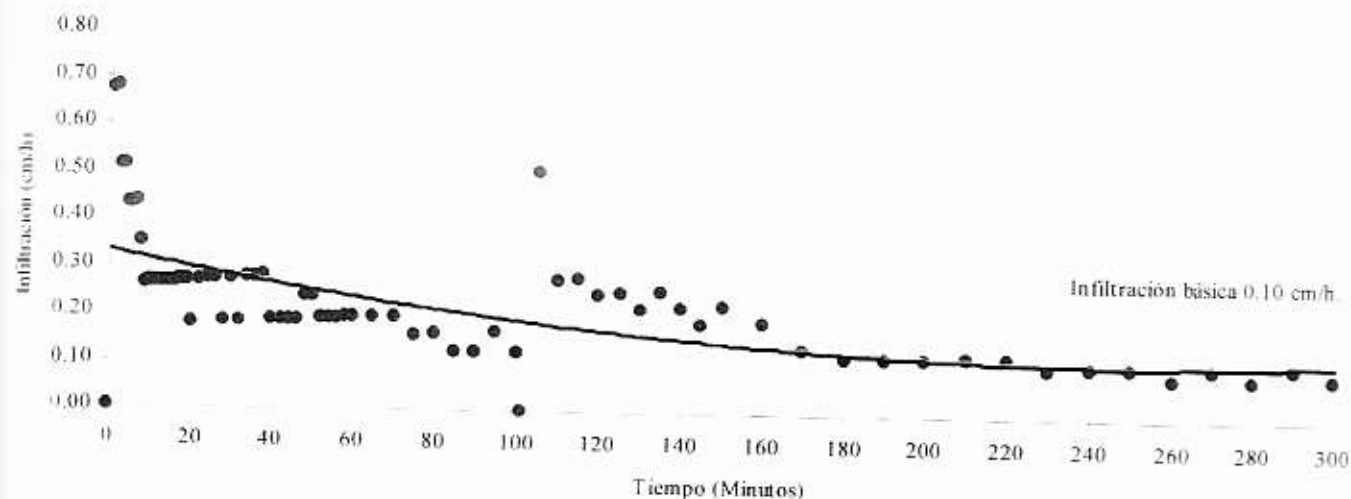


Unidad de mapeo 17. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
756691	1654251	1396	07/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.0	62.0	61.0	0.00	0.00	56	9.5	62.0	52.5	0.19	0.05
1	1.4	62.0	60.6	0.67	0.16	58	9.7	62.0	52.3	0.19	0.05
2	1.8	62.0	60.2	0.68	0.16	60	9.9	62.0	52.1	0.19	0.05
3	2.1	62.0	59.9	0.51	0.12	65	10.4	62.0	51.6	0.20	0.05
4	2.4	62.0	59.6	0.51	0.12	70	10.9	62.0	51.1	0.20	0.05
5	2.7	62.0	59.4	0.43	0.10	75	11.3	62.0	50.7	0.16	0.04
6	2.9	62.0	59.1	0.43	0.10	80	11.7	62.0	50.3	0.16	0.04
7	3.2	62.0	58.9	0.43	0.10	85	12.0	62.0	50.0	0.12	0.03
8	3.4	62.0	58.7	0.35	0.08	90	12.3	62.0	49.7	0.12	0.03
9	3.5	62.0	58.5	0.26	0.06	95	12.7	62.0	49.3	0.16	0.04
10	3.7	62.0	58.4	0.26	0.06	100	13.0	62.0	49.0	0.12	0.03
11	3.8	62.0	58.2	0.26	0.06	101	1.1	62.0	60.9	0.00	0.00
12	4.0	62.0	58.1	0.26	0.06	105	2.3	62.0	59.7	0.51	0.12
13	4.1	62.0	57.9	0.26	0.06	110	3.1	62.0	58.9	0.28	0.07
14	4.3	62.0	57.8	0.26	0.06	115	3.9	62.0	58.1	0.28	0.07
15	4.4	62.0	57.6	0.27	0.06	120	4.6	62.0	57.4	0.25	0.06
16	4.6	62.0	57.5	0.27	0.06	125	5.3	62.0	56.7	0.25	0.06
17	4.7	62.0	57.3	0.27	0.06	130	5.9	62.0	56.1	0.22	0.05
18	4.9	62.0	57.2	0.27	0.06	135	6.6	62.0	55.4	0.26	0.06
19	5.0	62.0	57.0	0.27	0.06	140	7.2	62.0	54.8	0.22	0.05
20	5.1	62.0	56.9	0.18	0.04	145	7.7	62.0	54.3	0.19	0.04
22	5.4	62.0	56.6	0.27	0.06	150	8.3	62.0	53.7	0.23	0.05
24	5.7	62.0	56.3	0.27	0.06	160	9.3	62.0	52.7	0.19	0.05
26	6.0	62.0	56.0	0.27	0.07	170	10.0	62.0	52.0	0.14	0.03
28	6.2	62.0	55.8	0.18	0.04	180	10.6	62.0	51.4	0.12	0.03
30	6.5	62.0	55.5	0.27	0.07	190	11.2	62.0	50.8	0.12	0.03
32	6.7	62.0	55.3	0.18	0.04	200	11.8	62.0	50.2	0.12	0.03
34	7.0	62.0	55.0	0.28	0.07	210	12.4	62.0	49.6	0.12	0.03
36	7.3	62.0	54.7	0.28	0.07	220	13.0	62.0	49.0	0.12	0.03
38	7.6	62.0	54.4	0.28	0.07	230	13.5	62.0	48.5	0.10	0.02
40	7.8	62.0	54.2	0.19	0.04	240	14.0	62.0	48.0	0.11	0.03
42	8.0	62.0	54.0	0.19	0.05	250	14.5	62.0	47.5	0.11	0.03
44	8.2	62.0	53.8	0.19	0.05	260	14.9	62.0	47.1	0.09	0.02
46	8.4	62.0	53.6	0.19	0.05	270	15.4	62.0	46.6	0.11	0.03
48	8.7	62.0	53.4	0.24	0.06	280	15.8	62.0	46.2	0.09	0.02
50	8.9	62.0	53.1	0.24	0.06	290	16.3	62.0	45.7	0.11	0.03
52	9.1	62.0	52.9	0.19	0.05	300	16.7	62.0	45.3	0.09	0.02
54	9.3	62.0	52.7	0.19	0.05						

Velocidad de infiltración vs. tiempo de la unidad de mapeo 17.

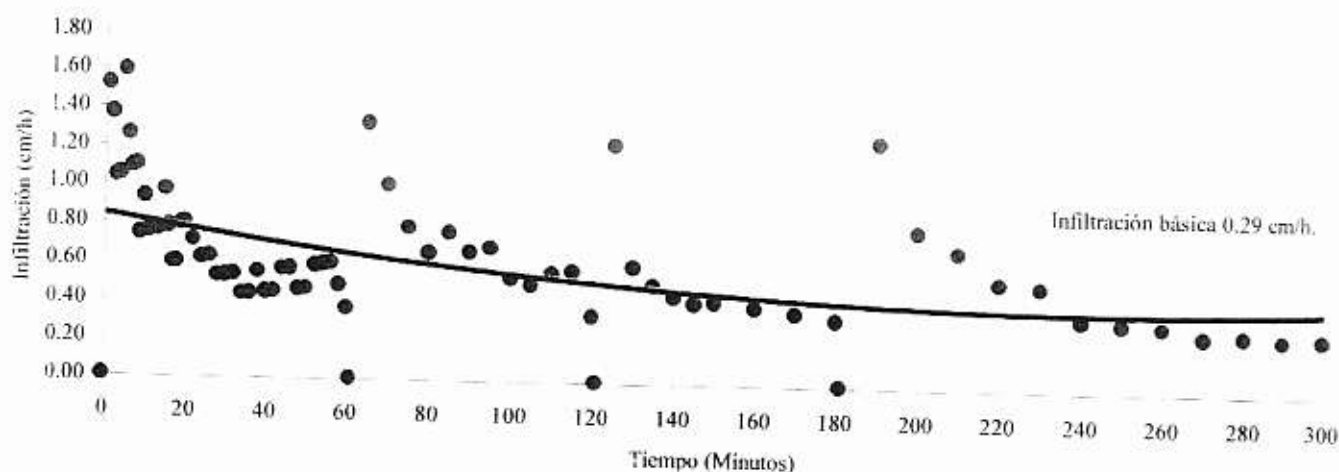


Unidad de mapeo 18. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
755395	1652445	1198	19/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.0	62.0	61.0	0.00	0.00	58	20.7	62.0	41.3	0.49	0.12
1	1.9	62.0	60.1	1.52	0.36	60	21.0	62.0	41.0	0.37	0.09
2	2.7	62.0	59.3	1.37	0.33	61	1.1	62.0	60.9	0.00	0.00
3	3.3	62.0	58.7	1.04	0.25	65	4.2	62.0	57.8	1.33	0.32
4	3.9	62.0	58.1	1.05	0.25	70	7.0	62.0	55.0	1.01	0.24
5	4.8	62.0	57.2	1.59	0.38	75	9.1	62.0	52.9	0.79	0.19
6	5.5	62.0	56.5	1.25	0.30	80	10.8	62.0	51.2	0.66	0.16
7	6.1	62.0	55.9	1.09	0.26	85	12.7	62.0	49.3	0.77	0.18
8	6.7	62.0	55.3	1.10	0.26	90	14.3	62.0	47.7	0.67	0.16
9	7.1	62.0	54.9	0.74	0.18	95	15.9	62.0	46.1	0.69	0.17
10	7.6	62.0	54.4	0.93	0.22	100	17.1	62.0	44.9	0.53	0.13
11	8.0	62.0	54.0	0.75	0.18	105	18.2	62.0	43.8	0.50	0.12
12	8.4	62.0	53.6	0.76	0.18	110	19.4	62.0	42.6	0.56	0.13
13	8.8	62.0	53.2	0.76	0.18	115	20.6	62.0	41.4	0.58	0.14
14	9.2	62.0	52.8	0.77	0.18	120	21.3	62.0	40.7	0.34	0.08
15	9.7	62.0	52.3	0.97	0.23	121	0.8	62.0	61.2	0.00	0.00
16	10.1	62.0	51.9	0.78	0.19	125	3.7	62.0	58.3	1.24	0.30
17	10.4	62.0	51.6	0.59	0.14	130	5.4	62.0	56.6	0.60	0.14
18	10.7	62.0	51.3	0.59	0.14	135	6.8	62.0	55.2	0.51	0.12
19	11.1	62.0	50.9	0.79	0.19	140	8.0	62.0	54.0	0.45	0.11
20	11.5	62.0	50.5	0.80	0.19	145	9.1	62.0	52.9	0.42	0.10
22	12.2	62.0	49.8	0.71	0.17	150	10.2	62.0	51.8	0.43	0.10
24	12.8	62.0	49.2	0.61	0.15	160	12.2	62.0	49.8	0.40	0.10
26	13.4	62.0	48.6	0.62	0.15	170	14.0	62.0	48.0	0.37	0.09
28	13.9	62.0	48.1	0.52	0.13	180	15.6	62.0	46.4	0.34	0.08
30	14.4	62.0	47.6	0.53	0.13	181	0.8	62.0	61.2	0.00	0.00
32	14.9	62.0	47.1	0.53	0.13	190	7.3	62.0	54.7	1.27	0.31
34	15.3	62.0	46.7	0.43	0.10	200	11.5	62.0	50.5	0.81	0.19
36	15.7	62.0	46.3	0.44	0.10	210	14.9	62.0	47.1	0.71	0.17
38	16.2	62.0	45.8	0.55	0.13	220	17.4	62.0	44.6	0.55	0.13
40	16.6	62.0	45.4	0.44	0.11	230	19.7	62.0	42.3	0.53	0.13
42	17.0	62.0	45.0	0.45	0.11	240	21.2	62.0	40.8	0.36	0.09
44	17.5	62.0	44.5	0.56	0.14	250	22.6	62.0	39.4	0.35	0.08
46	18.0	62.0	44.0	0.57	0.14	260	23.9	62.0	38.1	0.34	0.08
48	18.4	62.0	43.6	0.46	0.11	270	25.0	62.0	37.0	0.29	0.07
50	18.8	62.0	43.2	0.47	0.11	280	26.1	62.0	35.9	0.30	0.07
52	19.3	62.0	42.7	0.59	0.14	290	27.1	62.0	34.9	0.28	0.07
54	19.8	62.0	42.2	0.59	0.14	300	28.1	62.0	33.9	0.29	0.07
56	20.3	62.0	41.7	0.60	0.14						

Velocidad de infiltración vs. tiempo de la unidad de mapeo 18.

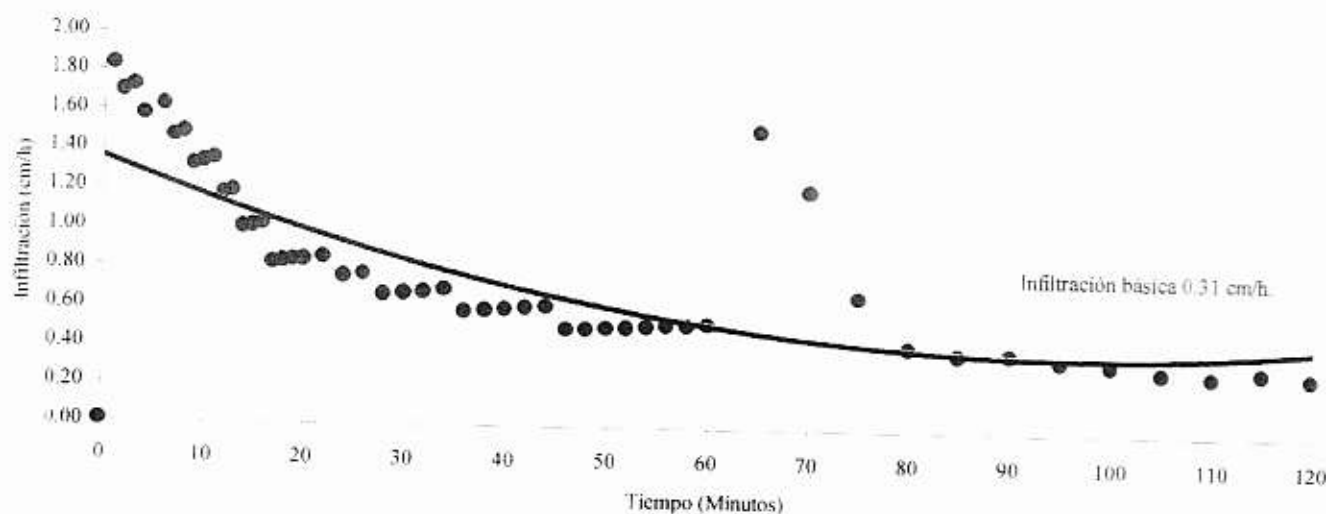


Unidad de mapeo 18. Prueba de infiltración 2

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
755629	1652871	1228	19/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.0	63.0	62.0	0.00	0.00	34	19.5	63.0	43.5	0.69	0.17
1	2.1	63.0	60.9	1.83	0.44	36	20.0	63.0	43.0	0.58	0.14
2	3.1	63.0	59.9	1.69	0.41	38	20.5	63.0	42.5	0.59	0.14
3	4.1	63.0	58.9	1.72	0.41	40	21.0	63.0	42.0	0.60	0.14
4	5.0	63.0	58.0	1.57	0.38	42	21.5	63.0	41.5	0.60	0.14
5	6.0	63.0	57.0	1.77	0.43	44	22.0	63.0	41.0	0.61	0.15
6	6.9	63.0	56.1	1.62	0.39	46	22.4	63.0	40.6	0.49	0.12
7	7.7	63.0	55.3	1.46	0.35	48	22.8	63.0	40.2	0.50	0.12
8	8.5	63.0	54.5	1.48	0.36	50	23.2	63.0	39.8	0.50	0.12
9	9.2	63.0	53.8	1.31	0.32	52	23.6	63.0	39.4	0.51	0.12
10	9.9	63.0	53.1	1.33	0.32	54	24.0	63.0	39.0	0.51	0.12
11	10.6	63.0	52.4	1.35	0.32	56	24.4	63.0	38.6	0.52	0.12
12	11.2	63.0	51.8	1.17	0.28	58	24.8	63.0	38.2	0.52	0.13
13	11.8	63.0	51.2	1.18	0.28	60	25.2	63.0	37.8	0.53	0.13
14	12.3	63.0	50.7	1.00	0.24	61	0.8	63.0	62.2	0.00	0.00
15	12.8	63.0	50.2	1.01	0.24	65	4.4	63.0	58.6	1.52	0.37
16	13.3	63.0	49.7	1.02	0.24	70	7.8	63.0	55.2	1.22	0.29
17	13.7	63.0	49.3	0.82	0.20	75	9.6	63.0	53.4	0.67	0.16
18	14.1	63.0	48.9	0.83	0.20	80	10.7	63.0	52.3	0.42	0.10
19	14.5	63.0	48.5	0.83	0.20	85	11.7	63.0	51.3	0.39	0.09
20	14.9	63.0	48.1	0.84	0.20	90	12.7	63.0	50.3	0.40	0.10
22	15.7	63.0	47.3	0.85	0.20	95	13.6	63.0	49.4	0.37	0.09
24	16.4	63.0	46.6	0.75	0.18	100	14.5	63.0	48.6	0.35	0.08
26	17.1	63.0	45.9	0.77	0.18	105	15.2	63.0	47.8	0.32	0.08
28	17.7	63.0	45.3	0.67	0.16	110	15.9	63.0	47.1	0.30	0.07
30	18.3	63.0	44.7	0.67	0.16	115	16.7	63.0	46.4	0.32	0.08
32	18.9	63.0	44.1	0.68	0.16	120	17.3	63.0	45.7	0.30	0.07

Velocidad de infiltración vs. tiempo de la unidad de mapeo 18.

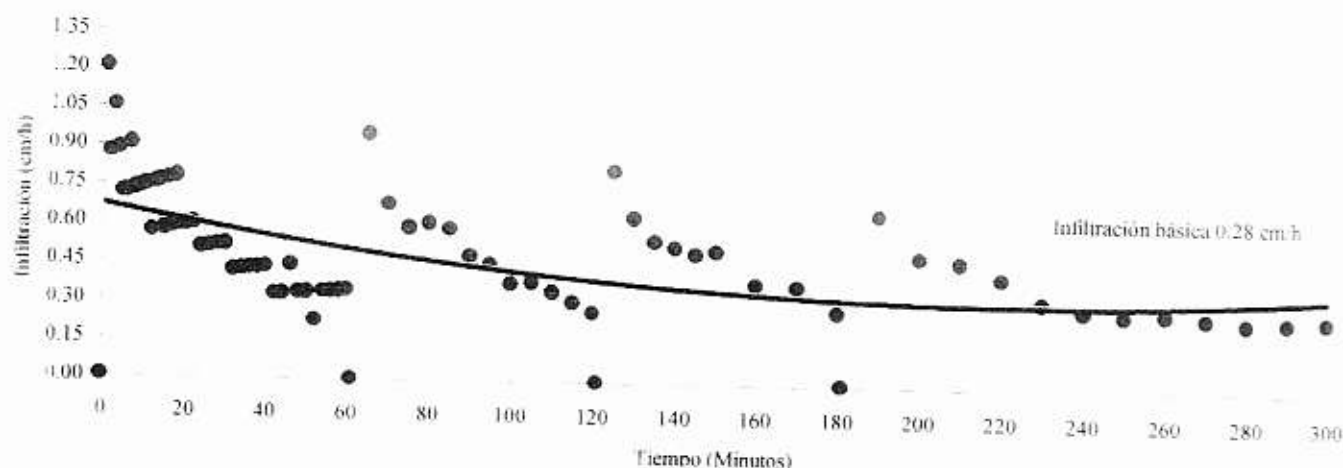


Unidad de mapeo 19. Prueba de infiltración 1

Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm	Fecha
Este	Norte		
755805	1651199	1181	27/06/2004

Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración		Tiempo min	Descenso cm	Profundidad total (cm)	Altura cm	Velocidad de infiltración	
				cm/h	m/día					cm/h	m/día
0	1.5	61.1	59.6	0.00	0.00	58	17.1	61.1	44.0	0.34	0.08
1	2.2	61.1	58.9	1.20	0.29	60	17.4	61.1	43.7	0.35	0.08
2	2.7	61.1	58.4	0.87	0.21	61	1.3	61.1	59.8	0.00	0.00
3	3.3	61.1	57.8	1.05	0.25	65	3.5	61.1	57.6	0.96	0.23
4	3.8	61.1	57.3	0.89	0.21	70	5.4	61.1	55.7	0.68	0.16
5	4.2	61.1	56.9	0.71	0.17	75	7.0	61.1	54.1	0.59	0.14
6	4.6	61.1	56.5	0.72	0.17	80	8.6	61.1	52.5	0.61	0.15
7	5.1	61.1	56.0	0.91	0.22	85	10.1	61.1	51.0	0.59	0.14
8	5.5	61.1	55.6	0.73	0.18	90	11.3	61.1	49.8	0.48	0.12
9	5.9	61.1	55.2	0.73	0.18	95	12.4	61.1	48.7	0.45	0.11
10	6.3	61.1	54.8	0.74	0.18	100	13.3	61.1	47.8	0.38	0.09
11	6.7	61.1	54.4	0.75	0.18	105	14.2	61.1	46.9	0.38	0.09
12	7.0	61.1	54.1	0.56	0.14	110	15.0	61.1	46.1	0.35	0.08
13	7.4	61.1	53.7	0.75	0.18	115	15.7	61.1	45.4	0.31	0.07
14	7.8	61.1	53.3	0.76	0.18	120	16.3	61.1	44.8	0.27	0.06
15	8.1	61.1	53.0	0.57	0.14	121	1.3	61.1	59.8	0.00	0.00
16	8.5	61.1	52.6	0.77	0.18	125	3.2	61.1	57.9	0.82	0.20
17	8.8	61.1	52.3	0.58	0.14	130	5.0	61.1	56.1	0.64	0.15
18	9.2	61.1	51.9	0.78	0.19	135	6.5	61.1	54.6	0.55	0.13
19	9.5	61.1	51.6	0.59	0.14	140	7.9	61.1	53.2	0.53	0.13
20	9.8	61.1	51.3	0.59	0.14	145	9.2	61.1	51.9	0.50	0.12
22	10.4	61.1	50.7	0.60	0.14	150	10.5	61.1	50.6	0.52	0.12
24	10.9	61.1	50.2	0.50	0.12	160	12.4	61.1	48.7	0.39	0.09
26	11.4	61.1	49.7	0.51	0.12	170	14.2	61.1	46.9	0.38	0.09
28	11.9	61.1	49.2	0.51	0.12	180	15.5	61.1	45.6	0.28	0.07
30	12.4	61.1	48.7	0.52	0.12	181	1.4	61.1	59.7	0.00	0.00
32	12.8	61.1	48.3	0.42	0.10	190	4.8	61.1	56.3	0.66	0.16
34	13.2	61.1	47.9	0.42	0.10	200	7.5	61.1	53.6	0.50	0.12
36	13.6	61.1	47.5	0.42	0.10	210	10.0	61.1	51.1	0.49	0.12
38	14.0	61.1	47.1	0.43	0.10	220	12.1	61.1	49.0	0.43	0.10
40	14.4	61.1	46.7	0.43	0.10	230	13.7	61.1	47.4	0.34	0.08
42	14.7	61.1	46.4	0.33	0.08	240	15.1	61.1	46.0	0.30	0.07
44	15.0	61.1	46.1	0.33	0.08	250	16.4	61.1	44.7	0.29	0.07
46	15.4	61.1	45.7	0.44	0.11	260	17.7	61.1	43.4	0.30	0.07
48	15.7	61.1	45.4	0.33	0.08	270	18.9	61.1	42.2	0.28	0.07
50	16.0	61.1	45.1	0.34	0.08	280	20.0	61.1	41.1	0.27	0.06
52	16.2	61.1	44.9	0.22	0.05	290	21.1	61.1	40.0	0.27	0.07
54	16.5	61.1	44.6	0.34	0.08	300	22.2	61.1	38.9	0.28	0.07
56	16.8	61.1	44.3	0.34	0.08						

Velocidad de infiltración vs. tiempo de la unidad de mapeo 19.



D. Retención (Ki)

La precipitación media mensual se multiplicó por un factor, el cual depende de la cobertura, siendo de 0.2 para bosques, 0.12 para cultivos en general y de 0.01 a 0.05 para caminos y áreas construidas. De la misma manera el factor de retención Ki se asignó de acuerdo al mapa de uso actual de la tierra.

E. Precipitación efectiva (Pef)

Para el cálculo de la precipitación efectiva, se utilizó la siguiente ecuación:

$$P_{ef} = (1 - K_i) \times C_i \times P$$

Donde:

Pef = Precipitación efectiva. (mm)

Ki = Coeficiente de retención vegetal.

Ci = Coeficiente de infiltración. (Kfe + Kp + Kv)

P = Precipitación mensual. (mm)

Los valores de Ki, Kp y Kv utilizados para cada unidad de mapeo se muestran en el cuadro 36A.

3.4 BALANCE HÍDRICO DE SUELOS

El balance hídrico de suelos toma en cuenta los siguientes factores, clima, suelo, topografía y cobertura vegetal, y permite comprobar si el cálculo de recarga al acuífero que se ha efectuado está correcto, dado a que integra todos los valores en los cuales se divide la precipitación que cae sobre un área determinada.

El balance hídrico de suelos se define de la siguiente manera:

$$P_p = ETR + E_{sc} + Ret + R_p$$

Donde:

Pp = Precipitación.

ETR = Evapotranspiración real.

E_{sc} = Escorrentía superficial.

Ret = Retención. (vegetal y techos)

Rp = Recarga al acuífero.

El balance hídrico de suelos se puede expresar en unidades de longitud (mm) o en unidades de caudal ($\text{m}^3/\text{año}$). El cálculo de los valores de precipitación, retención vegetal y evapotranspiración real generados anualmente, es determinado basándose en los resultados del balance hídrico de suelos. (Schosinsky y Losilla, 2000)

Se realizó con la finalidad de determinar el volumen total de la recarga hídrica natural que se produce al acuífero, consistió básicamente en el análisis de la información recopilada en el campo y la obtención de otros componentes (precipitación efectiva, evapotranspiración potencial, escurrimiento superficial, infiltración básica) a partir de dicha información. Como se mencionó, la metodología que se utilizó fue la desarrollada por Schosinsky y Losilla (2000) en Costa Rica, considerándose de aplicabilidad en Guatemala, dada las condiciones climáticas similares que existen y que ambos países se localizan en la misma zona geográfica, además se adecua muy bien tomando en cuenta los recursos y la información climatológica disponible en el país.

El balance hídrico de suelos en la microcuenca fue realizado para cada unidad de mapeo delimitada, tomando en cuenta la geología, serie de suelos y el uso actual de la tierra, el cual comprendió el cálculo de los siguientes factores:

3.4.1 Precipitación pluvial

El método que se utilizó para asignar la precipitación pluvial a cada una de las unidades de mapeo, fue el de las isoyetas, por considerarse el más exacto. El procedimiento utilizado fue el descrito por Herrera (1995).

El dato que se asignó a la parte baja y media de la microcuenca fue el de la estación de Medio Monte y en el caso de la parte alta se asignó el de la estación de Tuncáj. Por lo que únicamente se ponderó en el estrato comprendido entre ambas estaciones. La precipitación asignada a cada unidad de mapeo se muestra en el cuadro 34A.

3.4.2 Evapotranspiración potencial

La estimación de la evapotranspiración potencial en la microcuenca, se realizó utilizando el método de Hargreaves, y para la asignación de la evapotranspiración potencial a cada unidad de mapeo, se trazaron isopletras, siguiendo el mismo procedimiento que el método de las isoyetas. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 35A.

3.4.3 Velocidad de infiltración básica (fc)

La infiltración básica se determinó mediante el método de Porchet o *cilindro invertido*, por considerarse de buen grado de precisión y su aplicación es muy versátil. Los datos de campo y el cálculo de la velocidad de infiltración básica en cada unidad de mapeo, se muestran en el Anexo 2.

3.4.4 Precipitación efectiva

Para determinar la precipitación efectiva, se utilizó el método desarrollado por Schosinsky y Losilla (2000), descrito anteriormente.

3.4.5 Escorrentía

Habiendo calculado la precipitación efectiva y la retención, la escorrentía se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$Esc = Pp - Ret - Pef$$

Donde:

Pef = Precipitación efectiva. (mm)

3.4.6 Humedad inicial del suelo

Para obtener la humedad inicial del suelo se utilizó el dato de capacidad de campo obtenido en el laboratorio y se aplicó la siguiente ecuación:

$$HSI = \frac{(CC \times Pr \times Da)}{100}$$

Donde:

HSI = Humedad del suelo inicial. (mm)

CC = Capacidad de campo expresado en peso. (%)

Pr = Profundidad de raíces. (mm)

Da = Densidad aparente. (g/cc)

Se utilizó el criterio de Sandoval (1989) y el de Schosinsky y Losilla (2000), para la profundidad de raíces de acuerdo con la especie vegetal, mostrándose los valores para cada unidad de mapeo en el cuadro 36A.

3.4.7 Evapotranspiración real

Para calcular la evapotranspiración real, se utilizó la siguiente ecuación:

$$ETR = \left(\frac{C_1 + C_2}{2} \right) ETP$$

Donde:

ETR = Evapotranspiración real. (mm)

C_1 = Factor de ETP por cierre de estomas, antes de que ocurra ETR.

C_2 = Factor de ETP por cierre de estomas, después de que ocurra ETR.

ETP = Evapotranspiración potencial. (mm)

Para el cálculo de los factores C_1 y C_2 se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$C_1 = (HSI - PMP + P_{ef}) / (CC - PMP)$$

$$C_2 = (HSI - PMP + P_{ef} - C_1 \times ETP) / (CC - PMP)$$

Donde:

HSI = Humedad inicial del suelo. (mm)

PMP = Punto de marchites permanente. (mm)

CC = Capacidad de campo. (mm)

P_{ef} = Precipitación infiltrada. (mm)

ETP = Evapotranspiración potencial. (mm)

Importante tomar en cuenta lo siguiente:

Si $C_1 > 1$; $C_1 = 1$

Si $C_1 < 0$; $C_1 = 0$

Si $C_2 > 1$; $C_2 = 1$

Si $C_2 < 0$; $C_2 = 0$

Lo anterior es debido a que se aplica el criterio de que existe una variación lineal, es decir que cuando más se acerque el punto de humedad al punto de marchites, mayor es la dificultad para que las raíces de las plantas absorban el agua del suelo. Los poros pequeños son los que tienen agua y la fuerza capilar es mayor

para extraer agua para la planta, además la planta cierra sus estomas para evitar perder humedad en su organismo. Esta es una situación más real, ya que a mayor déficit de humedad le es más difícil a la planta transpirar.

3.4.8 Humedad final del suelo

La humedad final del suelo (HSF) se calculó aplicando la siguiente ecuación:

$$HSF = HSI - ETR + P_{ef}$$

3.4.9 Recarga hídrica

Para calcular la recarga hídrica natural (R_p) se utilizó la ecuación siguiente:

$$R_p = P_{ef} + HSI - HSF - ETR$$

Los resultados se expresaron en volumen ($m^3/año$) para cada unidad de mapeo. Para facilitar la estimación de la recarga hídrica natural al acuífero, se utilizó la hoja de cálculo del programa Excel realizada por Schosinsky y Losilla (2000). El balance hídrico de suelos de cada unidad de mapeo se muestra en el Anexo 3.

Es importante mencionar que la para la estimación de la recarga hídrica, se inició en el mes de Octubre, ya que al finalizar la época lluviosa, el suelo posee un contenido de humedad cercano o igual al de capacidad de campo.

Los resultados de precipitación pluvial, evapotranspiración potencial, escorrentía superficial, retención (vegetal y áreas construidas) y recarga hídrica natural (potencial), para cada unidad de mapeo se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 15. Recarga hídrica natural anual de las unidades de mapeo de la microcuenca del río Cotón.

Unidad de mapeo	Precipitación m^3	Evapotranspiración real (m^3)	Escorrentía superficial (m^3)	Retención (m^3)	Recarga potencial (m^3)
1	5,160,802	2,843,932	414,391	1,059,287	84,3192
2	178,604	112,839	0	29,353	36,413
3	1,264,575	580,712	323,880	161,017	198,966
4	366,005	114,183	222,343	60,167	0
5	319,311	153,338	111,040	65,088	0
6	1,872,113	911,456	614,196	381,609	0
7	318,615	181,752	89,403	52,343	0
8	736,481	183,859	477,356	120,990	0
9	217,627	75,873	137,663	27,311	0
10	1,937,705	711,446	909,676	318,328	0
11	116,986	19,403	86,391	14,681	0
12	3,181,429	1,596,283	958,720	652,158	0
13	23,814	12,475	7,187	4,854	0
14	521,443	127,394	340,117	86,021	0
15	515,055	153,801	273,862	64,740	22,653
16	778,516	310,593	367,665	158,588	0
17	1,137,622	358,896	714,462	142,765	0
18	1,064,625	546,323	299,992	133,603	84,707
19	323,971	165,304	94,837	53,222	10,608
20	406,181	165,471	181,373	50,973	8,364
21	5,556,111	3,791,782	0	1,142,746	621,583
22	758,339	484,106	0	154,329	119,905
23	3,170,270	2,002,991	0	521,020	646,259
24	13,202,890	7,013,956	2,377,776	1,679,200	2,131,957
25	285,641	143,016	75,990	17,039	49,596
26	204,871	69,359	119,130	41,930	0
27	447,286	200,250	172,725	73,481	830
28	241,970	42,489	177,515	30,365	0
Total	44,308,857	23,073,277	9,547,689	7,297,207	4,775,034

De acuerdo a los resultados obtenidos, potencialmente existe recarga hídrica natural en las unidades 1, 2, 3, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 y 27, lo que representa aproximadamente el 70.21 % del área total de la microcuenca, localizadas en la parte alta y media. En estas unidades, los suelos presentan valores relativamente altos de permeabilidad (hasta 0.58 m/día), con profundidad efectiva del suelo mayor de 0.60 m, y con altos contenidos de materia orgánica, hasta del 20%. Sin embargo, la recarga hídrica natural constituye únicamente el 10.78% de la precipitación pluvial en el área, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 16. Balance hídrico de suelos de la microcuenca del río Cotón.

Entrada		Salidas		%
Factor	m ³ /año	Factor	m ³ /año	
Precipitación pluvial	44,308,857	Evapotranspiración real	23,073,277	52.07
		Escorrentía superficial	9,547,689	21.55
		Retención (vegetal y techos)	7,297,207	16.47
		Recarga potencial	4,775,034	10.78
Sumatoria	44,308,857	Sumatoria	44,693,206	100.87

Del cuadro 16. se deduce que el volumen de los factores que constituyen las salidas es levemente mayor que el del valor calculado de la precipitación pluvial como única fuente de entrada de agua, siendo de 384,349 m³/año, lo que da un error de balance menor del 1%, considerándose aceptable.

Potencialmente, el 97% de la recarga hídrica natural ocurre en la parte alta y media de la microcuenca, lo que equivale a un volumen 4,647,872 m³/año, del total de precipitación en esta área la recarga hídrica oscila entre 11 y 20%. El caudal total de manantiales en el área es de 5,014 m³/día (en época seca) y el caudal que recarga equivale a 12,734 m³/día, lo que explica el aumento del caudal de manantiales en la época lluviosa. La importancia de esta área radica en que en ella se localizan (a excepción de los proyectos del municipio de Pachalúm) todas las captaciones de los proyectos de abastecimiento de agua para consumo humano y riego, de las comunidades que se localizan dentro de la microcuenca.

El 3% restante de la recarga hídrica natural ocurre en la parte baja, siendo un total de 127,162 m³/año, lo que ayuda a explicar los ligeros aumentos de caudal en el tramo del cauce principal en esta parte de la microcuenca (principalmente en la época seca), razón por lo que el río se comporta como efluente, recibiendo pequeños aportes de corrientes subsuperficiales. En esta área la precipitación que recarga oscila entre 0 y 8%, existiendo mayor recarga en la unidad 18 (84,707 m³/año), dado a que se ve favorecida por las condiciones de topografía y vegetación existentes.

En las unidades restantes (4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 26 y 28), no existe recarga hídrica natural, debido principalmente a la baja permeabilidad del suelo, con valores que oscilan entre 0.005 y 0.095 m/día. Además la profundidad efectiva del suelo no supera los 0.4 m (en algunos casos hasta 0.2 m) y con

bajos contenidos de materia orgánica (en algunos casos < 1%), esto principalmente localizado en la parte baja de la microcuenca.

El volumen de recarga hídrica anual es el que alimenta el flujo base del río y manantiales durante la época seca, por medio de un tipo de flujo subsuperficial, que debido a la baja permeabilidad de los materiales es lento, y tiende a ser similar al flujo superficial, además hay que considerar que en el área existe poco grado de fracturamiento. Es importante mencionar que dada la posición geográfica de la microcuenca, no existe un acuífero regional, sino un acuífero colgado.

La escorrentía superficial es de 9,547,689 m³/año, lo que equivale a un caudal de 26,158 m³/día, el caudal que se midió en el punto de aforo en la época de estiaje fue de 9,043 m³/día, aumentando significativamente en la época de invierno (280%). El 67% de la escorrentía se produce en la parte baja, debido a la baja permeabilidad de los suelos. El restante 33% se produce en la parte alta y media, siendo la unidad 24 la que presenta un mayor volumen de escorrentía (25% del total).

La evapotranspiración es el factor de salida que ocasiona más del 50% de pérdidas del volumen de precipitación pluvial en la microcuenca, principalmente, en aquellas unidades cubiertas con bosques densos (coníferas, latifoliadas o mixtos), en donde se estiman coeficientes de evapotranspiración hasta de 68%. Sin embargo, es importante hacer notar, que en estas áreas el coeficiente de escorrentía superficial es mínimo, siendo en algunos casos de 0%, como en las unidades de la parte alta, cubiertos con bosques densos y suelos con valores relativamente altos de permeabilidad.

Para fines de establecer un porcentaje de error en la realización del balance hídrico, se compararon los datos medidos en el campo con los datos estimados, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 17. Porcentaje de error de la estimación del balance hídrico de suelos.

Factor	Caudal (m ³ /año)		Diferencia (m ³ /año)	Porcentaje de error
	Estimado	Medido		
Escorrentía superficial	9,547,689	7,928,310	1,619,379	16.96
Recarga potencial	4,775,034	4,338,658	436,376	9.14

El porcentaje de error se considera aceptable en cuanto a la estimación de la recarga hídrica natural, tomando como base el caudal de todos los manantiales (captados y no) de la microcuenca. Es necesario mencionar, que no se conoce si parte de la recarga hídrica drene hacia microcuencas vecinas.

Sin embargo, en el caso de la escorrentía superficial, el error se considera relativamente alto, lo cual se debe a que no se cuenta con una curva característica de caudales que permita determinar el flujo base de la microcuenca. Además, es importante mencionar, que durante un evento de lluvia, el caudal del cauce principal aumenta significativamente.

3.5 DETERMINACIÓN DE PRINCIPALES ÁREAS DE RECARGA HÍDRICA NATURAL

3.5.1 Ubicación de manantiales

Posterior a determinar la recarga hídrica natural en cada una de las unidades de mapeo, se identificaron aquellas que por sus aportes en láminas de recarga potencial, constituyen áreas principales de recarga hídrica natural, por lo que el criterio que se utilizó fue cuantitativo, tomando en cuenta la ubicación de los proyectos de captación. Basado en lo anterior las principales áreas de recarga hídrica natural son las unidades de mapeo: 1, 2, 3, 21, 22, 23, 24 y 25. Siendo en estas donde se ubica el 100% de los manantiales captados para proyectos de abastecimiento de agua para consumo humano y riego en la microcuenca.

3.5.2 Volumen de recarga

La siguiente clasificación de áreas de recarga hídrica natural, se realizó basándose en el volumen de recarga hídrica natural de cada unidad, de acuerdo a la metodología desarrollada por Herrera (2004), obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 18. Clasificación de áreas de recarga hídrica natural en la microcuenca del río Cotón.

Unidad de mapeo	Área km ²	Recarga hídrica natural (anual)			Clasificación
		mm	m ³	m ³ /km ²	
1	3.24	260	843.192	260,028	Alta
2	0.10	350	36.413	349,786	Muy alta
3	0.76	260	198.966	260,495	Alta
15	0.37	62	22.653	61.822	Media
18	0.77	111	84.707	110,678	Media
19	0.23	46	10.608	45,546	Baja
20	0.29	29	8.364	28,645	Baja
21	3.54	176	621.583	175,688	Alta
22	0.44	271	119.905	271,278	Alta
23	1.85	350	646.259	349,745	Muy alta
24	7.91	270	2,131.957	269,575	Alta
25	0.17	297	49.596	296,805	Alta
27	0.32	3	830	2,582	Baja

Las unidades 2 y 23 se clasifican como *muy altas*, con volúmenes de recarga mayores de 300,000 m³/km², en el caso de las unidades 1, 3, 21, 22, 24 y 25 la recarga oscila entre 150,000 a 300,000 m³/km², clasificándose como *altas*. El resto de unidades se clasifican como medias (15 y 18) y bajas (19, 20 y 27), con volúmenes de recarga que oscilan entre 50,000 a 150,000 m³/km² y menores de 50,000 m³/km² respectivamente. Las unidades clasificadas como *altas* y *muy altas*, son las que aportan el 97% de la recarga hídrica natural en la microcuenca.

3.6 DETERMINACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS DE RECARGA HÍDRICA NATURAL

Las áreas críticas de recarga hídrica natural son aquellas que por sus características específicas se consideran susceptibles a disminuir su potencial de recarga cuando se someten a un manejo contrario a su capacidad. Estas áreas deberán ser objeto de un manejo especial que permita mantener y/o mejorar sus características.

Para determinar estas áreas se utilizó la metodología de establecimiento de áreas críticas de recarga hídrica natural desarrollada por Cook (2000), modificada por Orozco *et al.* (2003), la cual asigna valores de acuerdo a los siguientes criterios:

Cuadro 19. Códigos asignados a los factores evaluados en la delimitación de áreas críticas de recarga hídrica natural.

Geología	Código	Inf. básica cm/h	Código	Recarga mm/año	Código	Pendiente %	Código
Rocas ígneas o metamórficas no fracturadas	0	<0.15	0	0 – 50	0	0 – 12	0
Rocas ígneas o metamórficas fracturadas	1	0.15 – 1.5	1	50 – 100	1	12 – 26	1
Arenas finas, basaltos permeables, karst	2	>1.5 – 15	2	100 – 150	2	26 – 36	2
Arenas gruesas y gravas	3	>15	3	150 – 200	3	36 – 55	3
				>200	4	>55	4

Las áreas se evaluaron en cada uno de los aspectos anteriores y luego la sumatoria de todos los códigos dio como resultado la categoría en la cual se ubica cada unidad, utilizando el siguiente criterio:

- Bajo: 0 – 5
- Moderado: 6 – 9
- Alto: 10 – 12
- Muy alto: 13 – 14

Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente cuadro:

4.2.1 Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos que se analizaron son los siguientes:

- Color: se define como la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. (Custodio y Llamas, 2001)
- pH: está relacionado con la acidez o alcalinidad de un vertido. No es medida lineal o directa de estas, pero puede usarse como controlador de acidez o alcalinidad excesiva. Describe la concentración del ión H^+ , representado por el logaritmo de su inversa. Valores extremos de pH pueden causar la muerte rápida de los peces, alteraciones drásticas en la flora y la fauna, y reacciones peligrosas secundarias (cambios en la solubilidad de los nutrientes, formación de precipitados, etc.). El pH debe mantenerse dentro de un rango normal para la vida biológica, entre 6.5 – 8.0. (Oliva *et al.* 2001)
- Turbidez: es la dificultad de un agua para transmitir la luz (Custodio y Llamas, 2001). La turbidez depende principalmente de la cantidad de sólidos sedimentables. (Oliva *et al.* 2001)
- Conductividad eléctrica: es la concentración de iones asociados formando sales en disolución. (Castillo, 1987)
- Sólidos totales disueltos: pueden ser arenas, grasa, aceite, alquitrán y trozos de restos de animales y vegetales, que pueden ser biodegradables lenta o rápidamente. Son importantes por razones estéticas y debido a que conducen al desarrollo de depósitos de lodos y condiciones anaeróbicas. Sus depósitos afectan la vida acuática, sobre todo de organismos bénticos y si son orgánicos, pueden sustraer oxígeno de la zona (en ocasiones con gran déficit, sobre todo por estratificación). Además de efectos tóxicos por su composición (solución de agua) pueden matar peces y moluscos por abrasión. (Oliva *et al.* 2001)
- Alcalinidad total: se refiere en general a todas las bases en solución que se puede titular con un ácido fuerte, en la mayoría de las aguas subterráneas estas bases son las especies de Carbono en solución: Carbonato y Bicarbonato. (Padilla, 2003)

4.2 CONSUMO HUMANO

En el año de 1,984 se estableció la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), la cual está adscrita al Ministerio de Economía. Dicha comisión fijó las normas de calidad del agua potable, mediante la norma NGO 29001 Agua Potable. (Ministerio de Economía, 2001)

No todas las aguas se consideran aptas para uso potable, cuyo deterioro o cambio de calidad se puede deber a factores naturales o por el hombre que la contamina. En cuanto a prever el daño o contaminación del agua es responsabilidad de CONAMA y del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, de acuerdo con la ley de protección del medio ambiente Acuerdo Gubernativo 68 – 96 y el Código de Salud, Decreto Legislativo 45 – 79, respectivamente.

En lo referente a CONAMA existe el “Reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Máximos Permisibles de Contaminación Para la Descarga de Aguas Servidas” Acuerdo Gubernativo 60 – 89, en donde se establecen las cargas de contaminación que puede recibir el agua, no importando el uso y demás condiciones del recurso. En lo referente al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social el Código de Salud establece la prohibición de contaminar el agua pero, actualmente, no se tiene el reglamento que indique los valores y condiciones de la prohibición por lo que se han tomado las normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) como guía y el reglamento de CONAMA antes mencionado. En lo que respecta al agua potable, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social sigue la norma COGUANOR NGO 29001. (García, 1996)

De acuerdo con el Ministerio de Economía (2001), la norma COGUANOR NGO 29001 define los tipos de límites máximos para las características físicas, químicas y sustancias tóxicas presentes en el agua potable, contiene 2 términos, que son los siguientes:

- ❑ Límite Máximo Aceptable (LMA): máxima concentración en la cual una sustancia química presente en el agua podría causar daño al consumidor y límite en el cual otras características podrían resultar desagradables al consumo.
- ❑ Límite Máximo Permisible (LMP): la concentración supera el valor establecido, por lo que el agua representa un riesgo tóxico a la salud humana y no es adecuada para el consumo humano.

- ❑ Dureza total: mide la capacidad de un agua para consumir jabón o producir incrustaciones, las definiciones actuales la identifican con el contenido en iones alcalinotérreos, esencialmente Calcio más Magnesio. (Custodio y Llamas, 2001)

Una agua que contiene alta dureza, tiene altas cantidades de Calcio y Magnesio, que resulta en incrustaciones de Carbonato de Calcio y Magnesio en ollas al hervirse el agua, el jabón y el detergente son menos eficaces. (Padilla, 2003)

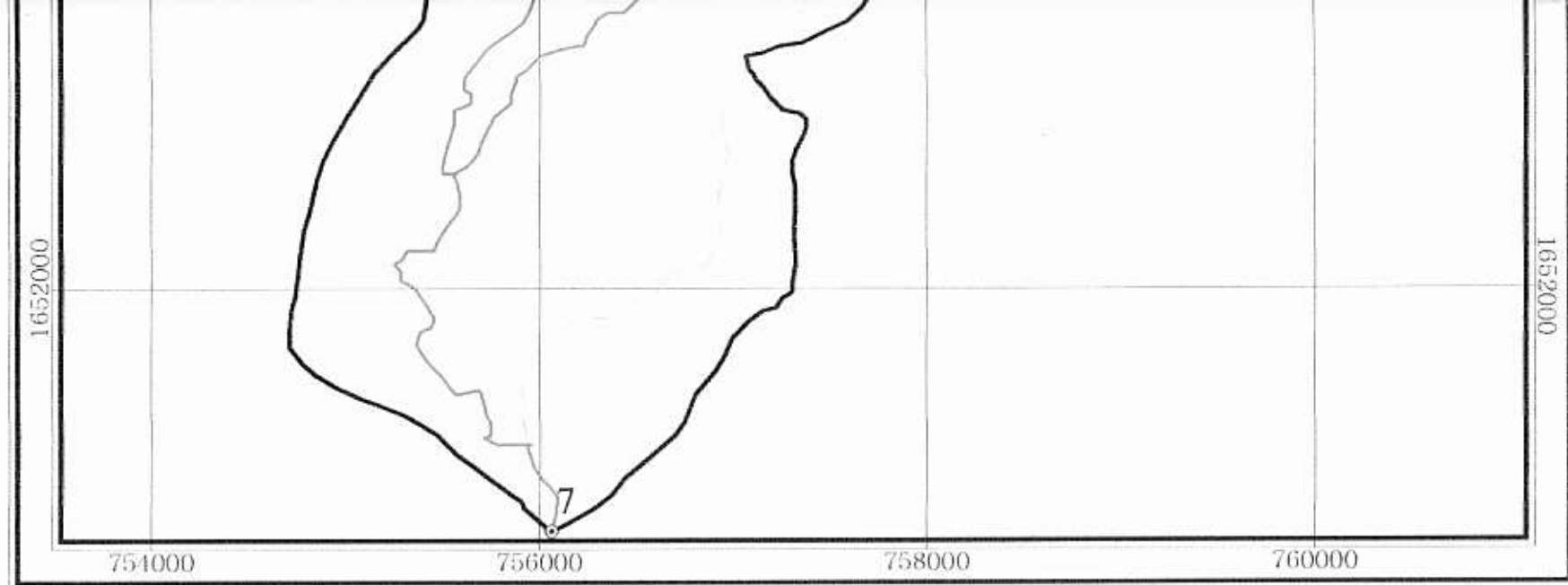
Castañeda (2003), clasifica las aguas en función de la dureza como: suaves (0 – 75 mg/L CaCO_3), poco suaves (75 – 150 mg/L CaCO_3), duras (150 – 300 mg/L CaCO_3) y muy duras (>300 mg/L CaCO_3). Además, menciona que aguas duras causan incrustaciones en sistemas de tuberías.

- ❑ Sulfatos: sales moderadamente solubles a muy solubles, en aguas dulces se encuentran entre 2 y 150 mg/L. (Custodio y Llamas, 2001)
- ❑ Cloruros: sales en general muy solubles, muy estable en disolución y muy difícilmente precipitable. Se encuentra entre 10 y 250 mg/L en aguas dulces, no siendo raro encontrar contenidos mucho mayores. (Custodio y Llamas, 2001)

La metodología que se utilizó para el muestreo fue la siguiente:

- ❑ La cantidad de agua que se muestreo fue de 1 litro, utilizándose un recipiente claro.
- ❑ Antes de tomar la muestra se lavó el recipiente varias veces con el agua que se muestreo.
- ❑ Se siguieron las medidas de asepsia necesarias, como el uso de guantes.
- ❑ La muestra se tomó del agua en movimiento, unos centímetros debajo de la superficie y al centro de la corriente.
- ❑ Las muestras se colocaron en hielera para mantenerlas a 5 °C y así evitar alteraciones en la composición química de las mismas.
- ❑ Las muestras fueron trasladadas el mismo día a la Unidad de Análisis Instrumental de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

El muestreo de las fuentes de agua indicadas en el cuadro 21, se realizó en el mes de Marzo de 2004.



2 1 0 2 Kilómetros

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
MAESTRÍA EN MANEJO SOSTENIBLE DE SUELO Y AGUA
CON ESPECIALIDAD EN PLANIFICACIÓN Y
MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS EN AGRONOMÍA



Proyección Universal Transversal Mercator
Datum Horizontal: WGS-84
Zona 16 elipsoide WGS-84, Norte de cuadrícula
Espaciamiento de la cuadrícula horizontal y vertical
2,000 metros.

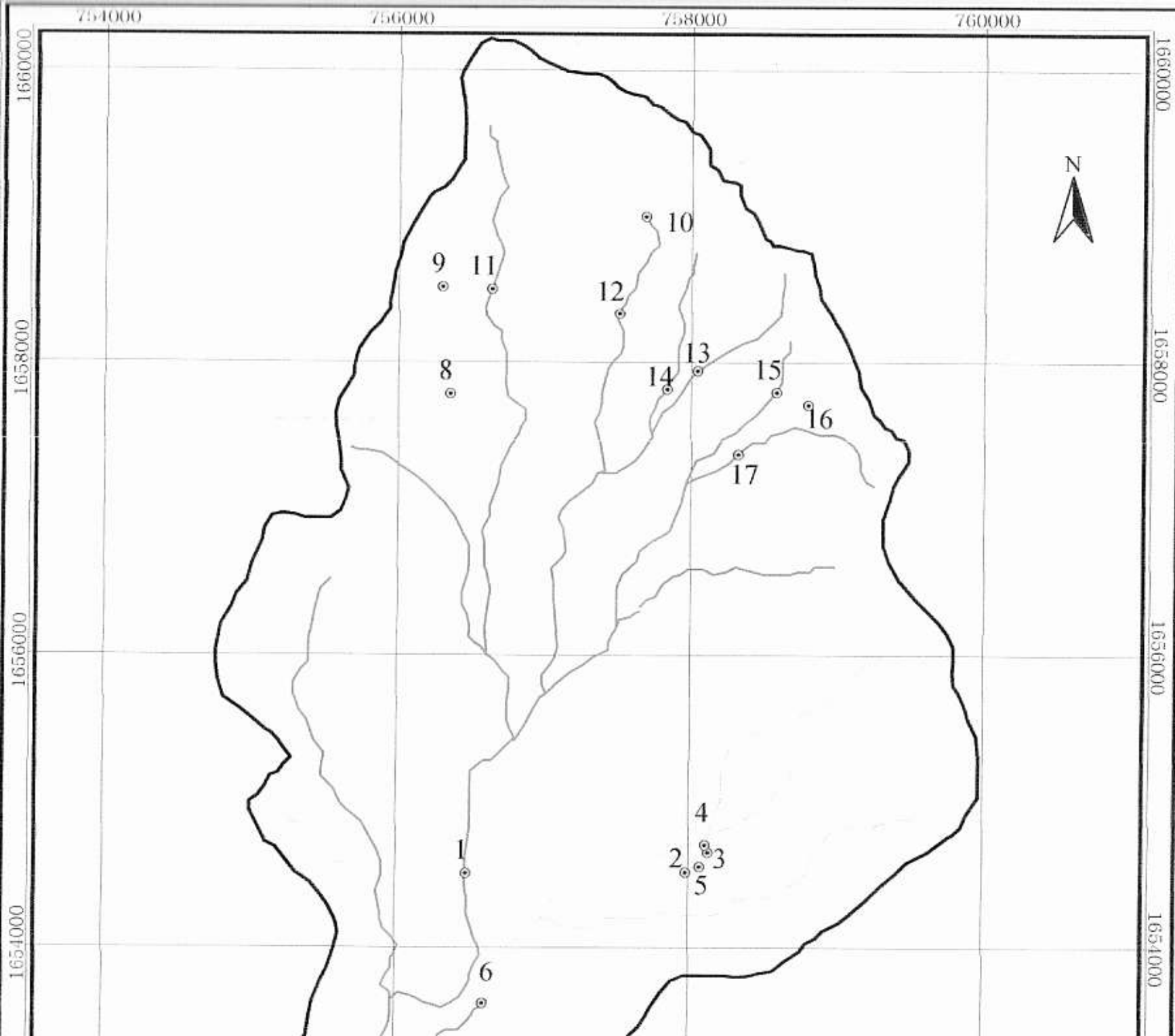
LEYENDA

- Parteaguas
- Fuentes muestreadas
- Tipos de corriente**
- Permanente
- Efímera

No. Fuente

1. Puente de Rancho Viejo (cauce principal)
2. Caja de captación proyecto Altos-Piedras Blancas
3. Caja de captación proyecto Altos-Toro Seco
4. Caja de captación proyecto Pachalúm 1
5. Caja de captación proyecto Pachalúm 2
6. Manantial Joya Oscura
7. Punto de aforo (caserío Los Altos)
8. Caja de captación 1 proyecto Ojo de Agua
9. Caja de captación 1 proyecto Tuncáj
10. Caja de captación 2 proyecto Tuncáj
11. Canal de derivación proyecto de riego aspersión-gravedad Tuncáj-San José el Rodeo
12. Caja de captación 2 proyecto Ojo de Agua
13. Caja de captación proyecto Manzanote
14. Presa de derivación proyecto de riego aspersión-gravedad sector 2 Manzanote
15. Presa de derivación proyecto de riego aspersión-gravedad asociación Ali-Ajauti
16. Caja de captación proyecto Joya de la Vega
17. Presa de derivación proyecto de riego aspersión-gravedad Joya de la Vega

**FIGURA 11. UBICACIÓN DE FUENTES DE AGUA MUESTREADAS
EN LA MICROCUENCA DEL RÍO COTÓN, BAJA VERAPAZ.**



estudios llevados a cabo sobre suelos salinos y sódicos, sin embargo, las investigaciones realizadas, confirman que las zonas con déficit de precipitación son las más propensas a presentar este problema, acentuándose cuando las mismas son sometidas a riego continuo con agua de mala calidad, afectando el valor agrícola de los suelos y reduciendo la posibilidad de elección de cultivos. (Allara, 1990)

En la microcuenca del río Cotón, se determinó la calidad del agua para riego, de las principales fuentes, ya que actualmente existe un gran potencial de agricultura bajo riego, a pesar de ser considerada como una zona en donde no existe déficit de precipitación, la baja permeabilidad de los suelos, podría ocasionar suelos salinos y/o sódicos, al utilizar aguas con altos contenidos de sales.

Las fuentes de agua de la microcuenca del río Cotón, que se muestrearon para determinar su calidad bacteriológica y fisicoquímica para consumo humano y riego, se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 21. Ubicación de las fuentes de agua muestreadas en la microcuenca del río Cotón.

No.	Nombre	Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm
		Este	Norte	
1	Puente de Rancho Viejo	756400	1654500	1,375
2	Caja de captación proyecto Altos-Piedras Blancas	758045	1654547	1,594
3	Caja de captación proyecto Altos-Toro Seco	758102	1654643	1,622
4	Caja de captación proyecto Pachalúm 1	758081	1654694	1,611
5	Caja de captación proyecto Pachalúm 2	757949	1654509	1,685
6	Manantial Joya Oscura	756 551	1653647	1,336
7	Punto de aforo (Caserío Los Altos)	755953	1650761	1,112
8	Caja de captación 1 proyecto Ojo de Agua	756325	1657777	2,068
9	Caja de captación 1 proyecto Tuncáj	756270	1658511	2,240
10	Caja de captación 2 proyecto Tuncáj	757655	1658996	2,324
11	Canal de derivación proyecto de riego aspersión-gravedad Tuncáj-San José	756496	1658496	2,166
12	Caja de captación 2 proyecto Ojo de Agua	757553	1658325	2,189
13	Caja de captación proyecto Manzanote	758014	1657934	2,155
14	Presa de derivación proyecto de riego aspersión-gravedad Sector 2 Manzanote	757804	1657811	2,090
15	Presa de derivación proyecto de riego aspersión-gravedad Asociación Ali-Ajauu	758455	1657789	2,168
16	Caja de captación proyecto Joya de la Vega	758768	1657704	2,209
17	Presa de derivación proyecto de riego aspersión-gravedad Joya de la Vega	758247	1657419	2,091

Se seleccionaron la mayoría de manantiales captados para consumo humano, 4 manantiales captados para proyectos de riego en la parte alta, y el resto de fuentes son del cauce principal y el manantial Joya Oscura.

CAPÍTULO 4

CALIDAD DEL AGUA

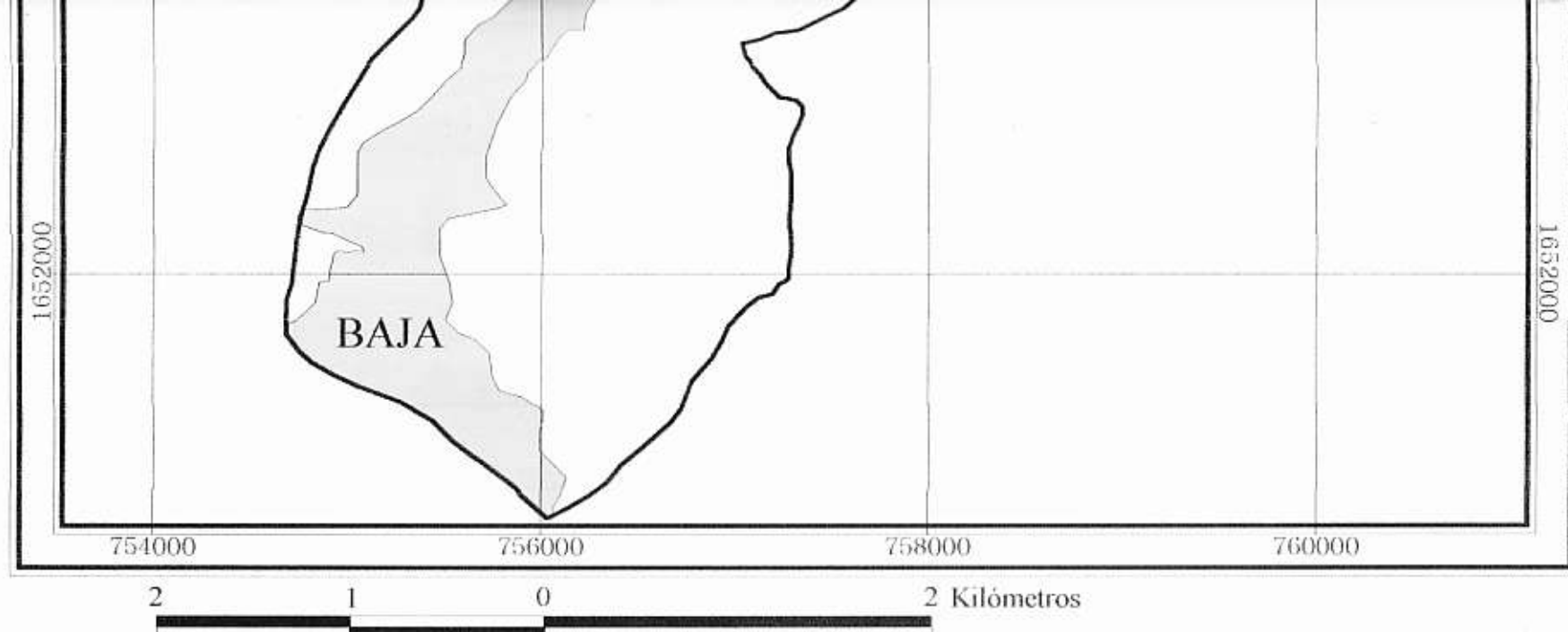
En este capítulo se analiza la calidad del agua de las fuentes muestreadas en la época de estiaje en la microcuenca, realizado en manantiales y en el cauce principal. Se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos a las principales fuentes, para determinar la aptitud del agua para consumo humano y riego. Para consumo humano se utilizó la base de normas para agua potable de COGUANOR y para riego se utilizó la clasificación de USDA, y otros parámetros para evaluar el efecto del Sodio en el suelo.

4.1 DEFINICIÓN E IMPORTANCIA

La calidad del agua natural depende fundamentalmente de su contenido en materiales disueltos o dispersos que se ponen en contacto con ella por interacción con su entorno ecológico a través de los ciclos biológicos no alterados antropogénicamente, por lo tanto no existe un patrón universal de calidad natural debido a que los componentes físicos, químicos y biológicos del entorno constituyen factores de variabilidad. Sin embargo, existen indicadores físicos, químicos y biológicos que permiten establecer cuando un cuerpo de agua se aleja de las condiciones normales que sus propios ecosistemas definen. (Oliva *et al.* 2001)

En Guatemala, la contaminación del agua se asocia principalmente a la actividad agrícola en el área rural, con el crecimiento urbano, densidad poblacional y la industria en el área urbana. La contaminación orgánica y química así como los desechos sólidos constituyen un hecho real que degrada la condición natural, económica y social de prácticamente todas las fuentes superficiales del país y en los centros urbanos amenaza también las aguas subterráneas. La presión sobre el agua hará más difícil cada día recuperar las aguas, comprometerá su disponibilidad y provocará consecuencias más graves sobre la salud, la economía y el ambiente. La contaminación del agua incide sobre la salud de la población (50% de las causas de morbilidad son transmitidas por el agua), compromete caudales para otros usos y constituye una amenaza para usos productivos, entre otros, el turismo y el ambiental. (NOVIB y Fundación Solar, 2001)

En la agricultura, es importante conocer la calidad del agua de riego, ya que para regar un cultivo con un determinado tipo de agua, se debe conocer previamente sus características, pues según sea la calidad del agua, es decir, según sean sus propiedades químicas, físicas y biológicas se puede recomendar si un agua es apta o no para algunos cultivos. Hay que tener en cuenta que la calidad de un agua vendrá fundamentalmente determinada por las sales que en ella se encuentren, y dependerá de la naturaleza de éstas, así como de sus concentraciones, para que el desarrollo de la planta sea el adecuado. En Guatemala son muy escasos los



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE AGRONOMÍA MAESTRÍA EN MANEJO SOSTENIBLE DE SUELO Y AGUA CON ESPECIALIDAD EN PLANIFICACIÓN Y MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS EN AGRONOMÍA  Proyección Universal Transversal Mercator Datum Horizontal: WGS-84 Zona 16 elipsoide WGS-84, Norte de cuadrícula Espaciamiento de la cuadrícula horizontal y vertical 2,000 metros.	CATEGORÍA		ÁREA	
	%		km ²	
		Alta	8.04	2.29
		Moderada	55.22	15.72
		Baja	6.95	1.98
		Nula	29.79	8.48
	TOTAL		28.47	

FIGURA 10. ÁREAS CRÍTICAS DE RECARGA HÍDRICA NATURAL
DE LA MICROCUENCA DEL RÍO COTÓN, BAJA VERAPAZ.

uso y/o manejo contrario a su capacidad, podría disminuir el potencial de recarga, repercutiendo directamente sobre el caudal de los manantiales.

Las áreas críticas de recarga hídrica son precisamente donde están todas las captaciones de los proyectos de agua para consumo humano y riego, y la mayoría de los manantiales. Estas áreas críticas equivalen al 63.26% del área de la microcuenca.

Por lo tanto es sumamente importante mantener la cobertura boscosa en estas unidades, ya que un manejo inadecuado, tendría repercusiones drásticas sobre el caudal de los manantiales. Las unidades 1, 2, 21, 22 y 23, poseen bosques densos, por lo que al eliminar la cobertura, aumentaría significativamente la escorrentía, dada las fuertes pendientes existentes, lo que además ocasionaría arrastre de sedimentos. Las unidades 3 y 24, son áreas dedicadas a la agricultura, por lo que el uso y adopción de prácticas de conservación de suelos es sumamente importante.

Actualmente no existe un manejo sostenible en las áreas críticas de recarga hídrica natural, existiendo principalmente problemas como avance de la frontera agrícola (alta presión sobre el bosque), poca adopción de prácticas de conservación de suelos, riesgos de contaminación a los manantiales (bacteriológica y por plaguicidas), entre otras. En un capítulo posterior se realiza un análisis de los resultados obtenidos en el estudio, así como de la situación actual de los recursos naturales y aspectos socioeconómicos en la microcuenca, proponiéndose lineamientos de manejo, principalmente del recurso hídrico, los cuales están orientados hacia un manejo sostenible y racional del mismo.

Cuadro 20. Priorización de áreas críticas de recarga hídrica natural en la microcuenca del río Cotón.

Unidad de mapeo	Código asignado				Total	Categoría
	Geología	Infiltración básica (cm/h)	Recarga anual (mm)	Pendiente (%)		
1	0	1	4	3	8	Moderado
2	0	2	4	3	9	Moderado
3	0	1	4	2	7	Moderado
4	0	0	0	3	3	Bajo
5	0	1	0	4	5	Bajo
6	0	1	0	4	5	Bajo
7	0	1	0	4	5	Bajo
8	0	0	0	1	1	Bajo
9	0	0	0	2	2	Bajo
10	0	1	0	4	5	Bajo
11	0	0	0	2	2	Bajo
12	0	1	0	4	5	Bajo
13	0	1	0	4	5	Bajo
14	0	0	0	3	3	Bajo
15	0	0	1	2	3	Bajo
16	0	0	0	2	2	Bajo
17	0	0	0	2	2	Bajo
18	0	1	2	2	5	Bajo
19	0	1	0	3	4	Bajo
20	0	0	0	2	2	Bajo
21	0	2	3	4	9	Moderado
22	0	2	4	4	10	Alto
23	0	2	4	4	10	Alto
24	0	1	4	3	8	Moderado
25	0	1	4	2	7	Moderado
26	0	0	0	4	4	Bajo
27	0	1	0	3	4	Bajo
28	0	0	0	3	3	Bajo

Basándose en la metodología de Cook (2000), las áreas críticas de recarga hídrica natural, corresponden precisamente al área donde existe la mayor cantidad de recarga en la microcuenca, considerándose de *alta susceptibilidad* las unidades 22 y 23, y *moderada susceptibilidad* las unidades 1, 2, 3, 21, 24 y 25, el resto de unidades se considera de *baja susceptibilidad*. (Figura 10)

Los principales factores que inciden que estas áreas de recarga hídrica natural sean críticas, son la pendiente y la recarga potencial, por lo que partiendo de la definición de área crítica de recarga hídrica, un

Las características físicas analizadas se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 22. Parámetros físicos de las fuentes de agua de la microcuenca del río Cotón.

No.	Aspecto	Color	Turbiedad (UT)
1	Claro	Incolora	4.37
2	Claro	Incolora	2.68
3	Claro	Incolora	1.67
4	Claro	Incolora	1.25
5	Claro	Incolora	2.05
6	Claro	Incolora	2.36
7	Claro	Incolora	1.54
8	Claro	Incolora	0.48
9	Claro	Incolora	0.48
10	Claro	Incolora	0.42
11	Claro	Incolora	0.42
12	Claro	Incolora	0.68
13	Claro	Incolora	0.71
14	Claro	Incolora	6.10
15	Claro	Incolora	2.83
16	Claro	Incolora	2.45
17	Claro	Incolora	4.06

UT: Unidades nefelométricas.

El orden de las fuentes en el cuadro anterior, así como en los cuadros 23, 24, 26 y 27 corresponde al número correlativo del cuadro 21.

Todas las fuentes de agua presentan un aspecto claro e incoloro, debido a que son aguas naturales, aún en las presas de derivación de los proyectos de riego y en los cauces naturales, ya que el muestreo fue realizado en la época de estiaje, en donde el arrastre de sedimentos es mínimo.

La turbiedad oscila en los manantiales captados entre 0.42 y 2.68 y en los cauces naturales entre 0.42 y 6.10 UT. El LMA establecido por la norma COGUANOR es de 5 UT, por lo que todas las fuentes se encuentran por debajo de la norma, a excepción del cauce natural que abastece el proyecto de riego por aspersión-gravedad del Sector 2 Manzanote que excede ligeramente el valor.

Los parámetros físicoquímicos analizados se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 23. Parámetros fisicoquímicos de las fuentes de agua de la microcuenca del río Cotón.

No.	pH	CE $\mu\text{S/cm}$	SDT mg/L	Alcalinidad total mg/L CaCO_3	Dureza total mg/L CaCO_3	Sulfatos mg/L SO_4^{2-}	Cloruros mg/L Cl^-
1	7.90	182	124	71.20	92.80	2.30	No detectados
2	7.43	211	134	106.80	110.60	2.90	No detectados
3	7.78	176	127	71.20	100.70	No detectados	No detectados
4	7.96	161	110	71.20	96.75	No detectados	No detectados
5	8.02	162	92	71.20	96.75	No detectados	No detectados
6	7.78	232	146	106.80	126.40	No detectados	No detectados
7	8.76	271	179	124.60	142.17	2.40	No detectados
8	7.18	107	77	53.40	75.03	1.97	No detectados
9	5.80	60	48	35.60	29.60	1.90	No detectados
10	5.82	28	29	17.80	19.80	1.80	No detectados
11	7.20	29	30	17.80	23.70	1.80	No detectados
12	7.52	188	123	71.20	88.90	3.60	No detectados
13	6.89	103	69	53.40	51.30	2.40	No detectados
14	7.36	50	43	35.60	25.70	1.70	No detectados
15	7.09	44	43	35.60	21.70	1.90	No detectados
16	6.27	70	59	35.60	31.60	1.70	No detectados
17	7.02	49	40	35.60	33.60	1.70	No detectados

El pH en los manantiales captados, oscila entre 5.80 y 8.02. El LMP establecido por la norma COGUANOR es de 6.5 a 8.5, encontrándose por debajo de la norma las 2 fuentes de agua del proyecto Tuncáj y la fuente de agua del proyecto Joya de la Vega. En los cauces naturales el pH oscila entre 7.02 y 8.76, encontrándose dentro del rango establecido por la norma, a excepción del punto de aforo.

El contenido de sales en todas las fuentes de agua es bajo, oscilando la conductividad eléctrica en los manantiales captados entre 28 y 211 $\mu\text{Siemens/cm}$ y en los cauces naturales entre 29 y 271 $\mu\text{Siemens/cm}$. La norma COGUANOR establece como LMP $<1500 \mu\text{Siemens/cm}$, por lo que todas las fuentes se encuentran muy por debajo de este valor.

Los sólidos totales disueltos oscilan entre 29 y 134 mg/L en los manantiales captados y entre 30 y 179 mg/L en los cauces naturales, encontrándose todas las fuentes muy por debajo del LMA establecido por la norma COGUANOR, que es de 500 mg/L . Por lo que todas las fuentes se clasifican como aguas dulces, con concentraciones $<1000 \text{ mg/L STD}$. (Custodio y Llamas, 2001)

El LMP establecido por la norma COGUANOR para la dureza es de 500 mg/L CaCO_3 , encontrándose concentraciones en los manantiales captados que oscilan entre 19.80 y 110.60 mg/L CaCO_3 y en los cauces naturales oscilan entre 21.70 y 142.17 mg/L CaCO_3 . Por lo que todas las fuentes presentan valores muy por debajo del LMP establecido por la norma. De acuerdo con Castañeda (2003), las fuentes se clasifican como *suaves* y *poco suaves*, con mayores contenidos de CaCO_3 los manantiales captados que abastecen las comunidades del municipio de Pachalúm.

El LMA establecido por la norma COGUANOR para los Sulfatos es de 100 mg/L, las concentraciones que se obtuvieron en los manantiales captados oscilan entre 1.70 y 3.60 mg/L y en los cauces naturales las concentraciones oscilan entre 1.7 y 2.4 mg/L. Presentando todas las fuentes valores muy por debajo del LMA que establece la norma. En los manantiales captados de los proyectos de Altos – Toro Seco, Pachalúm 1 y 2, y el manantial Joya Oscura, no se detectó la presencia de Sulfatos.

En lo que respecta a Cloruros, en todas las fuentes de agua no se detectó la presencia de este anión, debido a que las principales fuentes naturales de Cloruros son rocas sedimentarias, como halita (NaCl) y silvita (CaCl) y erupciones volcánicas. La norma COGUANOR establece un rango entre 100 y 250 mg/L de cloruros.

El Calcio es el componente principal de la dureza en el agua y generalmente se encuentra en un rango entre 5 y 500 mg/L como CaCO_3 (Padilla 2,003). En los manantiales captados las concentraciones oscilaron entre 0.12 y 1.37 meq/L (2.40 - 27.45 mg/L) y en los cauces naturales entre 0.12 y 3.13 meq/L (2.40 - 62.73 mg/L). Por lo que todas las fuentes se encuentran muy por debajo del LMA establecido por la norma COGUANOR que es de 75 mg/L.

El Magnesio por lo general representa una tercera parte de la dureza total del agua, correspondiéndole al Calcio las dos terceras partes restantes (Padilla, 2003). Las concentraciones de Magnesio que se obtuvieron en los manantiales captados oscilan entre 0.14 y 1.93 meq/L (1.70 - 23.46 mg/L) y en los cauces naturales oscilan entre 0.08 y 1.95 meq/L (0.97 - 23.70 mg/L). El LMA establecido por la norma COGUANOR es de 50 mg/L, por lo que todas las fuentes se encuentran muy por debajo de esta concentración.

Las sales de Sodio son muy solubles y muy difíciles de precipitar, en aguas dulces se encuentra entre 1 a 150 mg/L (Custodio y Llamas, 2001). Las concentraciones de Sodio que se obtuvieron en los manantiales

captados oscilan entre 0.13 y 0.61 meq/L (2.99 - 14.02mg/L) y en los cauces naturales oscilan entre 0.26 y 1.04 meq/L (5.98 - 23.91 mg/L) por lo que todas las fuentes se consideran como aguas dulces.

El Potasio tiene una solubilidad muy elevada y difícil de precipitar, en aguas dulces se encuentra entre 0.1 y 10 mg/L (Custodio y Llamas, 2001). En los manantiales captados se obtuvieron concentraciones de Potasio, que oscilan entre 0.01 y 0.03 meq/L (0.39 - 1.17 mg/L) y en los cauces naturales osciló entre 0.01 y 0.09 meq/L (0.39 - 3.52 mg/L). El LMA establecido por la norma COGUANOR es de 10 mg/L, por lo tanto, todas las fuentes de agua, se encuentran muy por debajo de este límite.

El Cobre no se encuentra presente en ninguna de las fuentes muestreadas. El Zinc únicamente se encuentra en la caja de captación 1 del proyecto Ojo de Agua, con una concentración de 0.1 mg/L muy por debajo del LMA establecido por la norma COGUANOR, que es de 3 mg/L, además esta fuente es la única en donde se detectó la presencia de Manganeso, con una concentración de 0.4 mg/L encontrándose ligeramente inferior que el LMP establecido por la norma COGUANOR, que es de 0.5 mg/L.

En el caso del Hierro, únicamente se detectó en los manantiales captados de los proyectos de Altos - Piedras Blancas y Pachalúm 1, en concentraciones de 0.2 y 0.1 mg/L respectivamente. En los cauces naturales, se detectó la presencia en el cauce principal del río Cotón (abajo del puente Rancho Viejo) y en el manantial que abastece el sistema de riego por aspersión-gravedad de los caseríos Tuncáj y San José el Rodeo, con concentración de 0.2 y 0.1 mg/L respectivamente, encontrándose dentro del rango establecido por la norma COGUANOR, que es de 0.1 a 1 mg/L. Estos 4 microelementos (Cu, Zn, Fe y Mn), dada la presencia y su concentración no representan riesgo alguno para la salud humana, ya que existen en concentraciones mínimas.

Las concentraciones obtenidas de microelementos son las esperadas, ya que de acuerdo con Custodio y Llamas (2001), el Cobre y el Zinc suelen estar en aguas dulces casi siempre en cantidades menores de 0.0001 mg/L. El Hierro suele estar presente entre 0.01 y 10 mg/L, y el Manganeso en cantidades menores de 0.0001 mg/L.

Todos los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma COGUANOR 29001, por lo que se consideran aptas para consumo humano, dado a que son aguas naturales, en donde no existen fuentes potenciales de contaminación. La clasificación fisicoquímica de las fuentes de agua se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 24. Clasificación fisicoquímica de las fuentes de aguas de la microcuenca del río Cotón.

No.	Clase de agua	Clasificación Fisicoquímica	Predominancia de iones
1	Superficial	Bicarbonatada cálcica-magnésica	$\text{HCO}_3^- \text{-Ca}^{++} \text{-Mg}^{++} \text{-Na}^+$
2	Subterránea	Bicarbonatada magnésica-cálcica	$\text{HCO}_3^- \text{-Mg}^{++} \text{-Ca}^{++}$
3	Subterránea	Bicarbonatada magnésica	$\text{HCO}_3^- \text{-Mg}^{++}$
4	Subterránea	Bicarbonatada magnésica	$\text{HCO}_3^- \text{-Mg}^{++}$
5	Subterránea	Bicarbonatada magnésica	$\text{HCO}_3^- \text{-Mg}^{++}$
6	Superficial	Bicarbonatada magnésica	$\text{HCO}_3^- \text{-Mg}^{++}$
7	Superficial	Bicarbonatada magnésica-cálcica	$\text{HCO}_3^- \text{-Mg}^{++} \text{-Ca}^{++}$
8	Subterránea	Bicarbonatada mixta	$\text{HCO}_3^- \text{-Mg}^{++} \text{-Na}^+ \text{-Ca}^{++}$
9	Subterránea	Bicarbonatada mixta	$\text{HCO}_3^- \text{-Na}^+ \text{-Mg}^{++} \text{-Ca}^{++}$
10	Subterránea	Bicarbonatada mixta	$\text{HCO}_3^- \text{-Ca} \text{-Na} \text{-Mg}$
11	Superficial	Bicarbonatada sódica-cálcica	$\text{HCO}_3^- \text{-Na}^+ \text{-Ca}^{++}$
12	Subterránea	Bicarbonatada cálcica	$\text{HCO}_3^- \text{-Ca}^{++}$
13	Subterránea	Bicarbonatada mixta	$\text{HCO}_3^- \text{-Mg}^{++} \text{-Ca}^{++} \text{-Na}^+$
14	Superficial	Bicarbonatada mixta	$\text{HCO}_3^- \text{-Mg}^{++} \text{-Na}^+ \text{-Ca}^{++}$
15	Superficial	Bicarbonatada mixta	$\text{HCO}_3^- \text{-Na}^+ \text{-Mg}^{++} \text{-Ca}^{++}$
16	Subterránea	Bicarbonatada mixta	$\text{HCO}_3^- \text{-Na}^+ \text{-Ca}^{++} \text{-Mg}^{++}$
17	Superficial	Bicarbonatada mixta	$\text{HCO}_3^- \text{-Na}^+ \text{-Ca}^{++} \text{-Mg}^{++}$

El cauce principal en la parte media de la microcuenca se clasifica como bicarbonatada cálcica-magnésica y en el punto de aforo como bicarbonatada magnésica-cálcica, debido al aporte significativo en caudal que tributa el manantial Joya Oscura, el cual se clasifica como bicarbonatada-magnésica. La presencia del Calcio en el cauce principal se atribuye, a que en esta parte esta ubicado sobre una capa de caliza de espesor considerable.

Los manantiales que abastecen las comunidades del municipio de Pachalúm (incluyendo el manantial Joya Oscura), se clasifican como bicarbonatadas-magnésicas, a excepción del manantial del proyecto Altos-Piedras Blancas, donde existe una cantidad significativa de Calcio (bicarbonatada magnésico-cálcica). Por lo tanto se puede inferir que la fuente de recarga hídrica natural es la misma, lo que ayuda a explicar la descarga del manantial Joya Oscura, ubicado en un área donde los suelos son *poco permeables*.

La mayoría de las fuentes ubicadas en la parte alta de la microcuenca, se clasifican como bicarbonatadas mixtas, a excepción del manantial que abastece el sistema de riego por aspersión-gravedad de Tuncáj y San José el Rodeo, y el manantial captado de Ojo de Agua 2, clasificándose como bicarbonatada

sódica-cálcica y bicarbonatada cálcica respectivamente. La presencia del Magnesio y Sodio se atribuye a que el contenido mineralógico del material geológico en esta área está constituido por magnesiohornblenda (silicatos complejos hidratados de Mg), Albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) y cuarzo (SiO_2). Siendo la fuente potencial de Magnesio la hornblenda y del Sodio la Albita, sin embargo, hay que considerar que otra fuente potencial del Sodio puede ser la contaminación de las fuentes por basura, ya que en 3 de los manantiales (no sellados) utilizados para riego existe predominancia de este elemento. Los diagramas de Piper para todas las fuentes de agua muestreadas se muestran en el Anexo 4.

4.2.2 Parámetros bacteriológicos

En lo referente al análisis bacteriológico, la norma COGUANOR NGO 29001, establece que el agua es potable si cumple con las siguientes condiciones: (OPS, 1987)

- Menos de 2.2 organismos coli – erogenes en 100 ml de muestra, definiéndose como organismos de los grupos coliformes a todos los bacilos aeróbicos o anaeróbicos facultativos no esporógenos, gram positivos, que fermenten el caldo lactosado con formación de gas.
- Menos de 200 colonias bacterianas por ml de la muestra, en la placa agar incubada a 20 y 35 °C por 24 horas.

Los parámetros bacteriológicos que se determinaron fueron los siguientes: bacterias totales, coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*. Entre los coliformes totales se encuentra *E. coli*, la cual tiene un origen específicamente fecal, y rara vez está presente en el suelo o en la vegetación. Por lo que su presencia es un indicativo de que existe contaminación fecal en el agua. Aunque existe la probabilidad de que se desarrollen nuevamente en el sistema de distribución, en lugares con alto contenido de nutrientes bacterianos, bajo cloro residual, temperaturas mayores a 13 °C y una demanda bioquímica de oxígeno mayor a 14 mg/L. (OPS, 1987; Tebbutt, 1990)

El procedimiento de muestreo fue el mismo que se utilizó para parámetros físicoquímicos, a diferencia de que la cantidad de agua fue de 100 ml para lo cual se utilizaron recipientes estériles.

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Microbiología (LAMIR) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 25. Parámetros bacteriológicos de las fuentes de agua de la microcuenca del río Cotón.

No.	Fuente	Bacterias totales UFC/ml	Coliformes totales NMP/100 ml	Coliformes fecales NMP/100 ml	<i>Escherichia coli</i>
1	Cauce principal (puente Rancho Viejo)	170	110	33	Sí
2	Caja de captación proyecto Altos-Piedras Blancas	25	8	<2	No
3	Caja de captación proyecto Altos-Toro Seco	25	<2	<2	No
4	Caja de captación proyecto Pachalúm 1	25	50	10	Sí
5	Caja de captación proyecto Pachalúm 2	25	<2	<2	No
6	Manantial Joya Oscura	290	540	110	Sí
7	Punto de aforo (Caserío Los Altos)	580	210	50	Sí
8	Caja de captación 1 proyecto Ojo de Agua	<10	33	<2	No
9	Caja de captación 1 proyecto Tuncáj	<10	<2	<2	No
10	Caja de captación 2 proyecto Tuncáj	<10	5	<2	No
11	Canal de derivación proyecto de riego aspersión-gravedad Tuncáj-San José El Rodeo	100	540	33	Sí
12	Caja de captación 2 proyecto Ojo de Agua	<10	<2	<2	No
13	Caja de captación proyecto Manzanote	<10	2	<2	No
14	Presa de derivación proyecto de riego aspersión-gravedad sector 2 Manzanote	65	350	130	Sí
15	Presa de derivación proyecto de riego aspersión-gravedad asociación Ali-Ajauu	40	5	<2	No
16	Caja de captación proyecto Joya de la Vega	300	920	<2	No
17	Presa de derivación proyecto de riego aspersión-gravedad Joya de la Vega	200	17	10	Sí

UFC: Unidades formadoras de colonia

NMP: Número más probable

El recuento total de bacterias oscila entre <10 y 300 UFC/ml en los manantiales captados y de 40 a 580 UFC/ml en los cauces naturales. La norma COGUANOR establece un LMP de 500 UFC/ml, encontrándose todas las fuentes muy por debajo de este valor, a excepción, del punto de aforo de la microcuenca, donde se detectaron 580 UFC/ml.

Los coliformes totales oscilan entre <2 y 920 NMP/100 ml en los manantiales captados, por lo que únicamente cumplen con la norma COGUANOR los manantiales de Altos-Toro Seco, Pachalúm 2, Tuncáj 1 y Ojo de Agua 2, que poseen <2 NMP/100 ml que es lo que establece la norma como LMP. El manantial captado del proyecto Joya de la Vega posee el valor más alto, que es de 920 NMP/100 ml, lo cual se debe a que la caja de captación no está sellada, quedando vulnerable a la contaminación por animales, y en determinado momento por humanos.

Los coliformes fecales, únicamente están presentes en el manantial captado del proyecto de Pachalúm 1, el resto de los manantiales catados posee valores <2 NMP/100 ml considerándose aceptables, ya que la norma COGUANOR establece como LMP <2 NMP/100 ml, en los cauces naturales los valores no sobrepasan el LMP, con valores que oscilan entre 10 y 130 NMP/100 ml.

Lo mismo sucede con *Escherichia coli*, ya que en el único manantial captado en donde se aisló fue en el que abastece el proyecto Pachalúm 1, obviamente, también se aisló en los cauces naturales. La contaminación fecal, en el manantial captado, pudo deberse a una contaminación puntual. Debe tomarse muy en cuenta, la contaminación fecal y por *Escherichia coli*, en los proyectos de riego, ya que los productos son de consumo local, lo que podría ocasionar efectos en la salud de la población, y en el caso del proyecto de riego por aspersión-gravedad de la Asociación Ali-Ajauu, los cultivos que se irrigan son de exportación.

Sin embargo, solamente se consideran aguas aptas para consumo humano desde el punto de vista microbiológico, las cajas de captación de los proyectos de Pachalúm 2, Altos-Toro Seco, Tuncáj 1 y Ojo de Agua 2. En el caso de los proyectos de Tuncáj y Ojo de Agua, las 2 líneas de conducción de cada proyecto van hacia el mismo tanque de distribución, por lo que el agua que se distribuye a la población no es apta para consumo humano.

Por lo tanto únicamente se consideran aceptables las fuentes que abastecen los proyectos de Pachalúm 1 y Altos-Toro Seco, por lo que es importante implementar métodos de cloración, y de acuerdo a recomendaciones del laboratorio, habría que realizar análisis de nemátodos intestinales en los pobladores.

4.3 RIEGO

4.3.1 Calidad

Sandoval (1989), establece que la calidad de agua de riego debe evaluarse con base en la potencialidad de ésta para producir efectos dañinos al suelo y al rendimiento de los cultivos. Debe tomarse en cuenta, tanto la calidad química como la agronómica, la calidad química está determinada por la concentración y composición de los constituyentes disueltos que tenga. Cuando el agua se va a usar para riego de cultivos, la calidad química solamente no va a especificar si el agua debe o no ser empleada, es necesario considerar la calidad agronómica.

Esta calidad está determinada por los factores siguientes: calidad química, suelo por regar, método de riego, condiciones de drenaje del suelo, cultivos por regar, condiciones climáticas y prácticas del agua, del

suelo y de las plantas. Las características que determinan la calidad del agua para riego varían de acuerdo con el método de clasificación que se use.

Castillo (1987), menciona que las características que intervienen en la calidad de un agua de riego son:

- Concentración de sales solubles: hace referencia a la conductividad eléctrica. cationes como el Calcio, Magnesio y el Potasio, cuando se complementan con carbonatos, cloruros y sulfatos y luego por las condiciones adversas del medio adquieren grandes concentraciones, se convierten en perjudiciales para el suelo y las plantas y sobre todo para aquellos suelos pesados con drenaje deficiente o déficit de lluvia.
- ┘ Concentración de Sodio con relación a otras sales: la fácil intercambiabilidad en el complejo argílico y la selectividad de algunas arcillas por el Sodio provoca efectos nocivos en la parte física, química y biológica del suelo.
- La concentración de Cloruros y Sulfatos: los cloruros son tóxicos y aunque no dañan los coloides del suelo, su concentración ocasiona problemas de toxicidad en algunos cultivos sensibles. En cuanto a los Sulfatos, su toxicidad es menor que la de los Cloruros, considerándose más o menos la mitad de estos.
- La concentración de Boro y otras sustancias tóxicas (Aluminio y Selenio): el Boro, conjuntamente con el Aluminio y el Selenio, en pequeñas concentraciones pueden llegar a causar serios problemas en el suelo y por consiguiente a los cultivos.
- ┘ Los Carbonatos y Bicarbonatos: aunque menos dañinos que los otros iones, pueden llegar a constituir problemas en las aguas de riego.

Passbender (1987), establece que las aguas para riego, no solamente deben ser juzgadas por su contenido de sales, es decir de acuerdo con su conductividad eléctrica, sino también según su relación de absorción de Sodio.

Existen varios métodos para clasificar el agua de riego (USDA, FAO, etc.), sin embargo, en nuestro medio el mas utilizado es el del laboratorio de salinidad del departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA) Riberside, California. El método se basa en la conductividad eléctrica y la relación de adsorción de Sodio.

Al clasificar las aguas para riego, se supone que van a usarse bajo condiciones medias respecto de la textura del suelo, la velocidad de infiltración, el drenaje, la cantidad de agua usada, el clima y la tolerancia del cultivo a las sales. Desviaciones considerables del valor medio de cualesquiera de estas variables puede hacerse inseguro el uso de un agua que bajo condiciones medias sería de muy buena calidad o, al contrario, pueden inducir a considerar un agua como buena cuando bajo condiciones medias sería de dudosa calidad.

Para el análisis de la calidad de agua para riego se utilizó la metodología del laboratorio de salinidad del departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA), la cual considera las siguientes características básicas:

- ❑ La concentración total de sales solubles (conductividad eléctrica expresada en micromhos/cm).
- ❑ La concentración relativa del Sodio con respecto a otros cationes (relación de absorción de Sodio, RAS).

La relación de absorción de Sodio expresa la concentración relativa de Sodio con respecto al Calcio y Magnesio, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$RAS = \frac{Na^+}{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}$$

Donde las concentraciones de Sodio, Calcio y Magnesio se expresan en miliequivalentes por litro (meq/L). Posteriormente se utilizó el diagrama para la clasificación de aguas para riego, basado en las 2 características anteriores. (Sandoval, 1989)

El procedimiento de muestreo fue el mismo al que se describió anteriormente, para los parámetros fisicoquímicos. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis de Suelo-Agua-Planta de la FAUSAC, determinando lo siguiente: Bicarbonatos, Carbonatos, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Cobre, Zinc, Hierro y Manganeso.

donde existe mayor demanda del servicio ($310 \text{ m}^3/\text{día}$), además utiliza el 37% del caudal de manantiales, por lo que la optimización del uso del agua debe ser una prioridad.

El proyecto de Altos-Piedras Blancas posee una eficiencia alta, siendo de 91%. En el caso del proyecto de Altos-Toro Seco, no fue posible determinar el caudal en el tanque de distribución, debido a aspectos constructivos del mismo.

Los proyectos ubicados en la parte alta de la microcuenca, presentaron altas eficiencias de conducción, obteniéndose valores mayores del 90%. En el caso de los proyectos Tuncáj (Cubulco) y Ojo de Agua (Granados), cada uno posee dos líneas de conducción hacia un mismo tanque, y de este se distribuye a la población mediante un sistema abierto. Los proyectos de Joya de la Vega y El Aviadero, no poseen un tanque de distribución, por lo que el agua se distribuye directamente a la población, mediante un sistema abierto.

En proyectos de conducción de agua en canales abiertos, únicamente se pudo determinar en el canal de conducción del proyecto de riego aspersión-gravedad del caserío Tuncáj y la aldea de San José El Rodeo, obteniéndose una eficiencia de 88%, la cual es alta, ya que el canal en su mayoría es de sección rectangular y revestido con concreto.

Las bajas eficiencias de conducción obtenidas, se deben principalmente a la falta de mantenimiento y/o reparación de la tubería.

El método que se utilizó para determinar la eficiencia de conducción fue el de entradas y salidas, en los proyectos de conducción en tuberías se aforó en la caja de captación y en el tanque de distribución utilizando el método volumétrico, y en el caso del canal de conducción se aforó aplicando el método de sección-velocidad, utilizando el minimolinete descrito anteriormente.

Los aforos fueron realizados en la época de estiaje de la microcuenca, determinándose que se utiliza un caudal de $2.239 \text{ m}^3/\text{día}$, destinados para proyectos de abastecimiento de agua para consumo humano. Del total del caudal de manantiales, únicamente se utiliza el 24.9% para este uso. La ubicación de las captaciones de los proyectos se muestra en el siguiente cuadro:

se utilizó fue el desarrollado por UNICEF, para el abastecimiento de agua por gravedad en comunidades rurales.

a. Eficiencias de conducción

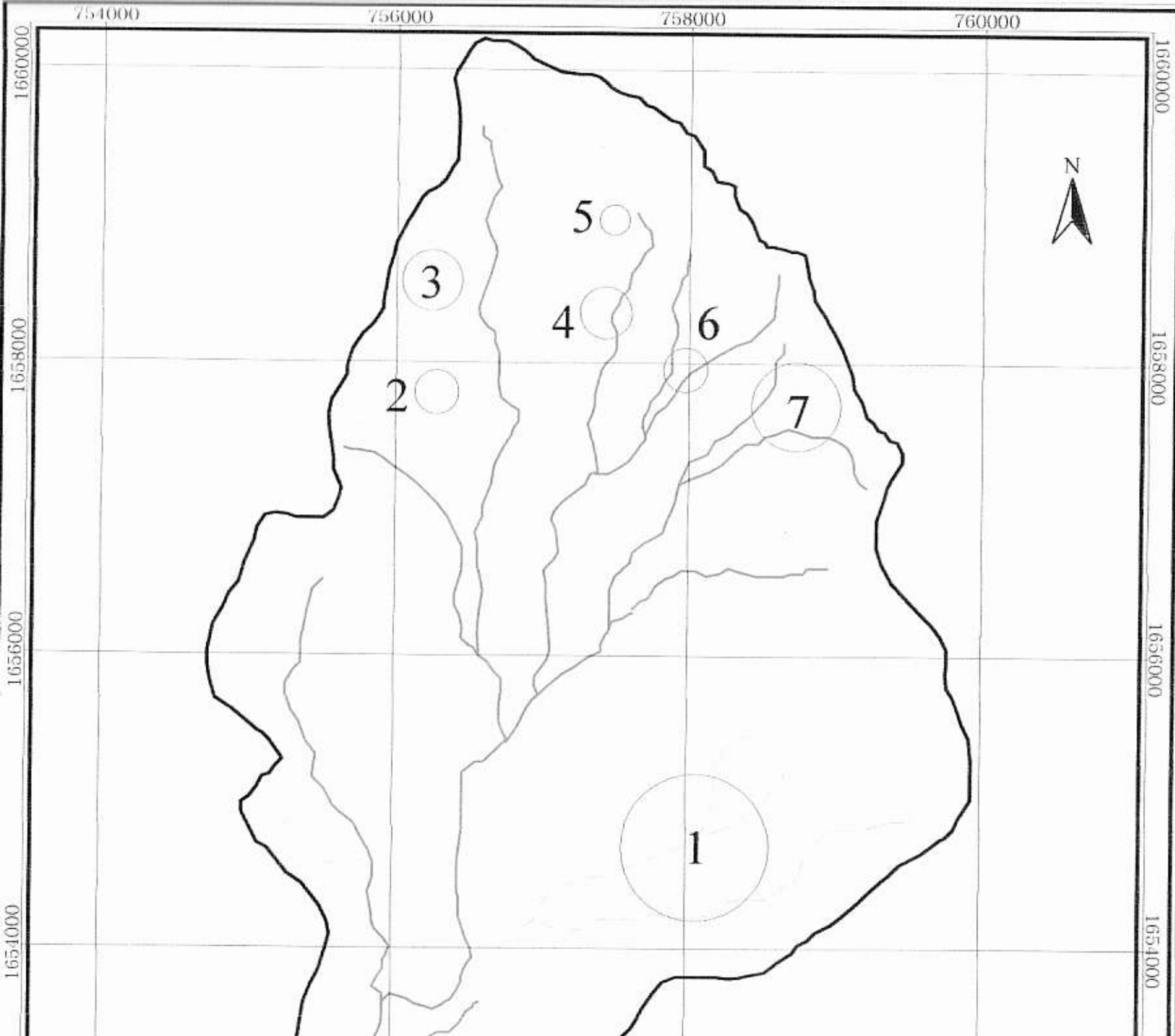
Los proyectos de conducción de agua para consumo humano en comunidades urbanas y rurales, ubicados dentro y en áreas cercanas a la microcuenca del río Cotón, fueron diseñados en tubería de Cloruro de Polivinilo (PVC), a excepción del proyecto de Pachalúm, que posee un tramo con tubería de Aluminio. La mayoría de proyectos, utilizan el sistema de almacenamiento de agua, es decir la conducen de la fuente hacia un tanque, y de este la distribuyen a las viviendas mediante conexiones prediales.

Debido a que el agua es conducida en tuberías, las pérdidas por fugas deberían ser mínimas, o sea, altas eficiencias de conducción, sin embargo, en algunos proyectos existen pérdidas de agua significativas, tal como se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro 29. Eficiencias de conducción de proyectos de abastecimiento de agua para consumo humano en la microcuenca del río Cotón.

Proyecto	Caudal disponible caja de captación		Caudal disponible tanque de distribución		Eficiencia de conducción (%)
	L/s	m ³ /día	L/s	m ³ /día	
Altos-Piedras Blancas	6.73	581.47	6.12	528.77	91
Altos-Toro Seco	2.50	216.00	-	-	-
Pachalúm 1	4.57	394.85	2.23	192.67	49
Pachalúm 2	5.07	438.05	3.74	323.14	74
Tuncáj captación 1	0.95	82.08	0.91	78.62	96
Tuncáj captación 2	0.35	30.24	0.34	29.38	97
Ojo de Agua captación 1	0.61	52.70	0.57	49.25	93
Ojo de Agua captación 2	1.07	92.45	0.98	84.67	92
Manzanote	0.48	41.47	0.46	39.74	96
Joya de la Vega captación 1	0.17	14.69	-	-	-
Joya de la Vega captación 2	2.71	234.14	-	-	-
El Aviadero	0.70	60.48	-	-	-

López Vera (2001), establece como límite técnico y económico para las pérdidas por fugas en tuberías de conducción, entre 10 y 15%. Por lo que los proyectos de conducción de agua pertenecientes al municipio de Pachalúm, presentan bajas eficiencias de conducción, principalmente la línea 1, en donde se pierde el 51% del agua, y la línea 2 del mismo proyecto, con un 74% de eficiencia, es decir se pierde el 26%. Hay que tomar en consideración que este proyecto es el más importante, ya que abastece a la cabecera municipal, en



Cuadro 28. Área de protección de los manantiales captados en proyectos de abastecimiento de agua para consumo humano en la microcuenca del río Cotón.

Manantial captado	Recarga anual m	Volumen extracción anual (m ³)	Área de la zona de protección (m ²)	Radio (m)
Altos-Piedras Blancas	0.26	212,237	816,296	510
Altos-Toro Seco	0.26	78,840	303,231	311
Pachalúm 1	0.26	144,120	554,308	420
Pachalúm 2	0.26	159,888	614,954	442
Tuncáj captación 1	0.35	29,959	85,597	165
Tuncáj captación 2	0.27	11,038	40,881	114
Ojo de Agua captación 1	0.30	19,237	64,123	143
Ojo de Agua captación 2	0.35	33,744	97,809	176
Manzanote	0.27	15,137	56,063	134
Joya de la Vega	0.27	90,824	336,385	327
El Aviadero	0.27	22,075	81,759	161

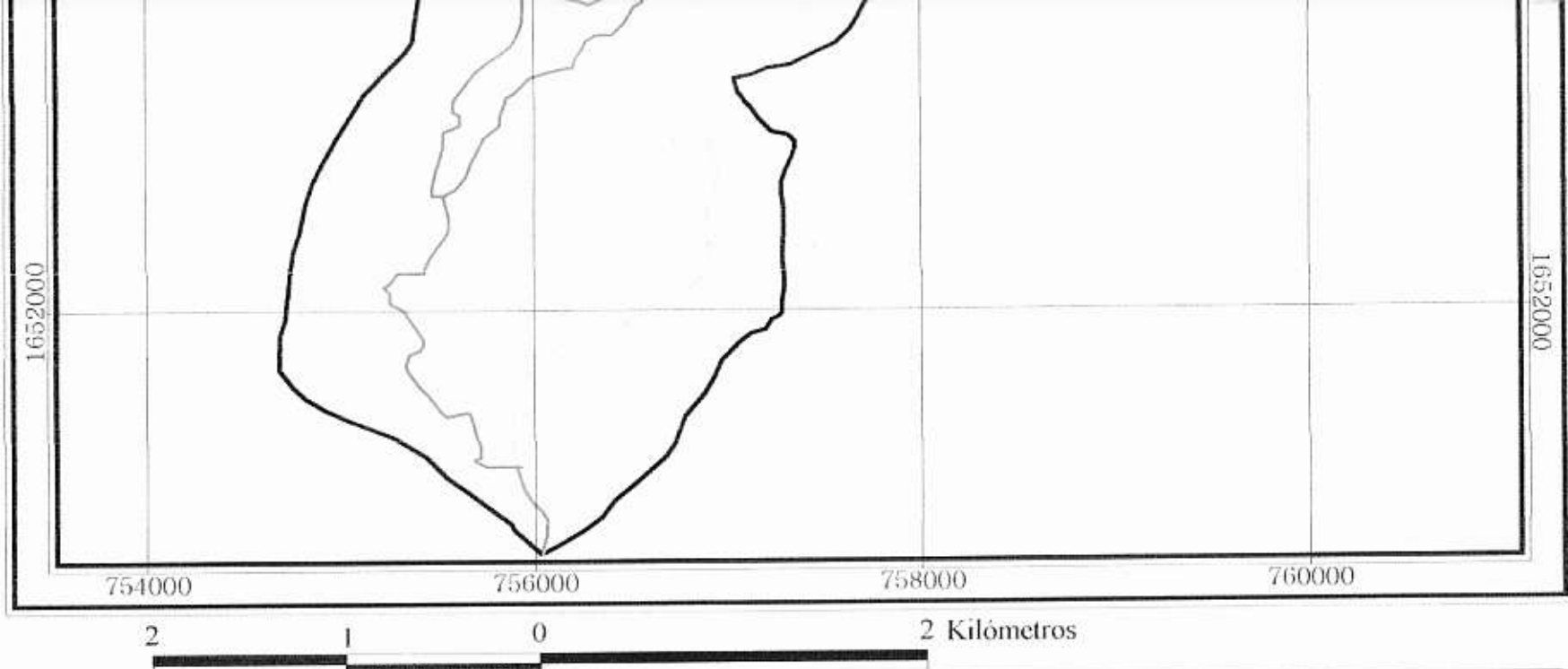
Dada los volúmenes de extracción de los manantiales que abastecen los proyectos de Pachalúm, Los Altos, Piedras Blancas y Toro Seco, poseen los mayores radios de protección oscilando entre 311 y 510 m. En el caso de los manantiales ubicados en la parte alta, los radios de protección son significativamente menores, oscilando entre 114 y 176 m a excepción del manantial Joya de la Vega (327 m), debido a que posee el mayor caudal. Es importante tomar en consideración, que dada las condiciones socioeconómicas y de tenencia de la tierra, la aplicación de este criterio es difícil. Por lo que es necesario hacer conciencia en la población de establecer un área de protección de los manantiales, estableciendo por lo menos un radio fijo de protección (50 m mínimo), que incluso puede ser menor que el calculado con el método descrito anteriormente.

5.1.3 Aprovechamiento

Actualmente en la microcuenca del río Cotón, el recurso hídrico se utiliza para 2 propósitos principales, consumo humano y riego.

A. Consumo humano

Dada la importancia que tiene la microcuenca del río Cotón, como fuente de abastecimiento de agua para consumo humano en las comunidades de Pachalúm (incluyendo la cabecera municipal), Granados y Cubulco, estimándose actualmente una demanda de 575 m³/día, se realizó un análisis sobre las eficiencias de conducción de los proyectos, situación actual y futura de la demanda de la población. El procedimiento que



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
MAESTRÍA EN MANEJO SOSTENIBLE DE SUELO Y AGUA CON
ESPECIALIDAD EN PLANIFICACIÓN Y
MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS EN AGRONOMÍA



Proyección Universal Transversal Mercator
Datum Horizontal: WGS-84
Zona 16 elipsoide WGS-84, Norte de cuadrícula
Espaciamiento de la cuadrícula horizontal y vertical
2,000 metros.

LEYENDA

No.	Manantial (es) captado (s)
1	Altos-Toro Seco, Altos-Piedras Blancas, Pachalúm 1 y 2.
2	Ojo de Agua 1
3	Tuncáj 1
4	Ojo de Agua 2
5	Tuncáj 2
6	Manzanote
7	Joya de la Vega

FIGURA 12. ÁREAS ESTIMADAS DE PROTECCIÓN DE MANANTIALES CAPTADOS PARA CONSUMO HUMANO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO COTÓN, BAJA VERAPAZ.

Es importante tomar en cuenta, que las unidades de mapeo 3 y 24 aportan el 48.82% de la recarga hídrica natural de la microcuenca (4.17 y 44.65% respectivamente), siendo áreas completamente agrícolas. Estas actividades, se caracterizan por el carácter difuso de sus vertidos, que afectan muy especialmente a las aguas subterráneas a través de los residuos de contaminantes que disueltos en el agua se filtran en el terreno. Los altos costos que exigiría depurar esta agua y restaurar la calidad de la misma y suelos afectados, aconseja prestar una atención preferente a este problema en el futuro, por lo que es recomendable realizar análisis de estos contaminantes a los principales manantiales.

Dada la presión a la contaminación antropogénica (bacteriológica y por plaguicidas principalmente) a la que están sometidos los manantiales, principalmente los de la parte alta, es necesario definir un área de protección, en donde se evite la amenaza de contaminación del agua, controlando o limitando a un nivel adecuado toda actividad potencialmente contaminante.

El método que se utilizó para definir el área de protección es el de radio fijo calculado, descrito por Vargas (2002). Calculándose el área de la zona de captura con una relación de balance de agua, como se expresa en la siguiente ecuación:

$$A_R = q_{aa}/R_e$$

Donde:

A_R = Área de la zona de captura. (m^2)

q_{aa} = Volumen de extracción anual. (m^3)

R_e = Recarga anual. (m)

La recarga hídrica anual se asignó de acuerdo a la lámina de recarga de la unidad de mapeo donde esta ubicado el manantial.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

CAPÍTULO 5

SITUACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

Habiendo obtenido la recarga hídrica natural, así como la calidad del agua en la microcuenca del río Cotón, en este capítulo se realiza una breve descripción de la situación actual de los recursos naturales y de su aprovechamiento, principalmente el recurso hídrico. Se describe el recurso hídrico, tanto en calidad como en cantidad, el cambio de la cobertura vegetal y el recurso suelo. Además se realizan estimaciones de demanda del recurso para consumo humano y para riego, se estima el área que potencialmente puede regarse de acuerdo al caudal disponible de manantiales en la microcuenca.

5.1 AGUA

5.1.1 Cantidad

En el balance hídrico de suelos se estimó que la recarga hídrica natural anual por efecto de la precipitación equivale a un volumen anual de $4,775,034 \text{ m}^3$ (10.78%), perdiéndose la mayor parte (> 50%) por evapotranspiración. Este volumen se recarga principalmente en la parte alta y media de la microcuenca, siendo aproximadamente el 63.26% del área total.

5.1.2 Calidad

Desde el punto de vista físicoquímico, no existen problemas con la calidad del agua para consumo humano y riego, existiendo principalmente problemas con la calidad bacteriológica. Detectándose la presencia de *E. coli* y coliformes fecales en un manantial captado (caja de captación del proyecto 1 de Pachalúm), lo cual se puede deber a contaminación puntual y/o transporte de las bacterias desde las áreas de recarga hídrica natural, ya que actualmente no existe delimitación de zonas de protección de manantiales, además existen algunos que se captan para abastecimiento de agua para consumo humano que se encuentran expuestos al ambiente. De acuerdo con el análisis bacteriológico, 5 de los manantiales captados para consumo humano presentan contaminación por coliformes totales.

Considerándose que en la parte alta de la microcuenca, en donde se produce el 97% de la recarga hídrica natural (abasteciendo todos los manantiales), esta ubicada el 75% de la población y donde todas las viviendas no cuentan con sistemas de drenaje (constituyéndose en contaminaciones puntuales), es importante implementar sistemas de tratamiento de residuos sólidos.

Cuadro 27. Efecto del Sodio sobre las propiedades físicas del suelo.

No.	$pK'_2 - pK'_c$	$p(Ca + Mg)$	$p(Alk)$	pH_c	RAS	RAS_{ad}	CSR	Clasificación
1	2.21	2.61	2.58	7.40	0.65	1.31	-2.47	Sin problemas y aptas
2	2.20	2.84	2.54	7.58	0.24	0.43	-0.01	Sin problemas y aptas
3	2.20	2.99	2.61	7.80	0.13	0.20	0.38	Sin problemas y aptas
4	2.20	3.01	2.57	7.78	0.15	0.25	0.72	Sin problemas y aptas
5	2.20	3.01	2.57	7.78	0.15	0.24	0.70	Sin problemas y aptas
6	2.20	2.95	2.50	7.65	0.37	0.64	0.76	Sin problemas y aptas
7	2.20	2.82	2.43	7.45	0.51	0.99	0.83	Sin problemas y aptas
8	2.16	3.23	2.81	8.20	0.80	0.96	0.31	Sin problemas y aptas
9	2.10	3.55	3.09	8.74	0.74	0.49	0.22	Sin problemas y aptas
10	2.10	3.71	3.45	9.26	0.38	0.05	-0.04	Sin problemas y aptas
11	2.06	3.37	3.45	8.88	0.82	0.43	0.15	Sin problemas y aptas
12	2.20	3.65	2.65	8.50	0.45	0.40	0.40	Sin problemas y aptas
13	2.11	3.65	2.81	8.57	0.45	0.37	0.26	Sin problemas y aptas
14	2.10	3.60	3.21	8.91	0.50	0.25	0.07	Sin problemas y aptas
15	2.10	3.58	3.21	8.89	0.52	0.27	0.11	Sin problemas y aptas
16	2.10	3.44	3.14	8.68	0.70	0.50	0.08	Sin problemas y aptas
17	2.10	3.46	3.28	8.84	0.67	0.38	0.04	Sin problemas y aptas

Dado los valores de RAS_{ad} y CSR, las aguas se consideran sin *problemas y aptas* para ser usadas en el riego agrícola, ya que los valores obtenidos son menores que 6 y 1.25 respectivamente. Por lo tanto no existe riesgo de que precipiten los cationes Calcio y Magnesio en forma de carbonatos, proceso que aumenta la sodicidad.

A pesar de que existen algunas fuentes como el manantial que abastece el proyecto de riego por aspersión-gravedad de Tuncáj-San José el Rodeo, clasificándose como bicarbonatada sódica, y de acuerdo con Custodio y Llamas (2001), estas aguas no son aptas para riego, debido a la fijación del Sodio en el terreno y la creación de un medio alcalino. Sin embargo, al clasificar las aguas de acuerdo a las metodologías anteriores, los resultados indican que no existe ningún problema con el Sodio.

El agua de la microcuenca del río Cotón, de acuerdo a los resultados del muestreo realizado a las principales fuentes en la época seca, es apta únicamente para riego, no así para consumo humano, debido principalmente a la contaminación bacteriológica, derivándose la importancia de implementar medidas correctivas o preventivas a las fuentes de agua que se captan para consumo humano y/o riego en las comunidades de Pachalúm, Granados y Cubulco.

- ❑ Problemas crecientes: Ras_{ad} 6 – 9.
- ❑ Problemas graves: $Ras_{ad} > 9$.

Como se muestra en el cuadro 27, todas las fuentes de agua se consideran *sin problemas* para ser usadas en el riego de cultivos agrícolas, por lo que se disminuye la posibilidad de precipitación de sales, proceso que aumenta el riesgo de sodicidad.

4.3.3 Carbonato de Sodio residual

Alonso *et al.* (1995), mencionan otro indicador para expresar el peligro de acumulación sódica en el suelo, que es el Carbonato de Sodio residual (CSR). En agua de riego donde la concentración de HCO_3^- y CO_3^{2-} , es mayor que la de Calcio y Magnesio, existe la tendencia de estos cationes a precipitar en forma de carbonatos a medida que la solución del suelo se va concentrando y, sin embargo, permanece en solución el Na_2CO_3 por su alta solubilidad. Esta reacción no se completa totalmente en circunstancias normales, pero a medida que ella ocurre, la concentración total y relativa del Sodio tiende a crecer, aumentando las posibilidades de intercambio con el complejo adsorbente del suelo y produciendo la dispersión de este.

El CSR se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$CSR = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{++} + Mg^{++})$$

Donde las concentraciones se expresan en meq/L. El criterio que se utilizó para clasificar el agua, fue el siguiente:

- ❑ Apta: $CSR < 1.25$ meq/L.
- ❑ Dudosa: CSR 1.25 y 2.5 meq/L.
- ❑ No apta: $CSR > 2.5$ meq/L.

Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente cuadro:

4.3.2 Evaluación del efecto probable del Sodio sobre las propiedades físicas del suelo

Según Alonso *et al.* (1995), la metodología de USDA, tiene el inconveniente de que la Relación de Absorción de Sodio, no toma en cuenta la posibilidad de precipitación de sales, fenómeno que puede aumentar el riesgo de sodicidad ya que los cationes que pueden precipitar son el Calcio en forma de CaCO_3 y CaSO_4 y el Magnesio en forma de MgCO_3 . Este inconveniente que resulta del cálculo de la Relación de Absorción de Sodio, dio lugar a un ajuste que origina el RAS ajustado (RAS_{ad}), calculándose, según FAO, con la siguiente ecuación:

$$\text{RAS}_{\text{ad}} = \frac{\frac{\text{Na}^+}{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}{(1 + (8.4 - \text{pHc})]}$$

El valor de pHc se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{pHc} = (\text{pK}_2 - \text{pK}_c) + \text{p}(\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{p}(\text{Alk})$$

Donde:

$\text{pK}_2 - \text{pK}_c$ = Logaritmos con signo cambiado de la segunda constante de disociación del H_2CO_3 y de la constante de solubilidad del CaCO_3 respectivamente, ambas corregidas para el valor de la fuerza iónica. Es función de Calcio + Magnesio + Sodio. (meq/L)

$\text{p}(\text{Ca} + \text{Mg})$ = Logaritmo negativo de la concentración molar de Calcio + Magnesio. Es función de Calcio + Magnesio. (meq/L)

$\text{p}(\text{Alk})$ = Logaritmo negativo de la concentración equivalente de $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$. Es función de $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$. (meq/L)

Los valores dependen de la suma de la concentración de los iones. (meq/L)

Calculando la RAS_{ad} se determinó el efecto del Sodio sobre la estructura del suelo, utilizando el siguiente criterio.

- Sin problemas: $\text{RAS}_{\text{ad}} < 6$.

Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 26. Parámetros fisicoquímicos para riego de las fuentes de agua de la microcuenca del río Cotón.

No.	pH	C.E. μS/cm	meq/L						RAS	ppm				Clase
			HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻	Ca	Mg	Na	K		Cu	Zn	Fe	Mn	
1	7.90	182	0.70	1.91	3.13	1.95	1.04	0.09	0.65	0.0	0.0	0.2	0.0	C ₁ S ₁
2	7.43	211	0.70	2.09	0.87	1.93	0.28	0.03	0.24	0.0	0.0	0.2	0.0	C ₁ S ₁
3	7.78	176	0.70	1.74	0.37	1.69	0.13	0.01	0.13	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₁ S ₁
4	7.96	161	0.50	2.17	0.12	1.83	0.15	0.01	0.15	0.0	0.0	0.1	0.0	C ₁ S ₁
5	8.02	162	0.50	2.17	0.12	1.85	0.15	0.01	0.15	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₁ S ₁
6	7.78	232	0.50	2.52	0.37	1.89	0.39	0.02	0.37	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₁ S ₁
7	8.76	271	0.70	3.04	1.00	1.91	0.61	0.04	0.51	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₂ S ₁
8	7.18	107	0.35	1.13	0.37	0.80	0.61	0.01	0.80	0.0	0.1	0.0	0.4	C ₁ S ₁
9	5.80	60	0.17	0.61	0.25	0.31	0.39	0.01	0.74	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₁ S ₁
10	5.82	28	0.00	0.35	0.25	0.14	0.17	0.01	0.38	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₁ S ₁
11	7.20	29	0.00	0.35	0.12	0.08	0.26	0.01	0.82	0.0	0.0	0.1	0.0	C ₁ S ₁
12	7.52	188	0.35	1.91	1.37	0.49	0.43	0.03	0.45	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₁ S ₁
13	6.89	103	0.35	1.13	0.50	0.72	0.35	0.01	0.45	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₁ S ₁
14	7.36	50	0.00	0.61	0.25	0.29	0.26	0.01	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₁ S ₁
15	7.09	44	0.00	0.61	0.25	0.25	0.26	0.01	0.52	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₁ S ₁
16	6.27	70	0.00	0.70	0.37	0.25	0.39	0.02	0.70	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₁ S ₁
17	7.02	49	0.00	0.52	0.25	0.23	0.33	0.01	0.67	0.0	0.0	0.0	0.0	C ₁ S ₁

De acuerdo con la metodología de USDA, la única fuente de agua que se clasifica como C₂S₁ es la que corresponde al punto de aforo de la microcuenca, es decir, presenta cierto grado de restricción si se usará para riego, ya que solo pueden ser usadas en suelos con buen drenaje y cultivos tolerantes a la salinidad. Su uso es más permitido en regiones con abundantes precipitaciones, en donde existe un lavado de las sales. No se recomendaría su uso en suelos pesados, poco permeables, con capa freática muy poco profunda y en regiones con escasa precipitación.

Las demás fuentes se clasifican como C₁S₁, o sea pueden utilizarse en la irrigación de cultivos agrícolas, sin problemas de que se formen suelos salinos y/o sódicos.

De acuerdo con el contenido de elementos tóxicos para las plantas, como el Cloro y Sodio, las aguas se consideran aptas, ya que no existe presencia de Cloro y las concentraciones de Sodio en todas las fuentes es menor de 3 meq/L.

Cuadro 30. Ubicación de los manantiales captados en proyectos de abastecimiento de agua para consumo humano en la microcuenca del río Cotón.

Proyecto	Municipio	Fecha de aforo	Coordenadas UTM (m)		Altitud msnm
			Este	Norte	
Altos-Piedras Blancas	Pachalúm	15-Mar-04	758045	1654547	1,594
Altos-Toro Seco	Pachalúm	15-Mar-04	758102	1654643	1,622
Pachalúm captación 1	Pachalúm	15-Mar-04	758081	1654694	1,611
Pachalúm captación 2	Pachalúm	15-Mar-04	757949	1654509	1,685
Tuncáj captación 1	Cubulco	21-Mar-04	756270	1658511	2,240
Tuncáj captación 2	Cubulco	21-Mar-04	757655	1658996	2,324
Ojo de Agua captación 1	Granados	21-Mar-04	756325	1657777	2,068
Ojo de Agua captación 2	Granados	21-Mar-04	757553	1658325	2,189
Manzanote	Granados	21-Mar-04	758014	1657934	2,155
Joya de la Vega	Granados	21-Mar-04	758768	1657704	2,209
El Aviadero	Granados	21-Mar-04	758966	1657994	2,246

b. Demanda actual

Basado en la metodología de UNICEF, y tomando en cuenta las condiciones actuales de clima y población, se calculó la demanda actual de agua de las poblaciones que dependen de la microcuenca del río Cotón. El procedimiento que se utilizó es el siguiente:

1. Dotación

- Clima frío: 60 – 90 litros/habitante/día
- Clima cálido: 90 – 120 litros/habitante/día

La dotación para clima frío se utilizó en las comunidades que se localizan dentro de la microcuenca, y para las que se encuentran fuera se utilizó la dotación para clima cálido, dado las condiciones climáticas prevalecientes.

2. Caudales de diseño (consumos)

- Caudal medio (consumo medio diario)

$$Q_m = \text{No. habitantes} \times \text{dotación (m}^3/\text{día)}$$

- Caudal de conducción (consumo máximo diario)

$$Q_c = Q_m \times FDM$$

Donde:

FDM = Factor de día máximo. (para comunidades mayores de 1,000 habitantes FDM = 1.2 y para comunidades menores de 1,000 habitantes FDM = 1.3)

- Caudal de distribución (consumo máximo horario)

$$Q_d = Q_m \times FHM$$

Donde:

FHM = Factor de hora máximo. (se utiliza un factor de 2)

En los proyectos donde fue posible aforar el caudal en el tanque de distribución, se tomó como el caudal disponible, y en los proyectos en donde no fue posible, se asumió un 12% de pérdidas de fugas en conducción y distribución, del caudal disponible en la caja de captación, como en el caso de los proyectos de Joya de la Vega y El Aviadero. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Cuadro 31. Disponibilidad y demanda de agua para consumo humano en las comunidades de la microcuenca del río Cotón.

Proyecto	Población actual	Caudal disponible		Dotación L/hab/día	Caudal demandado (m ³ /día)			Excedente o déficit (m ³ /día)
		L/s	m ³ /día		Medio	Conducción	Distribución	
Altos-Piedras Blancas	607	6.12	528.77	120	72.84	94.69	145.68	434.08
Altos-Toro Seco	315	2.20	190.08	120	37.80	49.14	75.60	140.94
Pachalúm	2,154	5.97	515.81	120	258.48	310.18	516.96	205.63
Tuncáj	280	1.25	108.00	90	25.20	32.76	50.40	75.24
Ojo de Agua	177	1.55	133.92	90	15.93	20.71	31.86	113.21
Manzanote	396	0.46	39.74	90	35.64	46.33	71.28	-6.59
Joya de la Vega	85	2.53	218.59	90	7.65	9.95	15.30	208.64
El Aviadero	99	0.62	53.57	90	8.91	11.58	17.82	41.99

A excepción del proyecto que abastece el caserio Manzanote, en donde existe un déficit de agua de 7 m³/día, en todas las comunidades de la microcuenca existe un excedente de agua para consumo humano. Aún con la baja eficiencia de las líneas de conducción del proyecto de Pachalúm, existe un excedente de 206 m³/día.

aumentando, según censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística, 285 habitantes durante un periodo de 8 años.

El proyecto que abastece la cabecera municipal de Pachalúm, dada la población que se servirá del mismo, presentará un déficit de $395 \text{ m}^3/\text{día}$, hay que tomar en cuenta que la estimación se realizó basándose en el caudal disponible en el tanque de distribución, con una eficiencia de conducción sumamente baja, por lo que resulta necesario aumentar la eficiencia en la conducción del sistema.

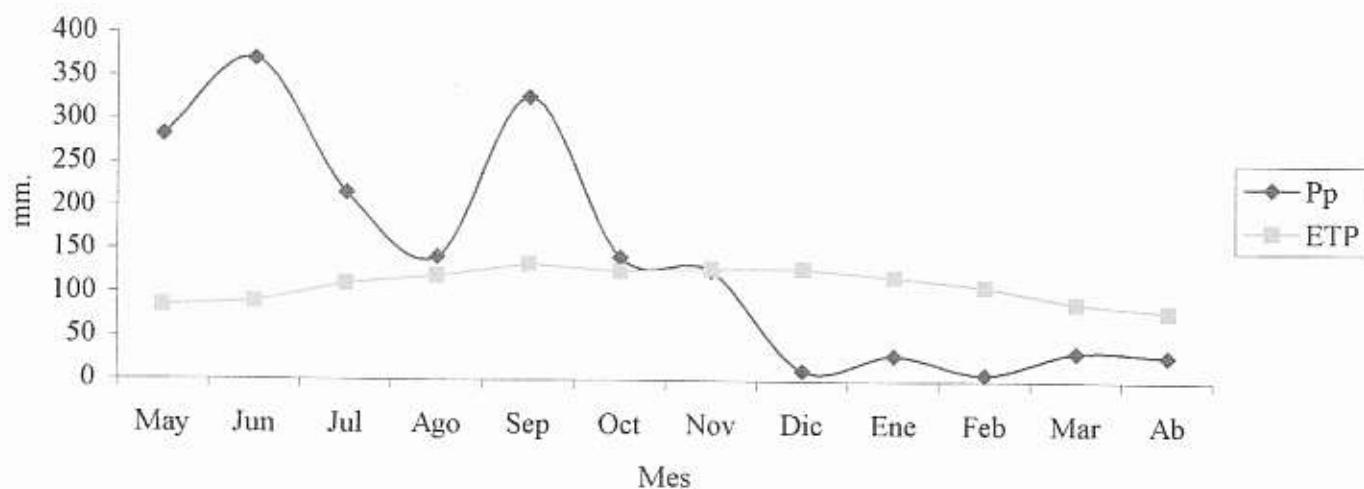
Los proyectos ubicados en la parte alta de la microcuenca, presentan excedentes de agua, siendo únicamente el proyecto de Manzanote el que presentará un déficit de $174 \text{ m}^3/\text{día}$. En el caso del proyecto Tuncáj, se puede decir que empezará a tener déficit cuando se cumpla el periodo de proyección.

B. Riego

a. Déficit hídrico

El déficit hídrico anual en la parte alta de la microcuenca del río Cotón, en donde se cultiva el 100% de la agricultura bajo riego, se muestra en la siguiente figura:

Figura 13. Déficit hídrico en la estación Tuncáj.



El periodo de déficit oscila de Noviembre a Abril, existiendo en el mes de Diciembre el mayor déficit que es de 117 mm, o sea $3.8 \text{ mm}/\text{día}$.

b. Demanda

De acuerdo con el balance hídrico de suelos realizado, la demanda de riego en la microcuenca del río Cotón oscila entre 2 y $7 \text{ mm}/\text{día}$. En las unidades de mapeo 3, 17 y 24 (áreas agrícolas) es de 685, 2,540 y

c. Proyección de la demanda

Los proyectos de abastecimiento de agua potable para que sean funcionales, se diseñan con un periodo de 20 a 25 años, tomando en cuenta la tasa de crecimiento poblacional. En el caso de las comunidades que dependen de la microcuenca del río Cotón para el aprovechamiento de agua para consumo humano, se realizaron las proyecciones de población y la demanda de agua con un periodo de 20 años. El método que se utilizó, fue el del Índice de Crecimiento Geométrico, el cual consiste en lo siguiente:

$$P_f = P_i (1 + t_c)^n$$

Donde:

P_f = Población final.

P_i = Población actual o inicial.

t_c = Tasa de crecimiento anual de la población expresado en forma decimal. (dato que se obtiene en el INE)

n = Periodo de diseño. (años)

Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 32. Proyección de la demanda de agua para consumo humano en las comunidades de la microcuenca del río Cotón.

Proyecto	Pi	Pf	Caudal disponible		Dotación	Caudal demandado (m ³ /día)			Excedente o déficit (m ³ /día)
			L/s	m ³ /día		Medio	Conducción	Distribución	
Altos-Piedras Blancas	607	7,383	6.12	528.77	120	885.96	1,063.15	1,771.92	-534.38
Altos-Toro Seco	315	686	2.20	190.08	120	82.32	107.02	164.64	83.06
Pachalúm	2,154	6,327	5.97	515.81	120	759.24	911.09	1,518.48	-395.28
Tuncáj	280	931	1.25	108.00	90	83.79	108.93	167.58	-0.93
Ojo de Agua	177	336	1.55	133.92	90	30.24	39.31	60.48	94.61
Manzanote	396	1,980	0.46	39.74	90	178.20	213.84	356.40	-174.10
Joya de la Vega	85	124	2.53	218.59	90	11.16	14.51	22.32	204.08
El Aviadero	99	143	0.62	53.57	90	12.87	16.73	25.74	36.84

El proyecto que abastece los caseríos de Altos-Piedras Blancas, es el que presentará el mayor déficit de agua de todos los proyectos de la microcuenca del río Cotón, con un total de 535 m³/día. Esto debido principalmente a la alta tasa de crecimiento de la población de la comunidad de Piedras Blancas.

745 mm anuales respectivamente (2, 7 y 2 mm/día). La mayor demanda existe en la unidad de mapeo 17, donde se necesitan aproximadamente 7 mm/día, actualmente esta unidad no posee ningún sistema de riego, ya que es destinada únicamente a cultivos de subsistencia. En las unidades 3 y 24 se demandan aproximadamente 2 mm/día, siendo la unidad 24 donde se ubican los cultivos de exportación bajo sistemas de riego por aspersión-gravedad.

Dado a lo anterior se deriva la importancia de realizar un estudio detallado sobre las necesidades de riego de los cultivos en la zona, en donde se determinen las láminas y frecuencias óptimas de riego, ya que actualmente se desconocen.

c. Área potencialmente regable

Tomando en cuenta que el mes de mayor déficit hídrico es Diciembre, el volumen que se demanda es de 1.170 m³/ha (37.74 m³/ha/día), o sea un caudal a dotar de 1.31 L/s/ha. operando 8 h/día. Por lo que el área potencialmente a regar, se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$A_p = \frac{Q_{dp} \times C_u}{Q_{dt}}$$

Donde:

A_p = Área potencial de riego. (ha)

Q_{dp} = Caudal disponible de manantiales en época de estiaje. (L/s)

Q_{dt} = Caudal de dotación. (L/s/ha)

C_u = Coeficiente de uso. (se considera utilizar el 75% del caudal de manantiales en época de estiaje)

Por lo tanto, el área potencialmente regable en la parte alta de la microcuenca del río Cotón es de 45 hectáreas.

Es importante mencionar, que el caudal de manantiales corresponde aquellos que actualmente no se encuentran captados en proyectos de abastecimiento para consumo humano.

5.2 SUELO

En la microcuenca del río Cotón existe un ambiente metamórfico, en donde la estructura predominante es laminar, principalmente en la parte baja de la microcuenca, situación que se manifiesta en el lecho del cauce principal. Los suelos se clasifican de acuerdo con Custodio y Llamas (2001) como *poco* y

algo permeables, con valores relativamente altos de permeabilidad en los suelos de la parte alta y media, los cuales inciden principalmente en que en esta área se recarga el 97% del volumen de agua por efecto de la precipitación, además de que son suelos relativamente profundos (>0.60 m) y con altos contenidos de materia orgánica.

En la parte baja de la microcuenca, los suelos son *poco permeables*, encontrándose el material parental en algunos casos a 0.20 m de profundidad, con bajos contenidos de materia orgánica. La principal causa de que en esta área no existe recarga hídrica natural, es debido a la baja permeabilidad de los suelos, recargándose únicamente en algunos casos hasta menos del 1% de la precipitación pluvial.

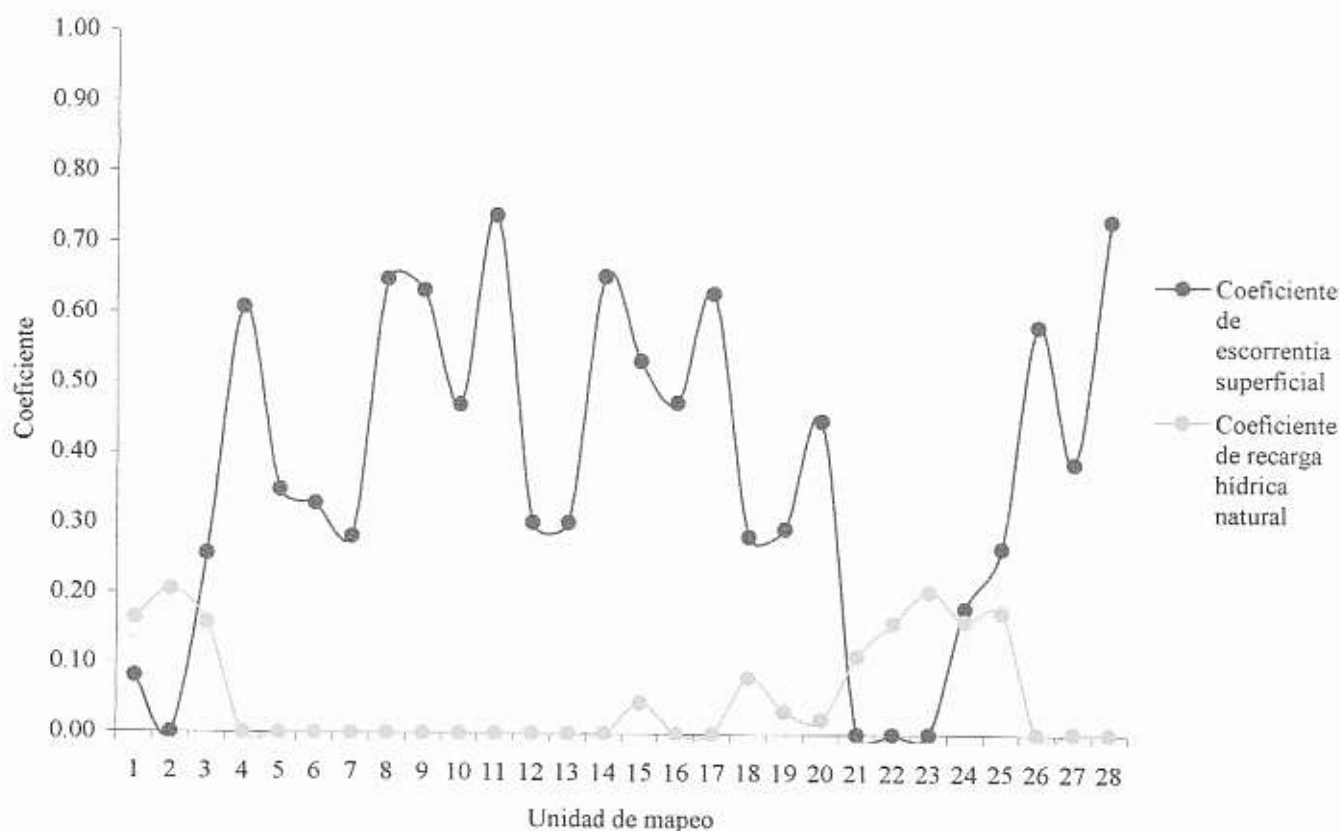
En lo que respecta a prácticas de conservación de suelos, principalmente en la parte alta, en las unidades 3 y 24 destinadas a la agricultura, donde además existen altas pendientes (mayores 55%), el uso y adopción de prácticas de conservación de suelos es mínima, situación que se aprecia mejor en la unidad de mapeo 3, observándose profundidades efectivas de 0.40 m. A pesar de lo anterior, en la unidad de mapeo 24 los suelos tienen mayores profundidades efectivas (>0.60 m), observándose en raras ocasiones profundidades menores.

Es importante mencionar que los suelos de la parte alta y media, poseen los mayores coeficientes de recarga hídrica natural (0.11 al 0.20 de la precipitación pluvial), y los menores coeficientes de escorrentía, lo cual se debe principalmente a los valores relativamente altos de permeabilidad.

En los suelos de la parte baja, el coeficiente de recarga hídrica natural oscila entre 0.00 y 0.08 y con coeficientes de escorrentía hasta de 0.74. Los coeficientes fueron calculados como la fracción que escurre o recarga del total de la precipitación pluvial.

En la gráfica siguiente se observa el comportamiento de la escorrentía y la recarga hídrica natural para cada unidad de mapeo:

Figura 14. Comparación de los coeficientes de recarga hídrica natural y escurrentía superficial.



Además, es de hacer notar, que los suelos de la parte alta presentan los mayores valores de evapotranspiración real, principalmente las unidades 1, 2, 21, 22, 23 cubiertas con bosques densos. Por lo que la permeabilidad de los suelos de la parte baja es determinante en la captación de precipitación que se constituya en recarga hídrica natural.

5.3 BOSQUE

Con el objetivo de determinar el cambio de la cobertura vegetal en la microcuenca, principalmente el recurso bosque, se comparó el uso de la tierra del año 1,992 realizado a escala 1:50,000 con el uso actual. Los cambios que se determinaron fueron los siguientes:

5.3.1 Bosque denso de coníferas

Ha disminuido del 42.46 al 34.70% (12.09 y 9.98 km² respectivamente) a un ritmo de 0.18 km²/año. Las causas principales son debido a daños físicos ocasionados a los árboles por efecto de la resinación y acción de ocote lo que provoca que sean derribados fácilmente por el viento. Otro factor que ha influido

es la incidencia de plagas forestales, principalmente el gorgojo del pino (*Dendroctonus* sp.), tal como ocurrió en el caso del bosque mixto ralo que se localiza en el sur del cerro *Las Burras*.

5.3.2 Bosque denso de latifoliadas

El bosque denso de latifoliadas compuesto principalmente por especies de *Quercus* sp. ha disminuido a un ritmo de $0.04 \text{ km}^2/\text{año}$, existiendo 0.97 km^2 en el año de 1992 y actualmente solo existen 0.44 km^2 ubicados en la parte alta de la microcuenca, siendo la principal causa de su disminución el avance de la frontera agrícola.

5.3.3 Monte bajo

El monte bajo está compuesto principalmente por especies de *Alnus acuminata* y especies arbustivas como laurel (*Cordia alliodora*), zarzaparrilla (*Smilax* sp.) y mora (*Morus* sp.), ha disminuido considerablemente, existiendo en la actualidad únicamente 1.85 km^2 localizados en la parte alta de la microcuenca, perdiéndose a un ritmo de $0.35 \text{ km}^2/\text{año}$. Al igual que el bosque denso de latifoliadas, la causa de su disminución es el avance de la frontera agrícola.

5.3.4 Bosque mixto

El bosque mixto se ha incrementado en $0.11 \text{ km}^2/\text{año}$, lo cual es debido a la pérdida del bosque de coníferas, sustituyéndose por árboles de encino y roble, ambos del género *Quercus*. Por lo que existe una tendencia de transformación del bosque denso de coníferas a bosque mixto.

Los cambios de la cobertura vegetal, se deben principalmente a la presión socioeconómica sobre el uso de la tierra, como se mencionó a actividades como agricultura, extracción de productos (resina, leña), plagas, además de factores ambientales, principalmente el viento, entre otros.

La agricultura limpia (incluyendo cultivos anuales y pastos) ha aumentado considerablemente, existiendo 8.84 km^2 en el año 1992 y actualmente existen 11.33 km^2 (40% del área total de la microcuenca), creciendo a un ritmo de $0.21 \text{ km}^2/\text{año}$. La tendencia es que en la parte alta ha desaparecido el cultivo de pastos y deciduos, existiendo cultivos anuales (maíz y frijol) y cultivos de exportación principalmente arveja y brócoli. Mientras que en la parte baja, predominan las áreas cultivadas con pastos, principalmente zacate estrella (*Cynodon* sp.).

CAPÍTULO 6

LINEAMIENTOS DE MANEJO

Considerando la creciente demanda de agua para los diversos usos y el constante deterioro del recurso, en este capítulo se proponen lineamientos estratégicos de manejo del recurso hídrico en la microcuenca del río Cotón, los cuales tendrán que ser realizados de manera conjunta, con las comunidades, gobiernos municipales y/o instituciones de desarrollo, lo que redundará en beneficios ambientales y socioeconómicos para la región. Los lineamientos a seguir se determinaron de acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio y a un análisis FODA, tomando en cuenta aspectos técnicos, institucionales y sociales.

6.1 CONCEPTOS

Dada la interrelación que existe entre los recursos agua, suelo y bosque, y la importancia que tienen sobre la recarga hídrica natural a los mantos freáticos, permitiendo su sostenibilidad, se considera necesario mencionar dos conceptos relacionados con el uso del agua, los cuales de acuerdo con SIECA *et al.* (1998), se definen de la siguiente manera:

- Uso racional: define la utilización apropiada, la eficiencia que evita el desperdicio y la equidad como función social que ampara el derecho igualitario al uso y libre acceso de todos a un recurso común.
- Uso sostenido: implica la efectividad o máximo provecho, la protección para mantener su calidad en armonía con la preservación del medio ambiente, y la conservación que garantice el uso indefinido en beneficio de las presentes y futuras generaciones.

Por lo tanto, los lineamientos de manejo que se definen en el presente estudio, están orientados a lograr un uso racional y sostenido del recurso hídrico, tomando en cuenta la interrelación que existe entre los recursos suelo, agua y bosque.

6.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Con la finalidad de identificar la problemática del recurso hídrico en la microcuenca, se realizó un análisis FODA, el cual es una herramienta que se utiliza para determinar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, existentes alrededor del uso, aprovechamiento y manejo de determinado recurso, siendo para este caso el recurso hídrico.

Se ha desarrollado esta herramienta para puntualizar de mejor manera, los aspectos que están relacionados al uso de los recursos hídricos en la microcuenca del río Cotón. Elementos que son guía para identificar con más precisión los lineamientos de manejo que deben implementarse en la microcuenca, con la finalidad de lograr un uso racional y sostenible de este recurso. Se presenta a continuación el resultado del análisis:

Cuadro 33. Análisis FODA de la situación actual de la microcuenca del río Cotón.

Aspecto	Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
1. Disponibilidad del recurso hídrico				
a. Cantidad	Existe potencial de recarga hídrica natural anual.	Mantener o aumentar la recarga hídrica natural.	Desconocimiento de áreas de recarga hídrica.	Disminución de la recarga hídrica, debido al manejo.
b. Calidad	Calidad fisicoquímica aceptable.	Abastecimiento de agua de mejor calidad.	Existe contaminación bacteriológica. Desconocimiento de contaminación por plaguicidas.	Efectos en la salud humana, por el consumo de agua contaminada.
2. Aprovechamiento del recurso hídrico				
a. Consumo humano	La mayor parte de la población cuenta con servicio de agua. Se satisface la demanda.	Lograr el 100% de cobertura de agua.	No existe tratamiento previo al agua. Mal manejo de proyectos (bajas eficiencias).	La demanda será mayor que la oferta de agua.
b. Riego	Irrigación de cultivos rentables con sistemas por gravedad. Existe potencial de agua para riego.	Lograr altas eficiencias en el uso del agua para riego.	Se desconocen cuando y cuanto de agua aplicar a los cultivos. Se desconoce con certeza el área bajo riego.	Disminución del caudal disponible para riego, por prioridad de usos.
3. Uso de la tierra				
a. Forestal	Aprovechamiento de productos forestales. Cobertura forestal mayor del 50%.	Manejo sostenible del bosque. Ingreso al programa de incentivos forestales.	Deforestaciones en áreas con altas pendientes. Técnicas no adecuadas de extracción de productos. La fuente energética para la cocción de alimentos es la leña.	Erosión (aumento de la escorrentía) Desertificación. Incidencia de plagas.
b. Agrícola	Creación de fuentes de trabajo.	Implementación de cultivos de exportación.	No se utilizan prácticas para conservación de suelos. Poca capacitación en el manejo de los cultivos.	Contaminación del agua por agroquímicos. Erosión (pérdida de la fertilidad del suelo).
4. Capacidades locales				
a. Servicios básicos	Amplia cobertura de electricidad y agua.	Existencia de programas de apoyo que promueven la instalación de pequeñas hidroeléctricas.	No existen sistemas de drenaje.	Contaminación a los mantos freáticos.

Continuación análisis FODA

Aspecto	Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
b. Educación	Existen escuelas en la mayoría de comunidades.	Implementar programas de educación ambiental.	El 34% de la población es analfabeta y no ha recibido ningún tipo de educación.	Destrucción acelerada de los recursos naturales por falta de conciencia ambiental.
c. Organización	Existe 1 comité de agua por cada proyecto. Las fuentes de agua son propiedad de las comunidades.	Legislación favorable a la organización local. Ley de descentralización, ley de consejos de desarrollo y el nuevo código municipal.	Poca participación comunitaria en el manejo del agua. No existen planes para el uso eficiente del agua.	Déficit de agua. Generación de conflictos intercomunitarios.
d. Economía	Existe un potencial de población económicamente activa. (30%)	Existencia de programas de incentivos de frutales, incentivos forestales.	La economía está basada en la agricultura de cultivos limpios.	Aumento de la frontera Agrícola. Destrucción acelerada de los recursos naturales.
5. Aspectos Institucionales				
a. Autoridades locales	Participación de la municipalidad de Pachalúm, que consume mas del 70% del caudal total.	Lograr participación de las municipalidades de Cubulco y Granados.	Desinterés de las municipalidades de Cubulco y Granados.	Generación de conflictos intermunicipales.
b. Investigación	Apoyo comunitario en la realización de estudios en la temática.	Interés de instituciones por conocer el estado actual del agua.	Poca información disponible.	Deterioro de los recursos naturales.
c. Aspectos legales	Convenio intermunicipal sobre la extracción y uso del agua.	Existen reglamentos sobre conservación del del medio ambiente, del bosque, manejo y administración de proyectos de agua, y de vertidos de aguas residuales municipales.	A nivel nacional no existe un marco sólido legal en el uso y manejo del agua.	Deterioro de los recursos naturales. Generación de conflictos.

Basándose en el análisis FODA realizado, los problemas identificados en la microcuenca son los siguientes:

1. No existe ningún tipo de manejo a las principales áreas de recarga hídrica natural, ubicadas en la parte alta y media de la microcuenca.
2. Existe contaminación bacteriológica a las fuentes de agua para consumo humano.
3. El 75% de la población esta ubicada en la parte alta de la microcuenca, en donde no existe un manejo de desechos sólidos.
4. No existen zonas delimitadas de protección de los manantiales, incluso algunas cajas de captación se encuentran desprotegidas.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

1. El cauce principal de la microcuenca, así como todos sus tributarios se comportan como corrientes efluentes.
2. Dada las características geológicas del área de influencia de la microcuenca del río Cotón, los suelos se clasifican como poco (parte baja) y algo permeables (parte alta y media) con permeabilidades que oscilan entre 0.58 m/día y 0.005 m/día.
3. De acuerdo con el balance hídrico realizado, la recarga hídrica natural potencial en la microcuenca es de 4,775,034 m³ anuales.
4. La recarga hídrica natural potencial en la microcuenca constituye únicamente el 10.78% de la precipitación pluvial total, perdiéndose la mayor parte por evapotranspiración real y escorrentía superficial, siendo de 52.07 y 21.55% respectivamente, el restante 16.47% es retenido en la cobertura vegetal y áreas construidas, posteriormente se pierde por evaporación.
5. El 97% de la recarga hídrica natural en la microcuenca ocurre en los suelos de la parte alta (1, 2, 3, 21, 22, 23, 24 y 25) y en la parte media (unidad 1), lo que equivale a un volumen 4,647,872 m³ anuales.
6. Basado en criterio cuantitativo y de ubicación de captación de proyectos de agua para consumo humano y riego, las áreas de recarga hídrica natural más importantes en la microcuenca son las unidades 1, 2, 3, 21, 22, 23, 24 y 25.
7. Las áreas críticas de recarga hídrica natural en la microcuenca son las unidades 22 y 23, consideradas de *Alta Susceptibilidad*, y las unidades 1, 2, 3, 21, 24 y 25 consideradas de *Moderada Susceptibilidad*, lo que equivale al 63.26% del área total, el resto de unidades se considera de *Baja Susceptibilidad*.

compresión local acerca del por qué se crean estas leyes y cual es la situación de aplicación de las mismas en el país.

- Capacitación a líderes en cuanto a tecnologías de manejo del agua: técnicas de conservación de agua, técnicas de cosecha de agua, usos productivos del agua.
- Promover el intercambio y las visitas hacia otras experiencias rurales de manejo del agua en diversos campos: manejo de aguas residuales, protección de fuentes de agua, conservación y cosecha de agua, reciclaje de aguas jabonosas, manejo del agua en sistemas de producción intensiva, aprovechamiento de caídas de agua para la generación de electricidad, entre otras, todo encaminado a dotar a los líderes de suficiente formación, información y capacitación que les permite tomar decisiones respecto a un plan local de manejo sostenible de los recursos hídricos.
- El otro aspecto que no se debe descuidar, tiene que ver con dotar a los líderes de herramientas adecuadas de comunicación de la información, pues se debe garantizar que una vez informados, formados y capacitados, comuniquen el conocimiento hacia todas las comunidades de manera que las decisiones sean también el producto de la participación de todas las personas habitantes de la microcuenca.

8. De acuerdo con los resultados físicoquímicos de todas las fuentes de agua que se muestrearon en la época de estiaje, no representan riesgo para la salud humana, cumpliendo en todos los casos con lo establecido por la norma COGUANOR 29001.
9. Las fuentes de agua se clasifican como bicarbonatadas cálcicas, bicarbonatadas magnésicas y bicarbonatadas mixtas, debido principalmente a la disolución de los minerales constituyentes de la geología del área de recarga de los manantiales, siendo principalmente magnesiohorblenda (fuente de Magnesio) y Albita (fuente de Sodio).
10. La calidad del agua no es apta para consumo humano, debido a la contaminación bacteriológica, siendo aptas únicamente las fuentes captadas de los proyectos de Pachalúm 2 y Altos-Toro Seco.
11. Todas las fuentes de agua muestreadas, a excepción del cauce principal (C_2S_1) son clase C_1S_1 , es decir, pueden utilizarse en la irrigación de cultivos agrícolas, sin problemas de que se formen suelos salinos y/o sódicos.
12. Todas las fuentes de agua se clasifican como *sin problemas y aptas*, desde el punto de vista del efecto del Sodio sobre las propiedades físicas del suelo.
13. Los proyectos de Pachalúm 1 y 2, poseen bajas eficiencias de conducción, siendo de 49 y 74% respectivamente, en los demás proyectos las pérdidas de agua son menores del 10%, por lo que se consideran aceptables.
14. Dada las condiciones climáticas y la población a dotar, el proyecto Manzanote es el único que presenta un déficit para consumo humano de $7 \text{ m}^3/\text{día}$. Los proyectos Pachalúm y Altos-Piedras Blancas presentan los mayores excedentes (206 y $434 \text{ m}^3/\text{día}$), por lo que la escasez de agua en la cabecera municipal se debe a la eficiencia del sistema de distribución.
15. Según la proyección de la demanda de agua para consumo humano, las comunidades que más se verán afectadas serán Altos-Piedras Blancas, Pachalúm y Manzanote, con déficit de 535 , 395 y $174 \text{ m}^3/\text{día}$ respectivamente.

7.2 RECOMENDACIONES

1. Mantener la cobertura boscosa en las áreas críticas de recarga hídrica natural y en las áreas agrícolas, tratar de reducir las áreas susceptibles a erosionarse, con el uso de prácticas de conservación de suelos, con el objetivo de disminuir la escorrentía superficial y aumentar la recarga hídrica natural.
2. Realizar por lo menos un muestreo anual para determinar la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua principalmente en los manantiales que abastecen de agua para consumo humano, así como también análisis de plaguicidas.
3. Establecer áreas de protección de los manantiales principalmente para consumo humano, evitando toda actividad antropogénica potencialmente contaminante.
4. Implementar sistemas de potabilización del agua (cloración), para contrarrestar el efecto de la contaminación bacteriológica.
5. Establecer en la medida de lo posible sistemas de saneamiento (drenajes sanitarios) y tratamiento de desechos sólidos (basura) y de aguas servidas, con el objetivo de disminuir la contaminación al acuífero.
6. Implementar planes de mantenimiento y supervisión de los proyectos de abastecimiento de agua.
7. Realizar estudios detallados sobre los requerimientos de riego de los principales cultivos de la microcuenca.
8. Continuar monitoreando el clima en el área de influencia de la microcuenca del río Cotón, tanto en las partes altas, en donde se da la mayor recarga hídrica natural, como en las partes bajas, además considerar establecer una estación hidrométrica en el cauce principal.
9. Implementar programas de concienciación a la población sobre el manejo de los recursos naturales y su influencia en la recarga hídrica natural, principalmente en la descarga de manantiales, así como también sobre el uso racional del recurso hídrico y sus repercusiones en el futuro.
10. Implementar programas de capacitación sobre prácticas agrícolas y forestales, así como relacionadas con el uso, manejo y aprovechamiento del recurso hídrico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso Rodríguez, N; Camejo Barreiro, E; Pacheco Seguí, J; Pujol Osle, P. 1995. Riego y drenaje. La Habana. Cuba, Editorial Pueblo y Educación. 414 p.
2. Alvarado Cabrera. GD. 1998. Fisiografía y morfología del drenaje. *In* Drenaje agrícola. Ed. por Eddi Alejandro Vanegas Chacón. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas. p. 9-22.
3. Alvarado. G; Herrera, I. 2000. Mapa fisiográfico ~ geomorfológico de la república de Guatemala. Guatemala, Plan de Acción Forestal para Guatemala. Esc. 1:250.000. Color.
4. Allara Morales. HS. 1990. Estudio preliminar de suelos salinos y sódicos en la unidad de riego La Fragua. Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 67 p.
5. Aparicio, M. 2001. Fundamentos de hidrología de superficie. México, Limusa. 303 p.
6. Apesa-Geoinformática, GT. 1992. Mapa de unidades básicas potenciales, hoja Granados no. 2060 I. Guatemala. Esc. 1:50.000. Color.
7. Apesa-Geoinformática, GT. 1992. Mapa de uso actual de la tierra, hoja Granados no. 2060 I. Guatemala. Esc. 1:50.000. Color.
8. Ávalos Cambranes, OA. 2003. Zona de recarga hídrica del área de influencia del cerro Tuncáj, Granados. Baja Verapaz, Guatemala. *In* Congreso latinoamericano de manejo de cuencas hidrográficas (3., 2003, Arequipa, Perú). Desarrollo sostenible en cuencas hidrográficas; libro de resúmenes. Perú, FAO. p. 201.
9. Cabrera, CA. 1997. Determinación de políticas de explotación de las aguas subterráneas para las aldeas de San José Pacul y Pachalí del municipio de Santiago Sacatepéquez, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 52 p.
10. Castañeda, A. 2003. Tratamiento de aguas con compuestos inorgánicos para fines agrícolas y domésticos. *In* Curso calidad del agua para uso agrícola (2., 2003, Guatemala). Guatemala, Red-CARA. 1 CD.
11. Castillo Orellana. S. 1989. Análisis y calidad del agua con fines de riego. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 108 p.
12. Cruz. JR De La. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala. INAFOR. 42 p.
13. Custodio, E; Llamas, MR. 2001. Hidrología subterránea. 2 ed. Barcelona. España, Omega. v. 1, 1157 p.
14. DIGI (USAC, Dirección General de Investigación, GT). 1994. Diagnóstico de los recursos naturales y ambiente. Guatemala. 75 p.

15. Chiquín, LG; Requena, JE. 2001. Mapeo geológico de superficie del cuadrángulo Granados, escala 1:50,000. Guatemala, USAC, Centro Universitario del Norte, Carrera de Geología. 49 p.
16. FAO. IT. 1996. Producción de alimentos: función decisiva del agua (en línea). Roma, Italia. 37 p. (Documentos técnicos de referencia v. 2, no. 7). Consultado 13 may. 2003. Disponible en: http://www.fao.org/wfs/index_es.htm
17. Fassbender, HW. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José, Costa Rica, IICA. 420 p.
18. García Ovalle, JG. 1996. Prevención y control de calidad del agua. 9 p. Presentado en: Seminario - taller situación actual y perspectivas para el aprovechamiento integrado y sustentable del recurso hídrico en Guatemala (1996, Guatemala).
19. González H. 2003. Notas del curso planificación y desarrollo integrado de los recursos hídricos. Maestría en Manejo Sostenible de Suelo y Agua. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. s.p. (Correspondencia personal)
20. González Lajuj, AM. 2003. Propuesta de ordenamiento territorial rural del área de influencia del cerro Tuncáj, Granados, Baja Verapaz. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques, Proyecto de Investigación Forestal, Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos. 30 p.
21. Grassi, C. 1990. Fundamentos del riego. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 409 p.
22. GUATEMALA. INSIVUMEH-BRGM. 1997. Modelización del transporte de agua y solutos en los estratos volcánicos y sedimentarios en la Ciudad de Guatemala. Proyecto de cooperación Franco-Guatemalteco. 144 p.
23. Herrera Ibañez, I. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
24. Herrera Ibañez, I. 1998. Reconocimiento hidrogeológico de la cuenca del río Itzapa, departamento de Chimaltenango, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Costa Rica, Universidad Nacional de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología. 104 p.
25. Herrera Ibañez, I. 2002. Hidrogeología práctica. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 192 p.
26. Herrera Ibañez I. 2004. Estudio hidrogeológico de la parte norte de la caldera del lago de Atitlán, Guatemala. In Encuentro de estudiantes de maestría de la Red CARA (I., 2004, Escuintla, Guatemala). Guatemala. 1 CD.
27. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1973. Mapa topográfico de república de Guatemala; hoja cartográfica Cubulco, no. 2061 II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
28. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1976. Mapa topográfico de república de Guatemala; hoja cartográfica Granados 2060 I. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
29. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2003. Población y locales de habitación particulares censados según departamento y municipio (cifras definitivas): Censos nacionales XI de población y VI de habitación 2002. Guatemala, 38 p.

6.3.6 Investigación

Con el propósito de fortalecer el conocimiento de la situación actual de los recursos naturales en la microcuenca, es recomendable realizar investigaciones y otras actividades como las siguientes:

- ❑ Continuar monitoreando el clima, considerar además la instalación de estaciones meteorológicas ubicadas principalmente en las partes alta y baja de la microcuenca.
- ❑ Considerar la instalación de una estación hidrométrica en el cauce principal.
- ❑ Realizar estudios detallados de capacidad de uso del suelo.
- ❑ Realizar estudios de hidrología forestal.

6.3.7 Organización

Los lineamientos anteriores solo pueden ser posibles de implementar en la medida en que existe una organización local sólida, con capacidad de promover la participación comunitaria y con capacidad de gestión para aprovechar las oportunidades del entorno social y natural de la microcuenca. Eso amerita algunas acciones específicas que deben encausarse hacia los líderes locales organizados en comités de agua, comités de desarrollo y alcaldías auxiliares.

Los aspectos a trabajar a este nivel deben incluir acciones en las esferas de la formación, la capacitación, la comunicación y la información.

- ❑ Informar a la población y líderes locales de los resultados de este estudio, haciendo énfasis en el porqué del estudio, la necesidad del mismo y su utilidad como herramienta de planificación y gestión del recurso hídrico.
- ❑ Formación y concienciación a los líderes locales respecto a las implicaciones y tendencias del manejo actual del agua en la microcuenca. Esta acción debe buscar que la población por sí misma analice su futuro respecto a los recursos hídricos, reflexione sobre los pros y contras de mantener las condiciones actuales de uso y manejo, y establezca propuestas diferentes de manejo más acordes con uso y desarrollo sostenido de los recursos hídricos.
- ❑ Informar a líderes locales sobre las distintas leyes involucradas en el manejo de los recursos naturales en general y los recursos hídricos en particular. Una acción de este tipo debe enfatizar en la

- ❑ En la cabecera municipal de Pachalúm, realizar una evaluación de la eficiencia del sistema de distribución, ya que actualmente el suministro de agua es discontinuo.
- ❑ Reducir el consumo mediante programas de concienciación ciudadana.

B. Riego

- ❑ Realizar estudios detallados sobre los requerimientos hídricos de los cultivos del área, principalmente arveja china y brócoli.
- ❑ Considerar la instalación de un tanque evaporímetro clase "A".
- ❑ Evaluar los sistemas de riego en operación con el objetivo de mejorar su eficiencia.

6.3.4 Proyectos de desarrollo local

Con el objetivo de disminuir la contaminación al ambiente y específicamente al recurso hídrico, y dado que en la parte alta donde existe el 97% de la recarga hídrica natural se ubica el 75% de la población (860 habitantes), se propone la ejecución de los siguientes proyectos:

- ❑ Implementar sistemas de tratamientos de residuos sólidos, como fosas sépticas o letrinas aboneras principalmente.
- ❑ Implementar un sistema de recolección de basura.
- ❑ Implementar sistemas de producción de biogas.
- ❑ Reducir la presión sobre el uso del bosque como fuente de leña mediante el uso de estufas mejoradas.

6.3.5 Capacitación

Es importante que la población tenga conciencia sobre el manejo de los recursos naturales y su interrelación, principalmente con el agua, así como del conocimiento de técnicas que sean sostenibles y adaptables a la región, por lo tanto, se propone a través de capacitaciones, talleres, charlas técnicas, etc, enfatizar en los siguientes aspectos:

- ❑ Importancia del uso, manejo y conservación de los recursos agua, suelo y bosque, así como su interrelación en la recarga hídrica.
- ❑ Implementar programas escolares de educación ambiental.
- ❑ Importancia del uso eficiente del agua y sus repercusiones en el futuro.
- ❑ Técnicas agrícolas y forestales, como prácticas de conservación de suelos, agricultura orgánica, manejo integrado de plagas, extracción de productos forestales, entre otras.

- ▢ Implementar prácticas de conservación de suelos, como curvas a nivel, pozos de absorción, barreras (vivas y/o muertas) en las unidades 3 y 24, con el propósito de disminuir la escorrentía superficial, principalmente en las partes más altas.
- ▢ En las áreas agrícolas determinar los niveles de uso de agroquímicos, así como considerar la aplicación de productos orgánicos.
- ▢ En las unidades 1 y 21, implementar métodos sostenibles de extracción de productos forestales, ocote y resina principalmente.

6.3.2 Calidad del agua

La calidad del agua se ve amenazada principalmente por contaminación bacteriológica, debido a que el área de protección de los manantiales es mínima y en algunos casos la caja de captación de los proyectos de abastecimiento de agua para consumo humano se encuentra desprotegida, por lo que se propone lo siguiente:

- ▢ Establecer un radio fijo de protección (50 m mínimo) en donde no se permita ningún tipo de actividad antropogénica.
- ▢ Realizar tratamiento al agua, principalmente cloración en los tanques de distribución.
- ▢ Monitorear constantemente la calidad del agua de los manantiales captados, principalmente bacteriológica, 2 veces al año, en época seca y lluviosa.
- ▢ Realizar análisis de plaguicidas a los manantiales captados.
- ▢ Implementar sistemas de mantenimiento constante a las obras (caja de captación y tanque de distribución) de los sistemas de abastecimiento de agua.

6.3.3 Aprovechamiento del recurso hídrico

Como se mencionó, los principales usos del agua en la microcuenca son consumo humano y riego, destinándose el 25% del caudal de manantiales para consumo humano, y el 31% para riego. Además hay que considerar que la demanda de agua para consumo humano aumentará en un 330% de acuerdo con la proyección realizada. Por lo que dado los problemas que se determinaron en estos sectores, se propone lo siguiente:

A. Consumo humano

- ▢ Reducir las pérdidas y posibilitar el control del consumo que realizan los diversos usuarios mediante la reparación de redes, eliminación de fugas e instalación de contadores individuales.

5. Se desconoce contaminación por plaguicidas, debido a la alta actividad antropogénica en las zonas de recarga hídrica natural.
6. Bajas eficiencias de conducción en los principales proyectos de abastecimiento de agua.
7. Proyección de déficit de agua para consumo humano.
8. Desconocimiento del requerimiento hídrico de los cultivos bajo riego, principalmente cultivos de exportación.
9. Crecimiento de la frontera agrícola debido a la alta presión sobre el recurso bosque, por la extracción de productos e incidencia de plagas principalmente.
10. En la mayoría de áreas destinadas a la agricultura, las prácticas de conservación de suelos que se utilizan son mínimas.
11. Destrucción aceleradas de los recursos naturales.
12. Poca participación comunitaria en el manejo del recurso hídrico.
13. Poca capacitación a las comunidades sobre el manejo de los recursos naturales.
14. Desinterés de municipalidades locales por el desarrollo del recurso hídrico.
15. Información limitada para desarrollar proyectos de investigación.
16. Ausencia de un marco sólido legal para el uso y manejo del recurso hídrico.

6.3 LINEAMIENTOS DE MANEJO

De los problemas que se detectaron en el análisis anterior, se proponen los siguientes lineamientos de manejo:

6.3.1 Recarga hídrica natural

Actualmente existe alta presión socioeconómica (consumo humano y riego principalmente) sobre el caudal de los manantiales, no existiendo un manejo sostenible en las áreas de recarga hídrica natural, por lo que se propone lo siguiente:

- ❑ Mantener la cobertura vegetal en las unidades 22 y 23, dada que son áreas críticas de recarga hídrica natural, categorizadas como *altas*, así como mejorar la cobertura mediante la rehabilitación natural del bosque.
- ❑ Establecimiento de bosques de producción, principalmente siembra de especies forestales para leña.
- ❑ Establecimiento de bosques de galería en las márgenes de los cauces naturales.
- ❑ En las unidades 3 y 24, implementar sistemas agroforestales con especies locales.

5. Se desconoce contaminación por plaguicidas, debido a la alta actividad antropogénica en las zonas de recarga hídrica natural.
6. Bajas eficiencias de conducción en los principales proyectos de abastecimiento de agua.
7. Proyección de déficit de agua para consumo humano.
8. Desconocimiento del requerimiento hídrico de los cultivos bajo riego, principalmente cultivos de exportación.
9. Crecimiento de la frontera agrícola debido a la alta presión sobre el recurso bosque, por la extracción de productos e incidencia de plagas principalmente.
10. En la mayoría de áreas destinadas a la agricultura, las prácticas de conservación de suelos que se utilizan son mínimas.
11. Destrucción aceleradas de los recursos naturales.
12. Poca participación comunitaria en el manejo del recurso hídrico.
13. Poca capacitación a las comunidades sobre el manejo de los recursos naturales.
14. Desinterés de municipalidades locales por el desarrollo del recurso hídrico.
15. Información limitada para desarrollar proyectos de investigación.
16. Ausencia de un marco sólido legal para el uso y manejo del recurso hídrico.

6.3 LINEAMIENTOS DE MANEJO

De los problemas que se detectaron en el análisis anterior, se proponen los siguientes lineamientos de manejo:

6.3.1 Recarga hídrica natural

Actualmente existe alta presión socioeconómica (consumo humano y riego principalmente) sobre el caudal de los manantiales, no existiendo un manejo sostenible en las áreas de recarga hídrica natural, por lo que se propone lo siguiente:

- ❑ Mantener la cobertura vegetal en las unidades 22 y 23, dada que son áreas críticas de recarga hídrica natural, categorizadas como *altas*, así como mejorar la cobertura mediante la rehabilitación natural del bosque.
- ❑ Establecimiento de bosques de producción, principalmente siembra de especies forestales para leña.
- ❑ Establecimiento de bosques de galería en las márgenes de los cauces naturales.
- ❑ En las unidades 3 y 24, implementar sistemas agroforestales con especies locales.

30. Johnson, EE. 1975. El agua subterránea y los pozos. Minnesota, Estados Unidos, Johnson. 513 p.
31. Linsley, A. 1988. Hidrología para ingenieros. 2 ed. México, McGraw-Hill. 386 p.
32. López Choc, F. 1998. Apoyo para políticas y estrategias de manejo integrado de recursos hídricos en América Central. 11 p. (Correspondencia personal)
33. López F. 1991. La degradación y pérdida de los suelos agrícolas. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 94 p.
34. López Vera, F. 2001. Fundamentos de economía, administración y gestión de recursos hídricos. In Jornada iberoamericana sobre enfoques integrados de la problemática del agua (1., 2001, Antigua Guatemala, GT). Antigua Guatemala. 42 p.
35. Machorro, RA. 1993. Geology of the northwestern part of the Granados quadrangle, central Guatemala. Thesis MSc. El Paso, US, University of Texas. 76 p.
36. Machorro, RA. 2000. Hidrogeología física, principios y aplicaciones. Guatemala, Sociedad Geológica Guatemalteca, 113 p.
37. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); DIRYA (Dirección de Riego y Avenamiento, GT). 1991. Plan maestro de riego y drenaje. Guatemala. 60 p. (Proyecto PNUD/OSP/GUA/88/003).
38. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT); PAFG (Plan de Acción Forestal para Guatemala, GT); INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT); CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT). 1999. Política forestal de Guatemala. Guatemala. 41 p.
39. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, GT) 2000. Mapas temáticos digitales de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:250,000. Color, 1 CD.
40. MINECO (Ministerio de Economía, GT); COGUANOR (Comisión Guatemalteca de Normas y Regulaciones, GT). 2001. Norma NGO 29 001 agua potable. Guatemala. 3 p.
41. Monsalve Sáenz, G. 1999. Hidrología en la ingeniería. México, Alfaomega. 383 p.
42. Montejó Montejó, LA. 2003. Inventario forestal del área de influencia de la zona de recarga hídrica del cerro Tuncáj, Granados, Baja Verapaz. Jacaltenango, Huehuetenango, Guatemala. Escuela Técnica de Formación Forestal. 54 p.
43. NOVIB (Organización Holandesa para la Cooperación Internacional al Desarrollo, ND); Fundación Solar, GT. 2001. Estado del agua en Guatemala 2000. Guatemala. 55 p.
44. Oliva H. BE; Callejas R. BC; Pérez S, JF. 2001. Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de las aguas del río Las Vacas; proyecto 82-99 de la línea FODECYT, Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Química, Unidad de Análisis Instrumental. 142 p.
45. OMS (Organización Panamericana de la Salud, US). 1987. Guías para la calidad del agua potable; criterios relativos a la salud y otra información base. Washington, US. v. 2, 350 p.

46. Orozco, E.; Padilla, T.; Salguero, M. 2003. Metodología para la determinación de áreas de recarga hídrica natural. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía – Instituto Nacional de Bosques. 106 p.
47. Padilla, T. 2003. Hidrogeoquímica. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 33 p. (Correspondencia personal)
48. Ritzema, H. 1994. Drainage principles and applications. Wageningen, The Netherlands, ILRI. 1125 p.
49. Price, M. 2003. Agua subterránea. México, Limusa. 330 p.
50. Ruiz, JM. 2003. Utilización del balance de cloruros en la zona no saturada en la estimación de la recarga natural a un acuífero detrítico (en línea). Madrid, Dirección de Hidrogeología y Aguas Subterráneas. Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Consultado 01 mar. 2003. Disponible en: www.igme.es/internet/publicaciones/boletin/112_2.htm.
51. Sandoval, JE. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.
52. Schosinsky, G.; Losilla, M. 2000. Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. Revista Geológica de América Central no. 23:44-54.
53. SIECA (Secretaría de Integración Económica Centroamericana, GT); CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, GT); CRRH (Comité Regional de Recursos Hidráulicos); CAPRE (Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana); DANIDA (Gobierno de Dinamarca, Ministerio del Exterior, DK). 1998. Plan de acción para la gestión integrada de los recursos hídricos del istmo centroamericano: documento base para su discusión. Guatemala. 44 p.
54. Simmons, C.; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José Pineda Ibarra. 1000 p.
55. Tebbutt, THY. 1990. Fundamentos de control de calidad del agua. Trad. por Raúl Arriola Juárez. México, Limusa. 239 p.
56. Tijerina, A. 2003. Relaciones entre el contenido de agua, potencial del agua y componentes de potencial. México, Chapingo, Colegio de Postgraduados. 36 p. (Correspondencia personal)
57. USAC, Dirección General de Investigación, GT; USAC, Centro Universitario del Norte. s.f. Mapa geológico del cuadrángulo de Granados. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
58. Vargas, A. 2002. Delimitación de áreas de protección de fuentes de abastecimiento de agua subterránea: notas del curso "Modelaje de Aguas Subterráneas". Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología. 21 p.
59. Vargas, A. 2002. Manantiales de una parte del valle central de Costa Rica. Revista Geológica de América Central no. 27:39-52.
60. Velásquez V, E. 1996. Situación actual del sector hídrico en Guatemala. 13 p. Presentado en: Seminario – taller situación actual y perspectivas para el aprovechamiento integrado y sustentable del recurso hídrico en Guatemala (1996. Guatemala). Guatemala.

