

Tabla 12.3.3. Análisis granulométrico río Carrizal

RÍO	DOVELA GPS	ETIQUETA	PESO (g)	VOLUMEN (ml)	DENSIDAD p (g/ml)	D ₂₀	D ₃₀	D ₄₀	D ₅₀	D ₆₀	D ₇₀	D ₈₀	Cu	Cc	
CARRIZAL	C12	286	468.43	270	1.73	0.286	0.330	0.458	0.695	0.830	1.416	1.865	2.89672156	0.88128616	
		287	177.3	103	1.72	0.374	0.512	0.717	1.012	1.205	2.020	2.298	3.22614329	1.14068505	
		289	784.45	470	1.67	0.307	0.361	0.527	0.771	0.914	1.600	1.975	2.97486965	0.98898296	
					1.71	PROMEDIO	0.322	0.401	0.567	0.826	0.983	1.679	2.046	3.04938611	1.01474361
	C13	302	560.46	320	1.75	0.358	0.443	0.696	1.212	1.567	3.219	4.070	4.37397957	0.86381613	
		303	603.66	350	1.72	0.422	0.554	0.710	0.952	1.103	1.966	2.307	2.61431742	1.08386702	
		304	784.98	460	1.66	0.337	0.392	0.560	0.783	0.918	1.578	1.973	2.72405047	1.01344181	
					1.71	PROMEDIO	0.372	0.463	0.655	0.983	1.196	2.254	2.783	3.2117442	0.96476621
	C14	308	1371.92	890	1.54	0.347	0.404	0.578	0.802	0.941	1.629	1.997	2.71439612	1.02627098	
		309	310.39	195	1.59	0.462	0.618	0.851	1.326	1.628	2.939	3.705	3.5265793	0.96345216	
		310	13.92	9	1.55	0.290	0.320	0.404	0.562	0.698	1.313	1.898	2.40762136	0.80511905	
		311	163.1	98	1.66	0.295	0.328	0.420	0.600	0.740	1.270	1.731	2.50986411	0.80920432	
					1.59	PROMEDIO	0.348	0.418	0.563	0.823	1.002	1.788	2.333	2.87642134	0.90963205
	C15	321	2551.11	1620	1.57	0.316	0.360	0.489	0.719	0.856	1.468	1.878	2.70845239	0.88223416	
		322	2561.69	1600	1.59	0.318	0.364	0.500	0.736	0.876	1.512	1.888	2.75484419	0.8954577	
		327	1274.28	800	1.59	0.314	0.356	0.477	0.703	0.841	1.457	1.894	2.68190445	0.86091844	
		328	1614.85	1000	1.61	0.310	0.352	0.475	0.714	0.866	1.607	2.042	2.7936288	0.84121479	
					1.59	PROMEDIO	0.314	0.358	0.485	0.718	0.860	1.511	1.928	2.73455122	0.87095107
	C16	329	49.52	30	1.65	0.179	0.200	0.261	0.364	0.428	0.689	0.857	2.38980985	0.88454054	
		342	1601.83	1000	1.60	0.318	0.368	0.517	0.779	0.943	1.781	2.187	2.9689917	0.89251439	
						1.63	PROMEDIO	0.248	0.284	0.389	0.571	0.685	1.235	1.522	2.76005309
	PROMEDIO POR SECCION CARRIZAL 1					1.64	0.327	0.391	0.540	0.796	0.960	1.717	2.161	2.93484676	0.92917333
	CA17	346	103.46	68	1.52	0.191	0.222	0.300	0.404	0.468	0.826	1.052	2.4484894	1.00604694	
		348	312.71	300	1.04	0.201	0.241	0.322	0.440	0.515	0.881	1.030	2.5586611	1.00119625	
		349	63.06	39	1.62	0.249	0.309	0.448	0.687	0.805	1.178	1.560	3.22959459	0.99856199	
		350	13.05	8	1.63	0.172	0.188	0.230	0.320	0.394	0.741	0.996	2.29097465	0.7784485	
		351	293.23	180	1.63	0.222	0.280	0.342	0.455	0.525	0.876	1.017	2.37151996	1.00585232	
					1.49	PROMEDIO	0.207	0.248	0.328	0.461	0.541	0.901	1.131	2.61538175	0.96152593
	CA18	S/M													
	CA19	S/M													
	PROMEDIO POR SECCION CARRIZAL 2					1.49	0.207	0.248	0.328	0.461	0.541	0.901	1.131	2.61538175	0.96152593
	C20	356	1592.1	995	1.60	0.384	0.480	0.676	0.934	1.097	1.980	2.325	2.85902899	1.08557441	
		355	123.47	70	1.76	0.492	0.641	0.902	1.392	1.668	2.852	3.662	3.39274956	0.99257163	
		357	80.65	47	1.72	0.398	0.544	0.742	1.074	1.309	2.192	2.732	3.28700874	1.07518715	
					1.69	PROMEDIO	0.425	0.555	0.774	1.133	1.358	2.341	2.906	3.18883797	1.03784588
	C21	361	1587.90	985	1.62	0.389	0.491	0.708	1.049	1.324	2.825	3.615	3.4043674	0.97502406	
		362	576.2	349	1.65	0.382	0.471	0.686	1.023	1.266	2.333	3.153	3.31470066	0.97499908	
		363	1258.21	790	1.59	0.333	0.381	0.524	0.768	0.919	1.688	2.101	2.76022235	0.89558036	
					1.62	PROMEDIO	0.368	0.448	0.639	0.947	1.170	2.282	2.957	3.17899411	0.95042439
	C22	367	2312.28	1450	1.59	0.344	0.409	0.603	0.821	0.959	1.677	2.059	2.78600057	1.1004994	
		368	249.78	150	1.67	0.318	0.371	0.529	0.805	0.983	1.876	2.269	3.08575584	0.89280635	
		370	458.74	270	1.70	0.324	0.374	0.524	0.759	0.897	1.531	1.896	2.7709027	0.94500681	
					1.65	PROMEDIO	0.329	0.385	0.552	0.795	0.946	1.695	2.074	2.87782543	0.97837905
	C23	374	172.1	110	1.56	0.276	0.297	0.350	0.443	0.498	0.796	0.958	1.80393818	0.88870101	
		375	328.17	200	1.63	0.237	0.288	0.348	0.454	0.519	0.889	1.053	2.19086217	0.98275704	
		376	41.35	25	1.65	0.225	0.282	0.337	0.436	0.496	0.806	0.962	2.21010041	1.02023746	
					1.62	PROMEDIO	0.246	0.289	0.345	0.445	0.505	0.830	0.991	2.05186225	0.95858049
	C25	380	181.92	130	1.40	0.176	0.195	0.248	0.333	0.381	0.526	0.570	2.15935826	0.91559065	
		381	375.82	245	1.53	0.201	0.241	0.311	0.393	0.442	0.586	0.764	2.20271466	1.08901682	
		382	209	140	1.49	0.169	0.183	0.220	0.288	0.340	0.509	0.563	2.01165128	0.8398882	
					1.48	PROMEDIO	0.182	0.206	0.259	0.338	0.388	0.540	0.632	2.12950525	0.95434166
	PROMEDIO POR SECCION CARRIZAL 1					1.61	0.310	0.377	0.514	0.732	0.873	1.538	1.912	2.81825841	0.97584466

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA (PROHTAB)

Tabla 12.3.4, Análisis granulométrico río Samaria

RIO	DOVELA GPS	ETIQUETA	PESO (g)	VOLUMEN (ml)	DENSIDAD ρ (g/ml)	D ₁₀	D ₂₅	D ₅₀	D ₇₅	D ₈₅	D ₉₀	Cu	Cc		
SAMARIA	SI26	364	396.44	240	1.65	0.377	0.481	0.684	0.951	1.122	2.100	2.710	2.97705949	1.1054234	
		365	397.99	245	1.62	0.346	0.425	0.629	0.845	0.979	1.720	2.111	2.82929941	1.16801437	
		366	24.57	15	1.64	0.226	0.244	0.292	0.377	0.429	0.582	0.797	1.89273418	0.88020146	
					1.64	PROMEDIO	0.316	0.383	0.535	0.724	0.843	1.467	1.873	2.6646177	1.0727033
	SI27	369	591.01	350	1.69	0.307	0.349	0.472	0.744	0.947	2.185	3.125	3.08542983	0.76596751	
		361	91.74	58	1.58	0.235	0.287	0.343	0.443	0.504	0.875	1.071	2.14710458	0.99640687	
		362	2.59	1.6	1.62	0.175	0.193	0.243	0.338	0.399	0.598	0.802	2.28348044	0.84777484	
		395	106.84	130	1.51	0.302	0.343	0.461	0.706	0.877	1.756	2.221	2.90154021	0.8010163	
		396	8.62	5	1.72	0.196	0.240	0.325	0.447	0.523	1.051	1.428	2.67342202	1.03080965	
					1.63	PROMEDIO	0.243	0.282	0.369	0.536	0.650	1.293	1.729	2.67654354	0.86150723
	SI28	368	242.5	145	1.67	0.203	0.245	0.367	0.665	0.990	3.032	4.328	4.8655588	0.67015384	
		369	16.29	9	1.81	0.244	0.265	0.321	0.423	0.485	0.838	1.037	1.99267448	0.87118961	
400		14.39	8	1.80	0.182	0.206	0.274	0.370	0.429	0.659	0.856	2.35263514	0.95688971		
403		173.97	100	1.74	0.295	0.345	0.498	0.825	1.057	2.297	3.312	3.58586663	0.79754586		
404		773.45	470	1.65	0.223	0.282	0.381	0.587	0.587	2.041	3.318	2.63331583	1.11155551		
				1.73	PROMEDIO	0.229	0.269	0.368	0.574	0.710	1.773	2.570	3.09316106	0.8334773	
SI 29	406	10.38	6.5	1.60	0.174	0.193	0.245	0.326	0.370	0.500	0.539	1.12048061	0.93255018		
	407	27.47	19	1.45	0.171	0.186	0.226	0.298	0.343	0.479	0.520	2.00466767	0.87010155		
				1.52	PROMEDIO	0.173	0.190	0.236	0.312	0.356	0.489	0.530	2.06313457	0.90161833	
SI 30	408	65.45	45	1.45	0.177	0.196	0.250	0.328	0.370	0.494	0.530	2.09261025	0.95153661		
	410	0.8	0.5	1.60	0.161	0.170	0.194	0.232	0.255	0.402	0.470	1.57805501	0.91279977		
	411	3.71	2.2	1.69	0.177	0.192	0.232	0.305	0.349	0.484	0.525	1.97210038	0.87299986		
				1.58	PROMEDIO	0.172	0.186	0.225	0.288	0.325	0.460	0.508	1.89002412	0.90839789	
PROMEDIO POR SECCION SAMARIA 1					1.64	0.232	0.269	0.358	0.512	0.612	1.227	1.656	2.64044094	0.90194641	
SI 31	412	154.16	85	1.81	0.206	0.252	0.323	0.424	0.486	0.855	1.075	2.35382281	1.04320981		
	414	336.65	215	1.57	0.222	0.280	0.334	0.428	0.485	0.796	0.967	2.18380452	1.03242259		
	415	113.48	70	1.62	0.250	0.270	0.323	0.417	0.474	0.802	1.046	1.89479613	0.88000968		
				1.67	PROMEDIO	0.226	0.267	0.327	0.423	0.482	0.818	1.036	2.12894349	0.97932937	
SI 32	418	1946.99	1200	1.62	0.338	0.392	0.554	0.811	0.972	2.023	2.818	2.88006178	0.93593866		
	420	2176.61	1380	1.58	0.312	0.357	0.489	0.763	0.951	2.022	2.762	3.0481217	0.80681329		
	421	1789.11	1100	1.64	0.324	0.376	0.532	0.833	1.035	2.236	3.127	3.19890681	0.84320441		
	425	1907.25	1165	1.64	0.315	0.375	0.567	0.869	1.070	2.319	3.270	3.39952044	0.95494472		
				1.62	PROMEDIO	0.322	0.375	0.535	0.819	1.007	2.150	2.994	3.12782978	0.8843965	
SI 33	428	51.38	31	1.66	0.298	0.338	0.453	0.668	0.792	1.191	1.595	2.65709575	0.86875367		
	427	675.42	345	1.96	0.213	0.264	0.340	0.467	0.548	0.920	1.056	2.57360334	0.99292351		
	429	746.08	495	1.51	0.295	0.329	0.426	0.614	0.726	1.086	1.236	2.46584933	0.84939032		
	432	51.7	32	1.62	0.285	0.314	0.394	0.544	0.648	1.017	1.138	2.77543975	0.83966968		
				1.68	PROMEDIO	0.273	0.311	0.403	0.574	0.679	1.053	1.256	2.48945789	0.87929826	
SI 34	434	317.84	200	1.59	0.300	0.390	0.414	0.571	0.700	1.166	1.536	2.33347196	0.81662243		
	435	81.72	53	1.54	0.291	0.319	0.394	0.534	0.626	0.943	1.045	2.15103928	0.85347523		
	436	312.8	190	1.65	0.314	0.349	0.446	0.630	0.735	1.066	1.170	2.34324079	0.86428932		
				1.59	PROMEDIO	0.302	0.333	0.418	0.578	0.687	1.058	1.250	2.27816625	0.84446822	
SI 35	440	13.14	8	1.64	0.172	0.188	0.232	0.310	0.356	0.500	0.544	2.06816293	0.87319377		
	441	131.23	99	1.33	0.294	0.326	0.415	0.587	0.698	1.056	1.171	2.374827	0.84133058		
	442	162.32	115	1.41	0.178	0.199	0.257	0.336	0.379	0.505	0.542	2.12725648	0.98071938		
				1.46	PROMEDIO	0.215	0.238	0.301	0.411	0.478	0.752	2.2433634	0.88545124		
PROMEDIO POR SECCION SAMARIA 1					1.81	0.271	0.309	0.404	0.577	0.687	1.206	1.536	2.5362086	0.88338845	
SD 36	447	453.96	300	1.51	0.177	0.198	0.256	0.350	0.406	0.580	0.782	2.29151936	0.91140135		
	448	26.61	18	1.48	0.164	0.173	0.198	0.240	0.263	0.420	0.481	1.60845364	0.90892323		
	445	18.01	12	1.50	0.166	0.177	0.206	0.256	0.289	0.453	0.506	1.74201046	0.88436094		
	453	785.09	510	1.50	0.188	0.218	0.293	0.380	0.434	0.603	0.804	2.30116119	1.05001398		
	484	804.09	570	1.41	0.202	0.243	0.321	0.431	0.500	0.877	1.056	2.47730333	1.02324444		
	480	387.31	260	1.49	0.224	0.281	0.336	0.432	0.491	0.793	0.957	2.19225107	1.02741926		
				1.48	PROMEDIO	0.187	0.215	0.268	0.348	0.397	0.621	0.764	2.12563227	0.97072389	
SD 37	446	1775.08	1200	1.48	0.216	0.271	0.330	0.424	0.481	0.778	0.966	2.22527272	1.04661689		
	449	1091.45	730	1.50	0.186	0.215	0.289	0.370	0.419	0.565	0.688	2.24932616	1.06842628		
	464	1237.35	820	1.51	0.204	0.248	0.317	0.405	0.458	0.682	0.873	2.24490466	1.07286756		
	485	6.48	4.5	1.44	0.174	0.191	0.238	0.318	0.364	0.502	0.544	2.09282758	0.89303742		
	482	15.52	11	1.41	0.200	0.215	0.257	0.331	0.376	0.510	0.550	1.88437496	0.88098098		
	481	17.55	12	1.46	0.108	0.122	0.162	0.241	0.294	0.476	0.537	2.18683777	0.81870658		
				1.47	PROMEDIO	0.181	0.210	0.265	0.348	0.399	0.585	0.693	2.19851698	0.97316331	
SD 38	452	584.78	400	1.49	0.178	0.198	0.256	0.337	0.382	0.515	0.556	2.14860624	0.96233067		
	450	261.86	170	1.54	0.181	0.204	0.270	0.348	0.393	0.525	0.565	2.16703572	1.02395608		
	453	86.32	60	1.44	0.241	0.258	0.301	0.376	0.420	0.548	0.586	1.73964723	0.89517474		
				1.49	PROMEDIO	0.200	0.220	0.276	0.354	0.398	0.530	0.569	1.98976645	0.95314929	
SD 39	457	68.5	48	1.43	0.242	0.259	0.305	0.385	0.433	0.573	0.909	1.79285504	0.889797		
	458	82.29	58	1.42	0.196	0.232	0.303	0.378	0.423	0.553	0.605	2.15489603	1.10348648		
	459	1753.66	1120	1.57	0.281	0.306	0.374	0.499	0.576	1.394	1.894	2.05493637	0.86584543		
	460	536.24	340	1.58	0.252	0.298	0.372	0.511	0.604	1.085	1.395	2.40028587	0.9087895		
				1.50	PROMEDIO	0.243	0.274	0.338	0.444	0.509	0.901	1.201	2.09952392	0.9275459	
SD 40	469	1830.52	1285	1.50	0.267	0.301	0.367	0.488	0.563	0.975	1.127	2.10964049	0.89682772		
	470	172.21	115	1.50	0.271	0.294	0.354	0.462	0.527	0.922	1.095	1.94332245	0.87557024		
	471	2378.21	1700	1.40	0.235	0.288	0.353	0.471	0.543	0.965	1.134	2.31169818	0.97403159		
	472	2244.46	1420	1.58	0.301	0.339	0.446	0.656	0.789	1.301	1.770	2.61970947	0.83707996		
				1.49	PROMEDIO	0.269	0.305	0.380	0.519	0.606	1.041	1.282	2.25483575	0.88726831	
SD 41	465	985.67	630	1.56	0.255	0.297	0.362	0.481	0.554	0.947	1.095	2.16914884	0.92691382		
	463	1626.07	1080	1.51	0.227	0.284	0.34								

Tabla 12.3.5, Análisis granulométrico río Platanar

RIO	DOVELA GPS	ETIQUETA	PESO (g)	VOLUMEN (ml)	DENSIDAD ρ (g/ml)	D ₁₀	D ₃₀	D ₅₀	D ₆₀	D ₈₀	Cu	Cc				
PLATANAR	P 44	300	9/M													
		490	3.69	2.5	1.48	0.389	0.506	0.696	0.955	1.118	1.977	2.301	2.8769732	1.11572299		
	P 45	491	49.6	31	1.60	0.390	0.484	0.661	0.862	0.984	1.687	2.092	2.52106579	1.13572777		
		492	42.75	27	1.58	0.439	0.590	0.708	0.918	1.045	1.859	2.249	2.3839611	1.09253525		
	P 46					1.55	PROMEDIO	0.406	0.527	0.688	0.911	1.049	1.841	2.214	2.58326579	1.11220781
		496	64.06	48	1.35	0.561	0.658	0.876	1.315	1.601	2.839	3.725	2.85605637	0.85578705		
		504	154.1	100	1.54	0.497	0.621	0.779	1.076	1.293	2.199	2.818	2.60024366	0.94312065		
		503	88.34	59	1.50	0.478	0.613	0.775	1.084	1.305	2.149	2.565	2.72864185	0.96241566		
	P 47					1.46	PROMEDIO	0.512	0.630	0.810	1.158	1.400	2.395	3.040	2.73359062	0.91556798
		505	0.14	0.1	1.40	0.157	0.174	0.223	0.316	0.376	0.573	0.898	2.40295202	0.84023276		
506		27.18	18	1.51	0.456	0.609	0.811	1.231	1.626	3.718	4.868	3.56346485	0.88607554			
507		24.64	16	1.54	0.482	0.644	0.992	1.803	2.446	17.761	46.306	5.08024701	0.83628384			
P 48					1.48	PROMEDIO	0.365	0.476	0.675	1.117	1.483	7.351	17.357	4.06463596	0.84296218	
	508	23.6	16	1.48	0.352	0.427	0.650	1.062	1.425	3.822	6.129	4.04493428	0.84310537			
	509	53.5	41	1.30	0.458	0.615	0.879	1.573	2.216	5.776	8.396	4.83445314	0.76103933			
	510	2.97	1.95	1.52	0.316	0.372	0.544	0.924	1.206	3.172	4.783	3.81590575	0.77554183			
P 49					1.43	PROMEDIO	0.376	0.472	0.691	1.186	1.616	4.636	4.30186919	0.78725505		
	511	151.07	115	1.32	0.409	0.523	0.682	0.886	1.009	2.086	3.516	2.47048198	1.1272573			
	512	123.07	99	1.24	0.398	0.503	0.693	0.958	1.126	3.012	4.338	2.83234429	1.07160152			
	513	64.85	50	1.30	0.432	0.573	0.716	0.957	1.107	2.419	3.518	2.56258385	1.07311082			
P 50					1.29	PROMEDIO	0.413	0.533	0.697	0.934	1.081	2.506	3.791	2.61882863	1.08891904	
	514	203.86	150	1.36	0.543	0.645	0.837	1.218	1.516	2.873	3.985	2.79340047	0.85102046			
	515	236.82	160	1.48	0.451	0.597	0.765	1.091	1.340	2.349	3.336	2.97026594	0.96700856			
	516	228.57	155	1.47	0.441	0.585	0.739	1.025	1.215	2.178	2.886	2.75641296	1.02150223			
P 51					1.44	PROMEDIO	0.478	0.609	0.780	1.111	1.357	2.467	3.386	2.83766932	0.93831501	
	521	96.2	60	1.60	0.381	0.480	0.672	0.906	1.053	1.877	2.231	2.76425087	1.12467306			
	522	18.19	12	1.52	0.328	0.379	0.532	0.738	0.850	1.213	1.644	2.59249469	1.01349416			
	523	699.34	395	1.77	0.371	0.454	0.638	0.820	0.929	1.408	1.794	2.50601448	1.18364844			
P 52					1.63	PROMEDIO	0.360	0.438	0.614	0.821	0.944	1.499	1.889	2.62340233	1.10930239	
	526	11.61	7	1.66	0.305	0.366	0.563	1.122	1.726	4.334	5.742	5.66646856	0.60300094			
	527	261.54	200	1.31	0.374	0.461	0.708	1.202	1.993	24.839	45.091	5.33607806	0.67239801			
	528	378.74	260	1.46	0.386	0.515	0.856	1.723	2.469	5.438	7.322	6.39014655	0.76759081			
P 53					1.47	PROMEDIO	0.355	0.447	0.709	1.349	2.063	11.537	19.385	5.81314768	0.68633818	
	530	9.14	6	1.52	0.283	0.303	0.354	0.442	0.494	0.777	0.957	1.74293712	0.89483647			
	531	624.63	410	1.52	0.289	0.312	0.375	0.486	0.553	0.912	1.046	1.91227794	0.87839489			
	532	454.56	300	1.52	0.293	0.318	0.385	0.504	0.577	0.951	1.081	1.96750705	0.87340723			
PLATANAR	PROMEDIO POR SECCION PLATANAR					1.48	0.395	0.494	0.671	1.007	1.281	3.859	6.501	3.24656108	0.88012348	
	P 55	537	26.95	19	1.42	0.198	0.237	0.313	0.410	0.469	0.790	1.012	2.36434192	1.04941444		
		536	6.77	4	1.69	0.172	0.188	0.231	0.318	0.379	0.577	0.773	2.09710117	0.82303739		
		542	31.56	20	1.58	0.183	0.208	0.280	0.422	0.519	1.475	2.568	2.83905941	0.82809616		
	P 56					1.56	PROMEDIO	0.184	0.211	0.275	0.383	0.456	0.948	1.451	2.47327243	0.89884984
		498	586.53	360	1.63	0.310	0.353	0.481	0.696	0.813	1.179	1.731	2.62363748	0.91752623		
		886	17.73	12	1.48	0.262	0.252	0.317	0.402	0.453	0.637	0.842	2.19312499	1.07729016		
		500	515.53	310	1.66	0.324	0.386	0.576	0.879	1.082	2.369	3.465	3.33373071	0.94605352		
	P 57					1.39	PROMEDIO	0.280	0.330	0.458	0.659	0.782	1.395	2.013	2.79197783	0.95698211
		543	385.9	250	1.58	0.420	0.567	0.816	1.277	1.486	2.138	2.341	3.54120291	1.06843949		
544		1258.03	800	1.57	0.386	0.493	0.692	0.964	1.138	2.441	3.672	2.94814383	1.09033899			
545		2106.33	1430	1.47	0.496	0.629	0.814	1.176	1.484	2.963	4.125	2.99345117	0.89967466			
P 58					1.54	PROMEDIO	0.434	0.563	0.774	1.130	1.369	2.514	3.379	3.15663287	1.00839281	
	550	2631.65	1710	1.54	0.560	0.650	0.836	1.201	1.536	3.255	4.406	2.74507286	0.81294271			
	551	2417.67	1610	1.50	0.505	0.633	0.812	1.157	1.464	2.955	4.019	2.89999835	0.89169337			
	552	2839.53	1900	1.49	0.498	0.629	0.808	1.154	1.495	3.428	4.670	3.00121254	0.87616981			
	553	2601.75	1710	1.52	0.433	0.597	0.767	1.096	1.390	3.182	4.401	3.2091133	0.97660532			
	554	2732.18	1798	1.52	0.392	0.505	0.690	0.936	1.090	2.268	3.341	2.77912178	1.11495015			
P 59					1.52	PROMEDIO	0.478	0.603	0.783	1.109	1.395	3.017	4.167	2.92101777	0.91915674	
	559	683.69	510	1.34	0.461	0.628	1.006	1.930	2.699	8.386	13.289	5.85367166	0.81318845			
	558	102.28	70	1.46	0.218	0.275	0.394	0.649	0.819	1.759	2.358	3.75754282	0.87014105			
	560	780.69	596	1.31	0.363	0.469	0.709	1.087	1.571	7.065	10.897	4.32810597	0.88096792			
P 60					1.37	PROMEDIO	0.347	0.457	0.703	1.222	1.697	5.737	8.848	4.88368952	0.83866847	
	564	169.52	140	1.21	0.306	0.348	0.470	0.781	1.052	13.991	18.790	3.43487331	0.68601374			
	565	1927.39	1230	1.57	0.340	0.411	0.618	0.884	1.058	2.198	3.175	3.10905838	1.06232885			
	579	1065.33	720	1.48	0.319	0.376	0.553	0.803	0.956	2.181	4.051	2.99672162	1.00301568			
	566	2336	1800	1.30	0.379	0.492	0.700	0.992	1.181	3.612	6.276	3.118432	1.09751027			
P 61					1.39	PROMEDIO	0.336	0.407	0.586	0.865	1.062	5.495	8.073	3.15927105	0.96992493	
	569	207.17	140	1.48	0.249	0.297	0.371	0.510	0.602	1.043	1.214	2.41248333	0.91616867			
	571	45.91	32	1.43	0.177	0.203	0.278	0.362	0.413	0.565	0.694	2.32581032	1.05475334			
	572	60.25	38	1.59	0.213	0.276	0.341	0.456	0.527	1.009	1.396	2.47779998	1.03616965			
PROMEDIO POR SECCION PLATANAR					1.49	0.338	0.421	0.578	0.856	1.070	2.978	4.313	3.16641067	0.92452727		

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA POBLACION DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA (PROHTAB)

Tabla 12.3.6, Análisis granulométrico río Comoapa

RIO	DOVELA GPS	ETIQUETA	PESO (g)	VOLUMEN (ml)	DENSIDAD ρ (g/ml)		D ₁₀	D ₂₀	D ₃₀	D ₅₀	D ₆₀	D ₇₀	D ₈₀	Cu	Cc
COMOAPA	CO 62	S/M	S/M												
		S/M	S/M												
		S/M	S/M												
	CO 63	878	18.07	12	1.51		0.292	0.316	0.378	0.489	0.556	0.917	1.051	1.90145625	0.87939234
		862	7.5	5	1.50		0.303	0.328	0.395	0.517	0.591	0.942	1.059	1.95060718	0.87470173
					1.50	PROMEDIO	0.298	0.322	0.387	0.503	0.573	0.929	1.055	1.92646539	0.87695354
	CO 64	577	1.7	1	1.70		0.268	0.297	0.375	0.524	0.619	0.922	1.018	2.30938042	0.84623093
		578	153.8	120	1.28		0.328	0.380	0.536	0.737	0.847	1.181	1.584	2.5805162	1.03443527
					1.49	PROMEDIO	0.298	0.338	0.456	0.631	0.733	1.052	1.301	2.45861018	0.94879907
	PROMEDIO POR SECCION COMOAPA					1.50	0.298	0.330	0.421	0.567	0.653	0.991	1.178	2.19285831	0.91137518
	CO 68	593	436.7	290	1.51										
		S/M	S/M												
		S/M	S/M												
	CO 70	S/M	S/M												
		S/M	S/M												
		S/M	S/M												
	CO 71	S/M	S/M												
		S/M	S/M												
		S/M	S/M												
	PROMEDIO POR SECCION COMOAPA					1.51									

Tabla 12.3.7, Análisis granulométrico río González

RIO	DOVELA GPS	ETIQUETA	PESO (g)	VOLUMEN (ml)	DENSIDAD ρ (g/ml)		D ₁₀	D ₂₀	D ₃₀	D ₅₀	D ₆₀	D ₇₀	D ₈₀	Cu	Cc
GONZALEZ	G 77	606	606.76	450	1.35		0.175	0.194	0.246	0.330	0.376	0.515	0.557	2.14151263	0.9213472
		607	37.16	27	1.38		0.163	0.172	0.196	0.236	0.259	0.473	1.586015	0.9118818	
		609	160.74	120	1.34		0.203	0.245	0.308	0.378	0.418	0.534	0.568	2.06495671	1.12084858
					1.35	PROMEDIO	0.180	0.204	0.250	0.314	0.351	0.486	0.533	1.94551505	0.9895233
	G 78	S/M													
		613	0.23	0.2	1.15		0.151	0.162	0.189	0.236	0.263	0.443	0.513	1.74177692	0.89495563
	G 79	615	1.86	1.5	1.24		0.084	0.104	0.173	0.357	0.513	1.273	1.519	6.10115967	0.69649412
					1.20	PROMEDIO	0.118	0.133	0.181	0.297	0.388	0.833	1.016	3.30021921	0.71780254
	PROMEDIO POR SECCION GONZALEZ					1.29	0.155	0.175	0.223	0.307	0.366	0.525	0.726	2.3360502	0.87212025
	G 86	587	13.44	8	1.68		0.174	0.191	0.239	0.317	0.360	0.488	0.526	2.06531122	0.90849108
		588	506	355	1.43		0.159	0.167	0.187	0.219	0.237	0.315	0.401	1.48387301	0.92410354
		589	24.24	19	1.28		0.167	0.180	0.214	0.273	0.319	0.471	0.519	1.90582765	0.85603953
		590	6.94	5	1.39		0.167	0.179	0.211	0.266	0.309	0.462	0.511	1.85210003	0.86262559
				1.44	PROMEDIO	0.167	0.179	0.212	0.269	0.306	0.434	0.489	1.83329066	0.88356827	
	G 88	594	760.84	550	1.38		0.186	0.214	0.287	0.359	0.402	0.527	0.564	2.16441844	1.09945348
		595	530.55	360	1.47		0.175	0.194	0.246	0.330	0.378	0.522	0.566	2.15549078	0.91219302
		596	174.42	140	1.25		0.165	0.176	0.204	0.252	0.281	0.448	0.503	1.70405773	0.89605263
				1.37	PROMEDIO	0.175	0.194	0.246	0.314	0.354	0.499	0.544	2.0169661	0.97112513	
	G 89	600	5.96	4.5	1.32		0.158	0.166	0.185	0.216	0.234	0.310	0.474	1.47754489	0.9248938
		601	1.68	1.55	1.08		0.168	0.182	0.217	0.282	0.345	0.558	0.630	2.0523429	0.8147859
602		1.27	0.8	1.59		0.159	0.167	0.185	0.214	0.231	0.276	0.355	1.44751742	0.92869951	
			1.33	PROMEDIO	0.162	0.171	0.196	0.238	0.270	0.381	0.486	1.66653842	0.87680331		
PROMEDIO POR SECCION GONZALEZ					1.387	0.168	0.182	0.217	0.273	0.310	0.438	0.505	1.84254502	0.90863088	
CONF-GONZALEZ	CG 80	616	0.27	0.3	0.90	PROMEDIO	0.161	0.173	0.205	0.261	0.303	0.471	0.525	1.88285664	0.86167047
	CG 81	S/M	S/M												
	CG 82	S/M	S/M												
	PROMEDIO POR SECCION CONF-GONZALEZ					0.90	0.161	0.173	0.205	0.261	0.303	0.471	0.525	1.88285664	0.86167047
	CG 90	640	0.62	0.6	1.03		0.163	0.174	0.202	0.251	0.281	0.471	0.502	1.72102661	0.8914354
		641	1.56	1.1	1.42		0.221	0.236	0.275	0.343	0.343	0.498	0.532	1.55173337	1.00000009
		642	6.13	6	1.02		0.159	0.169	0.193	0.233	0.256	0.321	0.339	1.60385427	0.90984416
				1.16	PROMEDIO	0.181	0.193	0.223	0.276	0.293	0.422	0.458	1.61781274	0.94015644	
	CG 91	646	0.23	0.3	0.77										
		647	0.35	0.6	0.58										
CG 92	649	0.33	0.2	1.65	PROMEDIO	0.040	0.048	0.075	0.138	0.188	0.395	0.476	4.6869533	0.7342126	
PROMEDIO POR SECCION CONF-GONZALEZ					1.28	0.146	0.157	0.186	0.241	0.267	0.415	0.462	1.82889325	0.89030998	
UG 83	622	374.32	250	1.50		0.181	0.203	0.268	0.340	0.380	0.496	0.530	2.10339639	1.04366645	
	623	40.68	29	1.40		0.189	0.219	0.290	0.357	0.396	0.507	0.539	2.0900293	1.12513432	
	624	6.9	4.5	1.53		0.169	0.184	0.223	0.293	0.338	0.476	0.519	1.99478287	0.86484467	
			1.47	PROMEDIO	0.180	0.202	0.260	0.330	0.371	0.493	0.529	2.06458463	1.01415183		
UG 84	628	126.72	95	1.33		0.163	0.172	0.196	0.235	0.258	0.405	0.468	1.58333787	0.91218986	
	629	87.99	68	1.29		0.167	0.180	0.213	0.270	0.314	0.462	0.509	1.87856923	0.86044855	
	630	82.39	60	1.37		0.164	0.174	0.200	0.244	0.269	0.432	0.492	1.63909942	0.90589797	
			1.33	PROMEDIO	0.165	0.175	0.203	0.250	0.280	0.433	0.490	1.701719	0.89033426		
UG 85	634	8.95	6.5	1.38		0.159	0.166	0.183	0.211	0.227	0.269	0.300	1.42616493	0.93146395	
	635	294.9	245	1.20		0.158	0.165	0.182	0.210	0.225	0.267	0.279	1.4256499	0.93153128	
	636	650.42	455	1.43		0.158	0.165	0.183	0.212	0.228	0.272	0.284	1.44141397	0.92948472	
			1.34	PROMEDIO	0.158	0.165	0.183	0.211	0.227	0.269	0.288	1.4310648	0.93081942		
PROMEDIO POR SECCION UNION-GONZALEZ					1.38	0.168	0.181	0.215	0.264	0.293	0.398	0.436	1.74615025	0.94809963	
UG 93	651	261.52	180	1.45		0.187	0.216	0.288	0.355	0.394	0.506	0.539	2.10158172	1.12249001	
	652	945.29	700	1.35		0.199	0.238	0.362	0.657	0.885	1.812	2.167	4.44628222	0.74199441	
	653	28.65	20	1.43		0.178	0.199	0.256	0.335	0.377	0.502	0.539	2.11388138	0.97670277	
			1.41	PROMEDIO	0.188	0.218	0.302	0.449	0.552	0.940	1.082	2.93190923	0.87696367		
UG 94	655	150.4	110	1.37		0.167	0.178	0.209	0.262	0.302	0.452	0.500	1.80993361	0.87023068	
	656	275.4	200	1.38		0.166	0.177	0.206	0.256	0.291	0.446	0.496	1.75168267	0.88271861	
	657	185.67	140	1.33		0.168	0.181	0.214	0.274	0.318	0.462	0.507	1.89170402	0.86062855	
			1.36	PROMEDIO	0.167	0.179	0.210	0.264	0.303	0.453	0.501	1.81808578	0.87076348		
UG 95	662	153.6	130	1.18		0.159	0.166	0.183	0.212	0.227	0.270	0.310	1.43161963	0.93075305	
	663	12.06	8.5	1.42		0.160	0.167	0.185	0.213	0.229	0.272	0.363	1.43137373	0.93073773	
	664	45.87	33	1.39		0.303	0.319	0.361	0.430	0.469	0.578	0.715	1.54724972	0.91640601	
			1.33	PROMEDIO	0.207	0.217	0.243	0.285	0.309	0.374	0.463	1.48800861	0.92325547		
PROMEDIO POR SECCION UNION-GONZALEZ					1.37	0.188	0.205	0.252	0.333	0.386	0.509	0.662	2.06911496	0.870407	

Handwritten signature or initials.</

Tabla 12.3.8, Análisis granulométrico río Grijalva

RÍO	DOVELA GPS	ETIQUETA	PESO (g)	VOLUMEN (ml)	DENSIDAD ρ (g/ml)	D ₁₀	D ₃₀	D ₅₀	D ₆₀	D ₇₀	D ₈₀	D ₉₀	Cu	Cc	
GRIJALVA	GR-96	669	51.99	40	1.30	0.160	0.169	0.189	0.224	0.243	0.354	0.430	1.51332634	0.92047811	
		670	179.64	160	1.12	0.158	0.165	0.182	0.210	0.225	0.267	0.279	1.42564973	0.93153121	
		671	9.3	6.5	1.43	0.159	0.166	0.183	0.211	0.227	0.269	0.293	1.42371499	0.93178437	
					1.28	PROMEDIO	0.159	0.167	0.185	0.215	0.232	0.296	0.334	1.45445052	0.92762298
	GR-97	674	184.43	150	1.23	0.159	0.166	0.184	0.213	0.229	0.273	0.336	1.43945662	0.92973744	
		676	83.03	76	1.09	0.158	0.165	0.183	0.212	0.228	0.271	0.323	1.43806034	0.92991775	
		677	47.49	40	1.19	0.160	0.167	0.186	0.215	0.232	0.278	0.374	1.4539201	0.92788031	
					1.17	PROMEDIO	0.159	0.166	0.184	0.213	0.230	0.274	0.344	1.44383266	0.92916764
	GR-98	681	61.48	59	1.04	0.158	0.166	0.186	0.220	0.238	0.341	0.433	1.51216931	0.92061895	
		682	92.59	79	1.17	0.157	0.166	0.188	0.225	0.246	0.383	0.462	1.57071365	0.91365156	
		683	33.4	30	1.11	0.157	0.165	0.184	0.215	0.232	0.281	0.381	1.47271167	0.92550015	
					1.11	PROMEDIO	0.157	0.165	0.186	0.220	0.239	0.335	0.426	1.51845315	0.91970125
	GR-99	697	40.22	31	1.30	0.158	0.165	0.182	0.209	0.224	0.264	0.275	1.41305389	0.93318606	
		698	45.21	49	0.92	0.158	0.166	0.184	0.215	0.232	0.278	0.376	1.46312717	0.92670994	
		699	16.31	17	0.96	0.161	0.171	0.199	0.248	0.276	0.456	0.519	1.72131229	0.89707855	
					1.06	PROMEDIO	0.159	0.167	0.189	0.224	0.244	0.333	0.390	1.53336358	0.91638729
	PROMEDIO POR SECCION GRIJALVA					1.18	0.159	0.166	0.186	0.218	0.236	0.310	0.373	1.48742733	0.92299732
	GR 103	708	77.96	54	1.44	0.160	0.166	0.184	0.211	0.227	0.268	0.280	1.42084508	0.93216036	
		709	96.25	69	1.39	0.159	0.166	0.183	0.210	0.226	0.267	0.279	1.42241594	0.93195441	
		710	74.06	55	1.35	0.159	0.165	0.182	0.208	0.222	0.261	0.271	1.39695103	0.93532772	
					1.39	PROMEDIO	0.159	0.166	0.183	0.210	0.225	0.265	0.277	1.4134129	0.93312343
	GR 104	714	201.32	150	1.34	0.159	0.167	0.184	0.213	0.228	0.271	0.319	1.43214929	0.93068415	
		715	68.28	52	1.31	0.161	0.169	0.190	0.224	0.243	0.353	0.430	1.50848525	0.92106821	
		716	13.07	8	1.63	0.159	0.166	0.182	0.209	0.224	0.264	0.275	1.40815701	0.93383429	
					1.43	PROMEDIO	0.160	0.167	0.185	0.215	0.232	0.296	0.342	1.44981064	0.92821264
	GR 105	720	29.97	24	1.25	0.163	0.173	0.199	0.244	0.269	0.441	0.504	1.65370745	0.90429123	
		721	36.65	30	1.22	0.159	0.166	0.185	0.215	0.233	0.281	0.384	1.46543587	0.92641721	
		722	10.68	11	0.97	0.162	0.173	0.201	0.249	0.277	0.471	0.538	1.70905604	0.89835652	
					1.15	PROMEDIO	0.161	0.171	0.195	0.236	0.260	0.398	0.476	1.61052502	0.90816179
	GR 106	726	106.48	80	1.33	0.159	0.165	0.181	0.207	0.221	0.260	0.270	1.39566091	0.93550053	
		727	3.27	3	1.09	0.163	0.172	0.196	0.236	0.260	0.429	0.503	1.59166207	0.91123375	
		728	83.23	60	1.39	0.159	0.165	0.181	0.207	0.222	0.260	0.271	1.39675201	0.93535434	
					1.27	PROMEDIO	0.160	0.168	0.186	0.217	0.234	0.316	0.348	1.46256384	0.92590889
	PROMEDIO POR SECCION GRIJALVA					1.31	0.160	0.168	0.187	0.219	0.238	0.319	0.360	1.48443884	0.92296298

Tabla 12.3.9. Análisis granulométrico río Chilapilla

RÍO	DOVELA GPS	ETIQUETA	PESO (g)	VOLUMEN (ml)	DENSIDAD ρ (g/ml)	D ₁₀	D ₃₀	D ₅₀	D ₆₀	D ₇₀	D ₈₀	D ₉₀	Cu	Cc	
CHILAPILLA	CH 100	693	6.11	6	1.02	0.165	0.176	0.204	0.253	0.284	0.458	0.516	1.71803376	0.89177459	
		694	6.21	5	1.24	0.158	0.166	0.186	0.218	0.235	0.319	0.434	1.48616819	0.92381805	
		695	12.64	10	1.26	0.161	0.168	0.187	0.219	0.237	0.318	0.423	1.47391084	0.9253494	
					1.17	PROMEDIO	0.161	0.170	0.193	0.230	0.252	0.365	0.458	1.56121176	0.91159933
	CH 101	700	1.96	1.5	1.30	0.161	0.169	0.189	0.222	0.241	0.357	0.455	1.4999304	0.92219346	
		701	2.23	2	1.12	0.159	0.167	0.188	0.221	0.240	0.354	0.457	1.50533429	0.92145342	
		702	0.7	0.6	1.17	0.160	0.168	0.189	0.223	0.243	0.357	0.439	1.5161578	0.92013408	
					1.19	PROMEDIO	0.160	0.168	0.189	0.222	0.241	0.356	0.450	1.50691963	0.92125473
	CH 102	705	0.31	0.3	1.03	PROMEDIO	0.163	0.176	0.213	0.279	0.338	0.533	0.598	2.07717266	0.82645403
	PROMEDIO POR SECCION CHILAPILLA					1.19	0.161	0.169	0.190	0.225	0.246	0.360	0.454	1.53029447	0.91697898
	CH 107	736	0.38	0.3	1.30	0.158	0.166	0.185	0.217	0.234	0.283	0.297	1.48372553	0.92412193	
		734	0.08	0.5	0.16	0.006	0.008	0.019	0.062	0.114	0.478	0.685	19.9982054	0.54929012	
		735	0.01	0.1	0.10										
		737	0.18	0.1	1.60										
					0.79	PROMEDIO	0.082	0.087	0.102	0.140	0.174	0.381	0.491	2.12612806	0.72942033
	CH 108	738	0.98	1	0.98	PROMEDIO	0.160	0.167	0.187	0.218	0.236	0.321	0.437	1.47848008	0.92477662
	CH 109	S/M	S/M												
	PROMEDIO POR SECCION CHILAPILLA					0.813	0.108	0.114	0.130	0.166	0.195	0.361	0.473	1.80619494	0.80761527

En el anexo A.12.2, Análisis Granulométrico, se anexan las fotografías de las muestras recolectadas y las tablas y curvas granulométricas

12.3.2.1 Geotécnico

En el aspecto geotécnico se debe considerar la realización de una campaña de campo para recopilar la información base para la caracterización geomorfológica del cauce a lo largo de toda la longitud de los sistemas fluviales estudiados, ya que en este trabajo no se consideró dentro de los alcances. Desde la cortina de la presa Ángel Albino Corzo (Peñitas) hasta la desembocadura al mar. Los trabajos consisten en reconocimientos a detalle sobre los diferentes tramos del cauce, localizados en la zona de estudio. Durante los recorridos se deberán tomar fotografías y muestras para realizar análisis granulométricos y determinar características del material que constituye el cauce en toda su longitud. Se deben considerar los siguientes aspectos:

- Reconocer las fuentes de sedimento y la evolución de su granulometría en todo el perfil longitudinal de los cauces
- Reconocer e identificar las obras y elementos fisiográficos que evidencien un aporte o déficit de sedimentos, y determinar su efecto en el balance global del transporte sólido

12.3.2.2 Fluvial

Con la finalidad de establecer el diagnóstico fluvial de los sistemas, se debe llevar a cabo un levantamiento de secciones del río en toda su longitud, con una separación aproximada máxima en caso de hacer levantamientos tradicionales de 3 km entre sección. Apoyándose en esa información y en la levantada en las secciones de medición se pueden construir gráficas como la de la figura 12.3.24, que muestra el perfil longitudinal del río en la sección y la ubicación de las estaciones de medición propuestas.

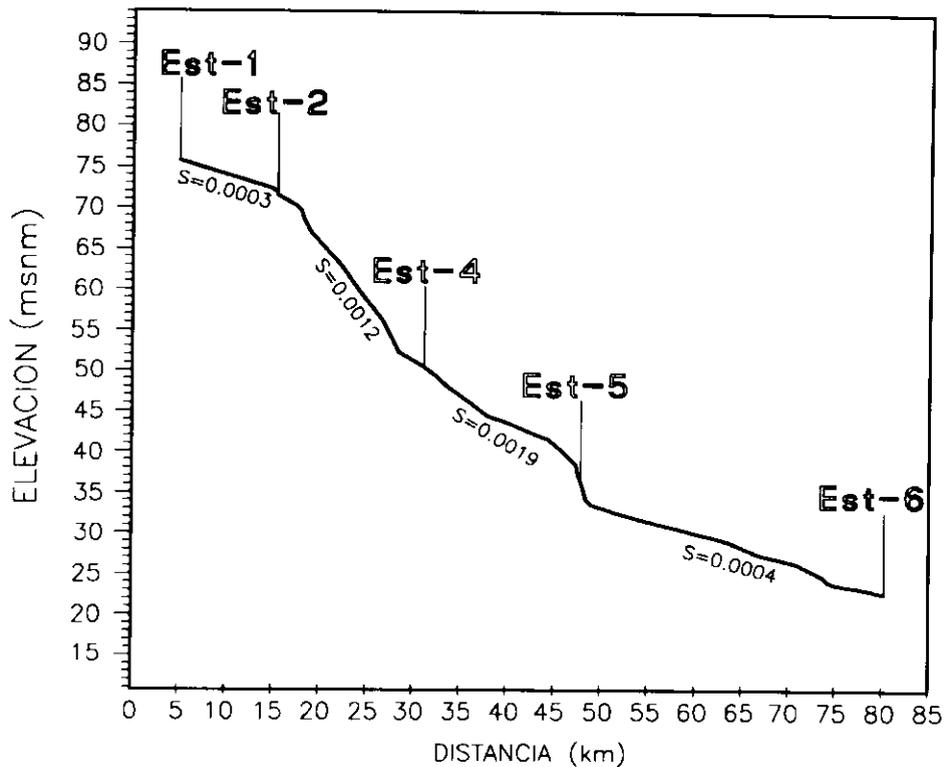


Figura 12.3.24. Ejemplo Perfil longitudinal del cauce (Rivera, 2013)

Será a partir de esta información que será posible establecer los criterios de estabilidad del río empleando la balanza de Lane. Los trabajos de topografía a lo largo del cauce no fueron considerados en el alcance del presente trabajo, por lo que no es posible establecer las zonas de equilibrio fluvial.

12.3.2.3 Mecánica de suelos

En este punto se consideró la obtención de muestras de material del fondo. Estas muestras se obtuvieron por medio de una draga (figura 12.3.25). Para su medición, se dividió la sección transversal en dovelas, los criterios de selección de estas son los mismos que se han utilizado a lo largo del trabajo. La forma de operación consiste en ubicar la sección y arrojar la draga hasta que llegue al fondo y arranque una muestra de material que conforma el fondo (Figura 12.3.26). Posteriormente esta muestra se etiqueta para su posterior análisis granulométrico (Figura 12.3.27), tal y como fue descrito en el apartado anterior. En la tabla 12.3.10 se resumen los puntos de recolección de muestras de fondo.

Tabla 12.3.10. Zonas de muestreo de material del lecho

RÍO	ESTACIÓN	ENCADENA MIENTO	TIRANTE DOVELA (cm)	ETIQUETA		
MEZCALAPA	MEZCALAPA	P01	99.00	237		
		P02	245.00	261		
		P03	360.00	274		
		P04	N/A	279		
		6	210.00	8		
		7	230.00	16		
		8	384.00	XXX		
		9	390.00	26		
		10	180.00	41		
		11	100.00	51		
		C12	106.00	285		
		C13	145.00	294		
		CARRIZAL	CARRIZAL	C14	133.00	307
C15	144.00			318		
C16	31.00			340		
CA17	215.00			345		
CA18	128.00			352		
CA19	44.00			353		
C20	93.00			354		
C21	136.00			360		
C22	143.00			366		
C23	120.00			373		
C25	34.00			379		
SAMARIA	SAMARIA			SI26	188.00	383
				SI27	214.00	390
		SI28	244.00	397		
		SI 29	162.00	405		
		SI 30	260.00	408		
		SI 31	239.00	599		
		SI 32	190.00	418		
		SI 33	310.00	426		
		SI 34	150.00	433		
		SI 35	145.00	439		
		SD 38	140.00	451		
		SD 39	175.00	456		
		SD 40	119.00	468		

RÍO	ESTACIÓN	ENCADENA MIENTO	TIRANTE DOVFLA (cm)	ETIQUETA	
PLATANAR	PLATANAR	P 44	11.00	489	
		P 45	24.00	495	
		P 46	26.00	493	
		P 47	29.00	494	
		P 48	38.00	502	
		P 49	44.00	501	
		P 50	56.00	518	
		P 51	145.00	519	
		P 52	166.00	NP	
		P 52	166.00	528	
		P 53	148.00	535	
		BANCO MATERIAL			883
		P 55	78.00	541	
		P 56	89.00	585	
		P 57	104.00	584	
		P 57	104.00	879	
		P 58	135.00	549	
		P 59	187.00	557	
		P 60	262.00	563	
		P 61	144.00	570	
COMOAPA	COMOAPA	CO 62	300.00	575	
		CO 63	410.00	881	
		CO 64	383.00	576	
		CO 69	320.00	580	
		CO 70	405.00	584	
		CO 71	377.00	585	
		BANCO MATERIAL			600
GONZALES	GONZALES	G 77	480.00	608	
		G 78	560.00	612	
		G 79	520.00	614	
	CONF/GONZALES	CG 80	6.30	617	
		CG 81	5.20	618	
		CG 82	2.40	620	
	UNION/GONZALES	UG 83	5.70	621	
		UG 84	6.00	627	
		UG 85	6.40	633	
	GONZALES	G 86	5.30	586	
		G 88	5.50	593	
		G 89	4.90	599	
	CONF/GONZALES	CG 90	6.50	639	
		CG 91	4.90	645	
		CG 92	2.50	648	
UNION/GONZALES	UG 93	5.40	650		
	UG 94	5.80	654		
	UG 95	6.40	661		
CHILAPILLA	CHILAPILLA	CH 100	2.80	692	
		CH 101	2.80	698	
		CH 102	1.60	699	
	CHILAPILLA	CH 107	2.60	731	
		CH 108	2.60	732	
		CH 109	1.30	733	
GRIJALVA	GRIJALVA	GR-96	2.80	668	
		GR-97	3.40	675	
		GR 98	4.00	680	
		GR 99	7.10	686	
	GRIJALVA	GR 103	2.70	707	
		GR 104	3.00	713	
		GR 105	3.80	719	
		GR 106	6.40	725	



Figura 12.3.25. Draga



Figura 12.3.26. Draga en uso



Figura 12.3.27. Recolección de muestra con draga

A handwritten signature in black ink, consisting of several stylized, overlapping lines.

12.4 CUANTIFICACIÓN DEL TRANSPORTE DE MATERIAL SÓLIDO EN CAUCES

12.4.1 Sedimentogramas

Una de las maneras de presentar los resultados para su análisis consiste en la generación de gráficas de sedimentos o sedimentogramas. En estas se gráfica en el eje horizontal el caudal líquido circulante en m^3/s y en el eje vertical el caudal sólido en suspensión en un lado del eje y el caudal sólido de fondo en el opuesto, ambos en m^3/d .

A continuación se describen para cada sistema analizado (Figura 12.4.1) la cuantificación del material sólido transportado en sus cauces (sedimentos en suspensión y de fondo).

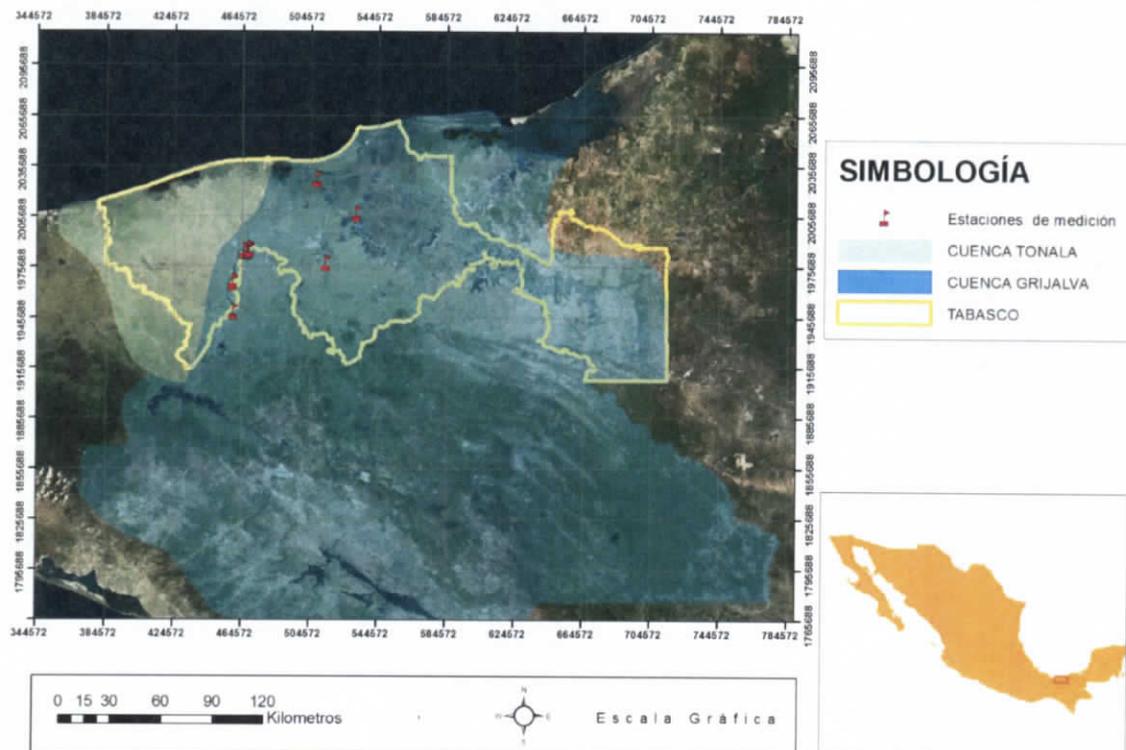


Figura 12.4.1. Estaciones de medición

UK

12.4.1.1 Sistema Río Platanar

El río Platanar se ubica en el estado de Chiapas, Municipio de Pichucalco, en la frontera con Tabasco. Es un afluente del río Mezcalapa que se piensa es un gran aportador de sedimentos gruesos (arenas y gravas), esto se puede observar desde su nacimiento a las faldas del volcán Chichonal y hasta su desembocadura hasta el río Mezcalapa (Figura 12.4.2). En dicha figura se aprecia un cono de deyección del volcán y como gran parte del material se dirige hacia el río Platanar.

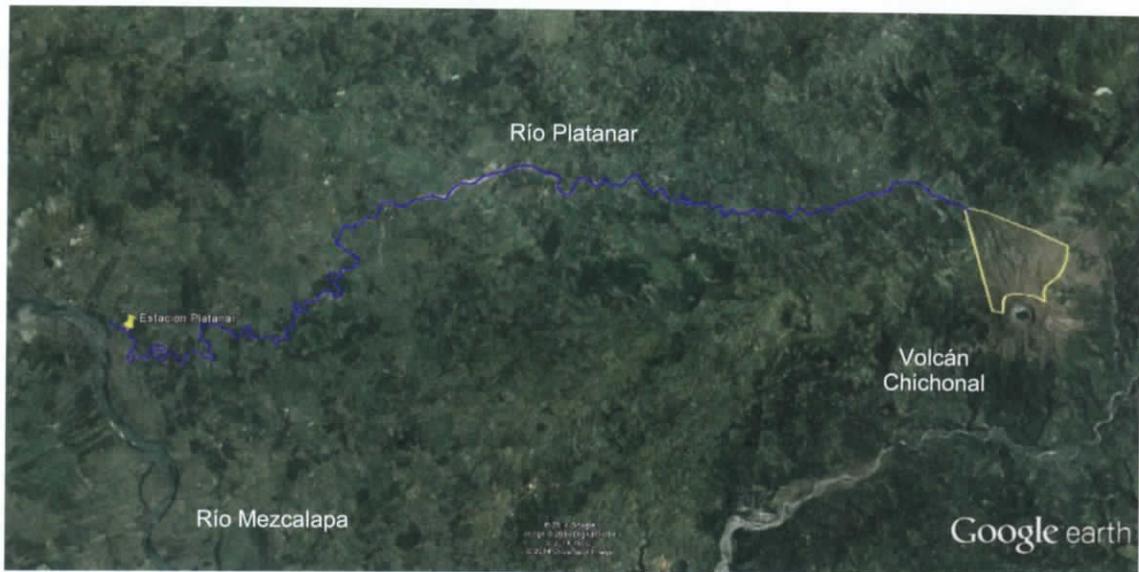


Figura 12.4.2. Río Platanar y volcán Chichonal

Por este motivo se llevó a cabo una campaña de medición sobre esta corriente para comprobar si efectivamente este transporte es significativo. La zona de medición se ubicó en las coordenadas: coordenada norte 1948951.51 m N, coordenada este 459444.65 m E (Figura 12.4.3)

UF

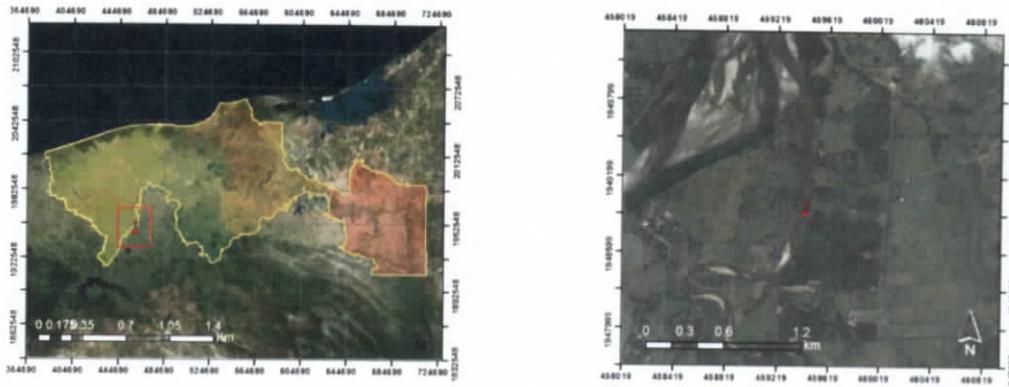


Figura 12.4.3. Zona de localización estación de monitoreo y control Platanar

En esta sección se llevaron a cabo los procedimientos descritos en el apartado 12.3.1 para obtener el caudal líquido, el caudal sólido y el muestreo de material de fondo.

El procedimiento de selección de la zona de medición se hizo de acuerdo a las recomendaciones dadas por Rivera (2006). Se ubicó una zona que estuviera en una parte recta del río, de preferencia sin islas, ni cambios bruscos de dirección. Además que fuera de fácil acceso. En la figura 12.4.4, se muestra una imagen de satélite con la zona seleccionada.



Figura 12.4.4. Zona de medición Platanar

En esta sección del río en particular se carece de antecedentes de mediciones previas, por lo que como mediciones iniciales se probaron condiciones de flujo que tuvieran un rango de variación lo más amplio posible. Esta situación fue posible encontrarla debido a que este río escurre libremente, por lo que responde rápidamente a las lluvias. Durante las mediciones se presentó un evento de precipitación de gran intensidad. En las figuras 12.4.5 y 12.4.6, se muestran algunas fechas y condiciones del río medidas. Se aprecia la rápida respuesta del río entre un día y otro (Fig. 12.4.6a y 12.4.6b)



Figura 12.4.5. Platanar 18/Oct/2014



(a)



(b)

Figura 12.4.6. Platanar a) 13/Nov/2014; b) 14/Nov/2014

Se estableció una sección transversal y un apoyo por medio de una cuerda (Figuras 12.4.7 y 12.4.8)



**Figura 12.4.7. Sección transversal
Platanar**



**Figura 12.4.8. Mediciones sobre sección
Platanar**

Sobre la sección transversal se marcaron los puntos de medición por medio de un GPS marca Garmin 68Sx. En la siguiente figura se muestran los puntos de monitoreo en la sección Platanar.

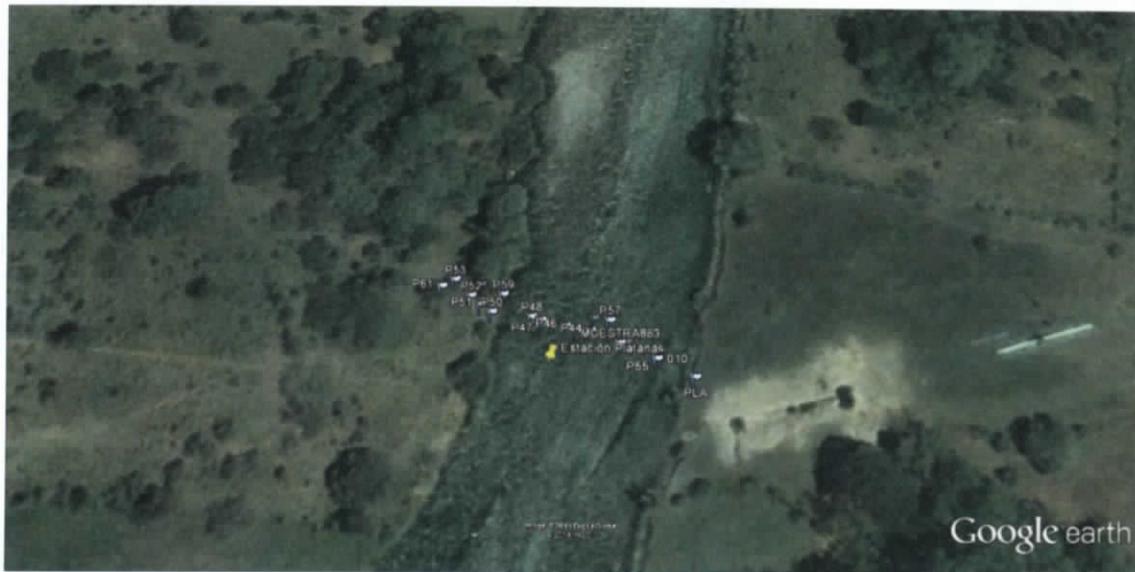


Figura 12.4.9. Puntos de monitoreo. Estación Platanar

En la tabla siguiente se muestra el resumen de trabajos realizados para esta zona

Tabla 12.4.1. Resumen Río Platanar

ESTACIÓN	HORA DE INICIO DEL AFORO	HORA FINAL DEL AFORO	ESCALA INICIAL (msnm)	ESCALA FINAL (msnm)	h_m (msnm)	CAUDAL (m^3/s)	CAUDAL SOLIDO DE FONDO ESTACIÓN (m^3/d)	GASTO SOLIDO DE SUSPENSIÓN POR ESTACIÓN (m^3/d)
Platanar	11:05	14:00	33.789	33.80	33.794	19.12	25.117	541.517
Platanar	11:47	17:00	34.559	34.659	34.609	124.2	398.975	2,812.820

El aforo líquido se llevó a cabo por medio de un perfilador acústico Doppler. Se generaron además del aforo líquido, la hidrodinámica en planta (figura 12.4.10) y la distribución de corrientes en la vertical (Figura 12.4.11). En la vista en plana se aprecia la homogeneidad de las velocidades, lo cual significa que se hizo una buena elección de la zona de monitoreo; mientras que, la distribución de velocidades permite determinar zonas homogéneas, a partir de las cuales se seleccionan las dovelas, siguiendo el principio de homogeneidad.

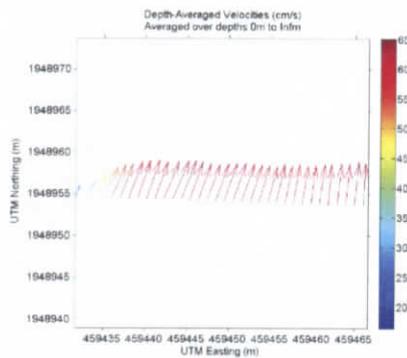


Figura 12.4.10. Velocidad en planta

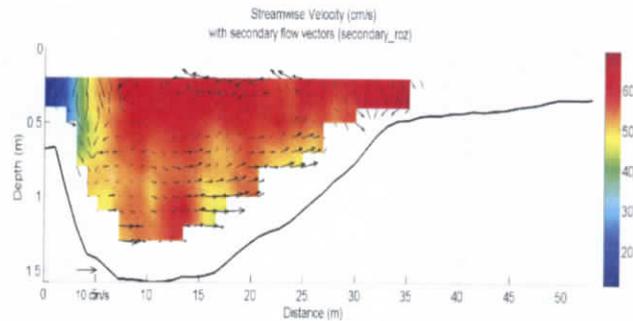


Figura 12.4.11. Campo de velocidades en la vertical

A partir de estos valores es posible construir la gráfica sedimentológica para esta sección (Figura 12.4.12).

UK

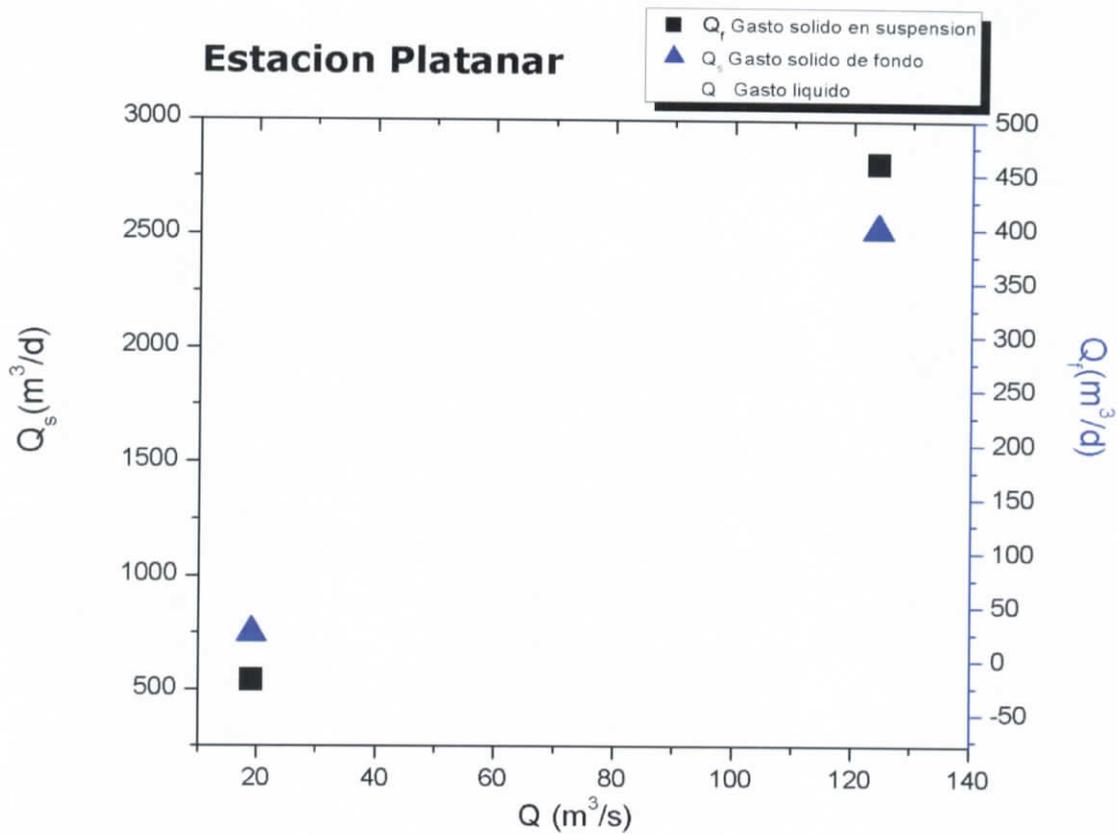


Figura 12.4.12. Sedimentograma Estación Platanar

En las siguientes figuras se aprecia la gran cantidad de material grueso (arenas y gravas) que es arrastrado por la corriente en esa sección. Adicionalmente se tomaron muestras de este material para su posterior análisis en laboratorio.



Figura 12.4.13. Material del lecho



Figura 12.4.14. Detalle del material

UF

12.4.1.2 Sistema Río Comuapa

El río Comuapa se ubica en el estado de Tabasco, Municipio de Huimanguillo en la frontera con el estado de Chiapas. Es un afluente del río Mezcalapa que se piensa puede ser aportador de sedimentos gruesos (arenas y gravas). Por este motivo se llevó a cabo una campaña de medición sobre esta corriente para comprobar si efectivamente este transporte es significativo. La zona de medición se ubicó en las coordenadas: coordenada norte 1967192.75 m N, coordenada este 459273.83 m E latitud (Figura 12.4.15).

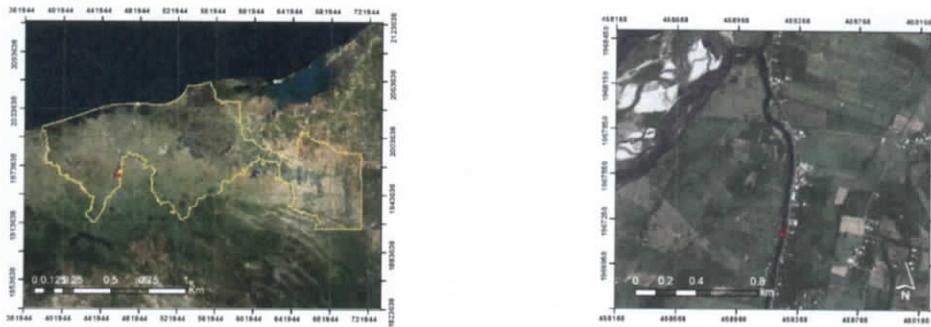


Figura 12.4.15. Zona de localización estación de monitoreo y control Comuapa

En esta zona se seleccionaron dos sitios de medición y muestreo (figura 12.4.16), el primero en un tramo recto y con las condiciones idóneas para medir (figuras 12.4.17a y b) y el segundo sobre un puente vehicular en las cercanías, donde se ubica la estación de medición de la CONAGUA, Paredón (figura 12.4.18a y b).

En ambas secciones no se encontraron registros de mediciones de sedimentos previas, por lo que como punto de partida, se trató de medir con condiciones de flujo que tuvieran un rango de variación lo más amplio posible. Esta situación no fue posible debido a que este río escurre libremente y durante el periodo de medición no se presentaron lluvias significativas.

UP



Figura 12.4.16. Estaciones de monitoreo y control Río Comuapa



Figura 12.4.17. Estación Comuapa
16/Nov/2014



Figura 12.4.18. Estación Comuapa
17/Nov/2014

UJF

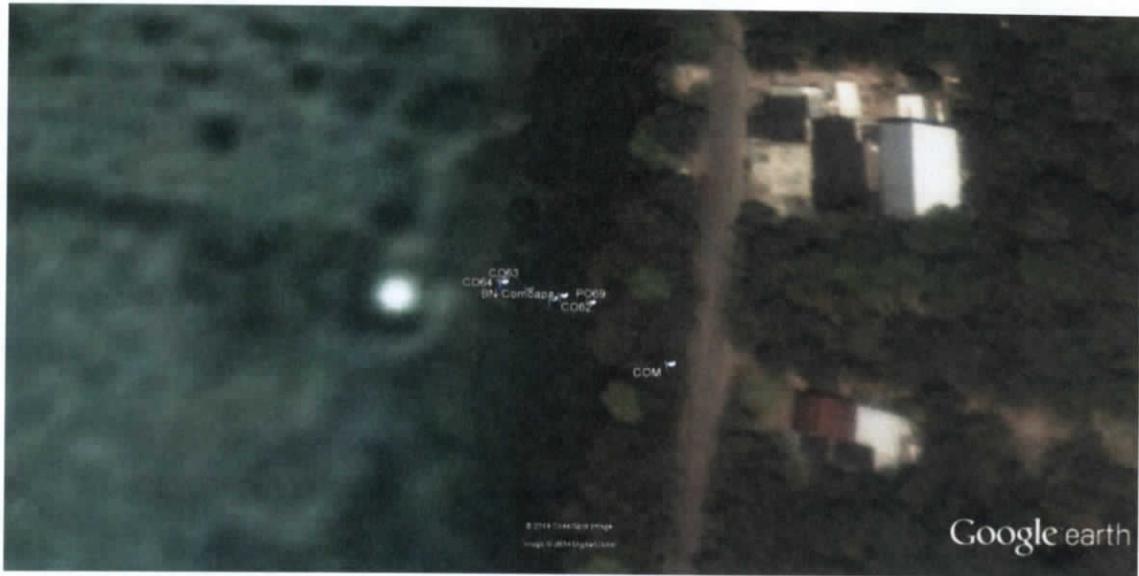


Figura 12.4.23. Puntos de medición Estación Comuapa



Figura 12.4.24. Puntos de medición Estación Paredón

En la tabla siguiente se muestra el resumen de trabajos realizados para esta zona

Tabla 12.4.2. Resumen río Comuapa

ESTACIÓN	HORA DE INICIO DEL AFORO	HORA FINAL DEL AFORO	ESCALA INICIAL (msnm)	ESCALA FINAL (msnm)	h_m (mmsm)	CAUDAL (m^3/s)	CAUDAL SOLIDO DE FONDO ESTACIÓN (m^3/d)	GASTO SOLIDO DE SUSPENSIÓN POR ESTACIÓN (m^7/d)
Comuapa	9:30	10:42	26.075	26.075	26.075	34.97	1.165	1,592.936
Comuapa	9:45	10:36	26.075	26.075	26.075	39	28.100	1,600.681
Paredón	12:03	16:00	21.031	21.031	21.031	38.59	S/M	175.182
Paredón	12:00	16:00	21.091	21.031	21.061	38.59	S/M	191.539

VF

De las mediciones hechas con el perfilador acústico Doppler fue posible generar la hidrodinámica en planta (figura 12.4.25) y la distribución de corrientes en la vertical (Figura 12.4.26). En la vista en planta se aprecia la homogeneidad de las velocidades, lo cual significa que se hizo una buena elección de la zona de monitoreo; mientras que, la distribución de velocidades permite determinar zonas homogéneas, a partir de las cuales se seleccionan las dovelas, siguiendo el principio de homogeneidad.

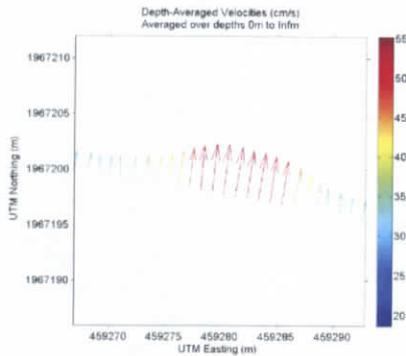


Figura 12.4.25. Velocidad en planta

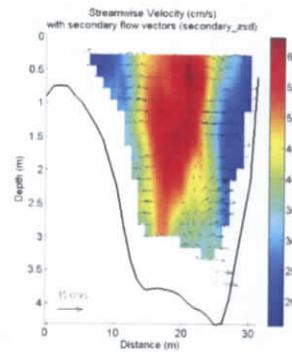


Figura 12.4.26. Campo de velocidades en la vertical

A partir de estos valores es posible construir las gráficas sedimentológicas para estas secciones (Figura 12.4.27 y 12.4.28).

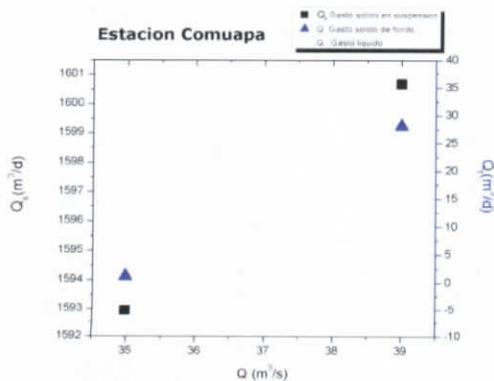


Figura 12.4.27. Sedimentograma Estación Comuapa

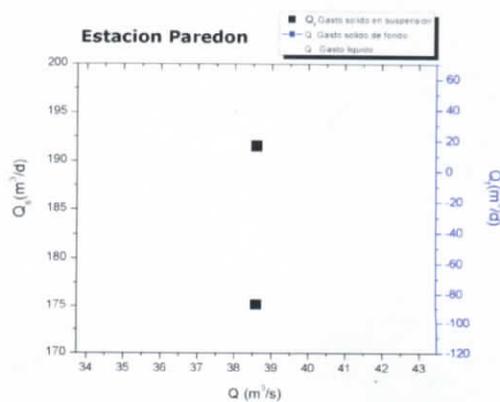


Figura 12.4.28. Sedimentograma Estación Paredón

[Handwritten signature]

12.4.1.3 Sistema Mezcalapa-Samaria-Carrizal (Bifurcación)

La bifurcación Mezcalapa – Samaria – Carrizal, ha sido estudiada desde el año 2002, en que se realizaron por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), una serie de mediciones de aforo líquido y sólido en seis estaciones de monitoreo distribuidas en los tres ríos de la bifurcación (Figura 12.4.29).

En el año de 2003, se dio continuidad al estudio y se realizó una segunda etapa de mediciones de aforo líquido y sólido, aumentando el número de estaciones de monitoreo a 7. En el año de 2004 se realizó la tercera campaña de medición de sedimentos sustituyendo dos de las estaciones existentes por zonas más cercanas a la bifurcación con el objeto de tener un mejor monitoreo de la evolución de la misma.

Finalmente en el año 2005 se realizó la cuarta y última campaña de medición con el objeto de complementar la información y poder emitir un análisis integral del funcionamiento del sistema. A partir de esa fecha, la bifurcación ha sido intervenida de manera significativa, principalmente por la construcción de la estructura de control Macayo, que entró en operación en el año 2010. A partir de esa fecha y al día de hoy se está presentando un fenómeno significativo de depósito de material en la zona de formación del río Carrizal, que pone en riesgo su permanencia. Por lo tanto se deben realizar estudios profundos que se deriven en obras e intervenciones sustanciales al sistema que ayuden a revertir estos fenómenos.

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA POBLACION DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA (PROHTAB)

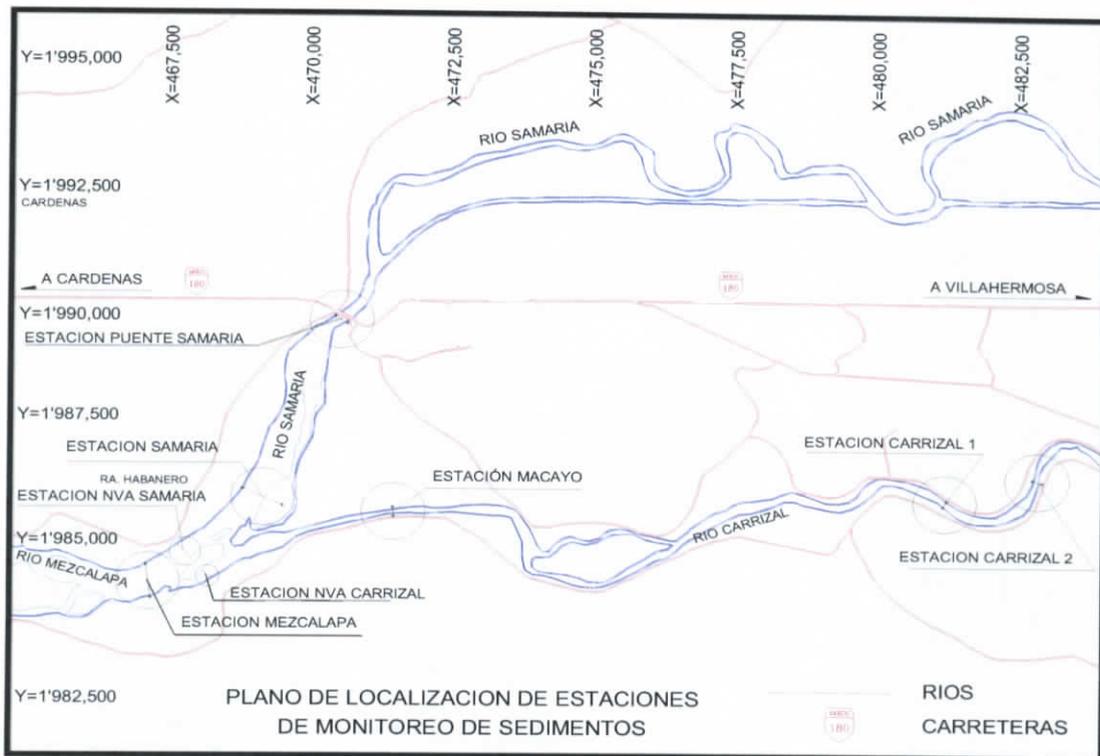


Figura 12.4.29. Zonas de monitoreo 2002 – 2005 (Fuente: UJAT, 2005)

Desde el punto de vista morfológico de los ríos, se necesita considerar a los sedimentos que son acarreados por el cauce, su tipo, granulometría y distribución. Es muy común que obras hidráulicas fallen o no funcionen como son diseñadas por no tomar en cuenta la influencia de los sedimentos, y el hecho de que, por los ríos no solo circula agua sino que se mueven y distribuyen también partículas sólidas.

En la figura 12.4.30 se muestra la tendencia que tenía la distribución de caudales sobre la bifurcación en el año de 2004, apreciándose en color verde la trayectoria que seguían las líneas de corriente desde la margen izquierda del río Mezalapa y como se cruzaba hacia su margen derecha y entraba de manera directa hacia el río Carrizal.

VF



Figura 12.4.30. Tendencia de las líneas de corriente sobre la bifurcación (2004)

A partir del año de 1999 hasta el año de 2010, fecha en que se cerró definitivamente el estrechamiento al centro del río Carrizal para dar paso a la estructura de control; ya se evidenciaba un cambio en el comportamiento de la dirección de la corriente. Una estructura que ejerce un efecto significativo es el alargamiento de un espigón existente en la margen derecha del río Mezcalapa, que se llevó a cabo en el año de 2012. Se piensa que este cambio modificó la hidrodinámica en esa zona y alteró significativamente la morfología del sitio y las líneas de corriente (Figura 12.4.31).

VF



Figura 12.4.31. Tendencia de las líneas de corriente sobre la bifurcación (2010)

Durante el 2014, esta tendencia se ha hecho más evidente, combinada con una serie de espigones en la margen izquierda que direcciona la corriente. En la figura 12.4.32 se muestran los cambios sufridos. En línea color azul agua (cyan), se representa la poligonal de apoyo del levantamiento topográfico realizado para los trabajos elaborados por la UJAT en el año 2003, en línea color verde, se representa la poligonal de apoyo de los levantamientos topográficos realizados para los proyectos elaborados en el año 2010, en color rojo, se representa la poligonal de apoyo de los trabajos de supervisión realizada en el año 2013 y en color azul la margen medida en el año 2014 (Igimsa, 2014); de lo anterior se observa que, en 10 años la pérdida de superficie ha sido importante. Se observan las diferentes distancias que se tienen de poligonal a poligonal, teniendo que de la poligonal color cyan a la poligonal color se tiene un corrimiento marginal aproximado de 175 m; mientras que de este al levantamiento realizado en 2013, se tiene un corrimiento de entre 60 y 80 m. De la comparación visual de los tres levantamientos, se estimó una tasa de corrimiento media anual del orden de los 26 m por año; lo que hace pensar que el río se encuentra en un proceso de reajuste y migración, que de continuar puede provocar que la mayor parte de las aguas circulen por el río Samaria, con altas posibilidades de que el río Samaria avulsione aguas abajo de la estructura de control, por lo que es importante hacer un estudio geomorfológico y sedimentológico a detalle de la zona.



Figura 12.4.32. Modificaciones que ha sufrido la zona

Para dar una explicación física al fenómeno, durante la presente campaña se realizaron una serie de mediciones tanto hidráulicas como sedimentológicas. Los sitios de medición seleccionados se muestran en la figura 12.4.33 y consideraron los cauces en la bifurcación Mezcalapa-Samaria-Carrizal.



Figura 12.4.33. Sitios de medición bifurcación Mezcalapa-Samaria-Carrizal

VK

Empezando de aguas arriba hacia aguas abajo la primera estación de medición fue la estación denominada Mezcalapa, la zona de medición se ubicó en las coordenadas: coordenada norte 1985037.72 m N, coordenada este 465671.37 m E latitud (Figura 12.4.34)

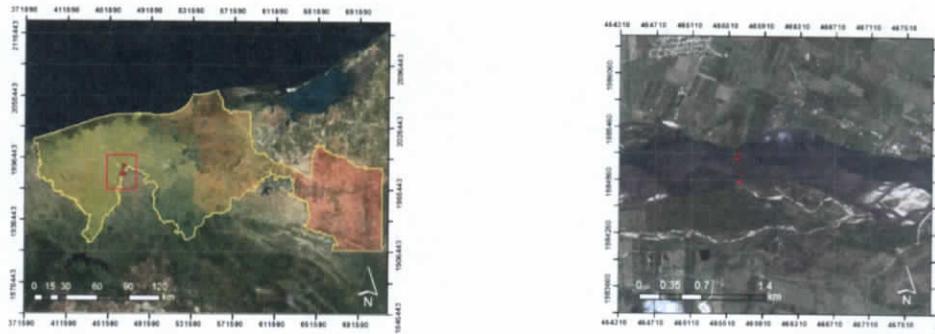


Figura 12.4.34. Estación de medición Mezcalapa

En esta zona se seleccionó un sitio de medición y muestreo. En el sitio en particular no se encontraron registros de mediciones de sedimentos previas. Aunque lo recomendable es medir con condiciones de flujo que tengan un rango de variación lo más amplio posible, esta situación no fue posible debido a que este río no escurre libremente ya que es controlado por el sistema de presas; sin embargo, esta condición resultó favorable para entender de forma integral como opera todo el sistema, pues fue posible medirlo en condiciones cuasi-estáticas y hacer un análisis integral de la zona. En las figuras 12.84.35 y 12.4.36, se muestran las condiciones existentes durante el periodo de medición.



Figura 12.4.35. Estación Mezcalapa



Figura 12.4.36. Estación Mezcalapa

VF

En este caso, debido a las dimensiones y caudal circulante sobre la sección transversal, se usó el sistema de anclaje puntual y se marcó la posición con ayuda de un eje de apoyo y un GPS (Figuras 12.4.37 y 12.4.38)



Figura 12.4.37. Sistema de anclaje



Figura 12.4.38. Posicionamiento con guías

En la siguiente figura se muestran los puntos de monitoreo de la estación Mezcalapa, que se ubicó aguas arriba de la zona de espigones, para evitar en la medida de lo posible su influencia en el transporte de sedimentos.



Figura 12.4.39. Puntos de medición Estación Mezcalapa

UF

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA (PROHTAB)

En lo que respecta a los sitios de monitoreo que se seleccionaron sobre los ríos Carrizal y Samaria, las zonas de mediciones se ubicaron en las coordenadas: coordenada norte 1985178.27 m N, coordenada este 468705.07 m E latitud y coordenada norte 1985861.53 m N, coordenada este 468788.04 m E latitud respectivamente, estos se muestran en la figura 12.4.40

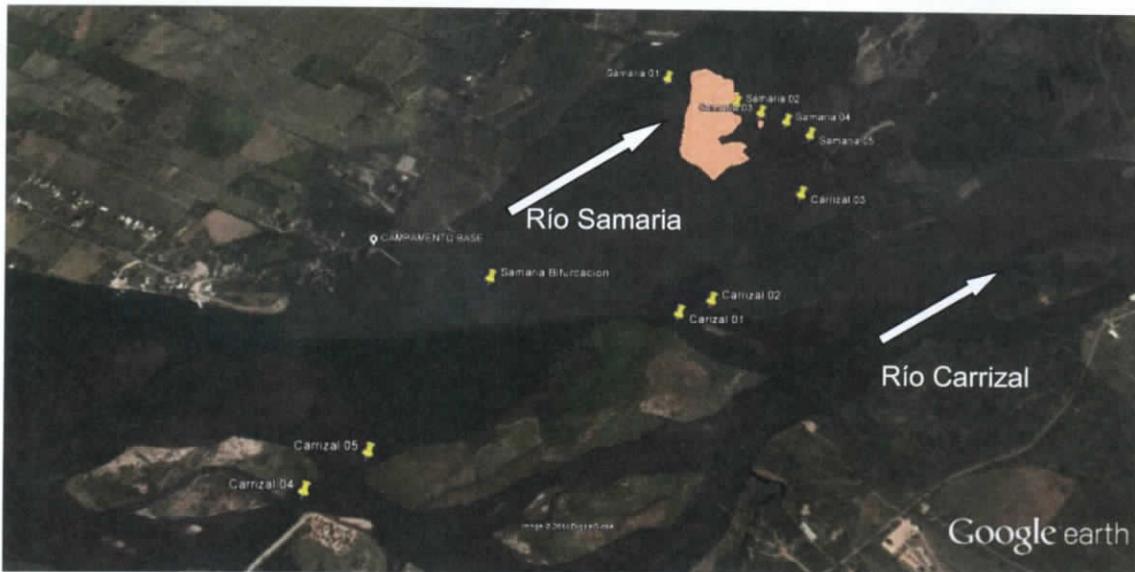


Figura 12.4.40. Zonas de medición sobre ríos Samaria y Carrizal

En la tabla siguiente se muestra el resumen de trabajos realizados en esta zona

Tabla 12.4.3. Resumen de caudales

ESTACIÓN	HORA DE INICIO DEL AFORO	HORA FINAL DEL AFORO	ESCALA INICIAL (msnm)	ESCALA FINAL (msnm)	h_m (mmsm)	CAUDAL (m^3/s)	CAUDAL SOLIDO DE FONDO ESTACIÓN (m^3/d)	GASTO SOLIDO DE SUSPENSIÓN POR ESTACIÓN (m^3/d)
Mezcalapa	9:00	16:05	16.705	16.695	16.700	489.75	1,528.532	9,276.413
Mezcalapa	9:35	16:30	16.685	16.665	16.675	431.06	2,585.427	8,853.734
Carrizal 02	10:20	16:40	16.505	16.495	16.500	93.61	456.171	2,461.277
Carrizal 01 y 02	8:30	16:10	16.535	16.535	16.535	112.46	831.429	4,166.043
Carrizal 03			16.535	16.535	16.535	1.86		
Carrizal 04			16.535	16.535	16.535	29.71		
Carrizal 05			16.535	16.535	16.535	18.6		
Samaria 01			10:20	16:40	16.505	16.495		
Samaria Bifurcación	10:20	16:40	16.505	16.485	16.495	399.45	S/M	S/M
Samaria (01,02,03,04,05)	8:40	15:30	16.505	16.485	16.495	314.4	1,220.473	8,480.681

De las mediciones hechas con el perfilador acústico Doppler fue posible generar la hidrodinámica en cada sección: Mezcalapa (figura 12.4.41 y 12.4.42); Carrizal (Figuras 12.4.43, 12.4.44, 12.4.45, 12.4.46 y 12.4.47); Samaria (Figuras 12.4.483, 12.4.49,

12.4.50, 12.4.51, 12.4.52 y 12.4.53). Es a partir de estas figuras que se construyen las dovelas empleando el criterio de homogeneidad cinética.

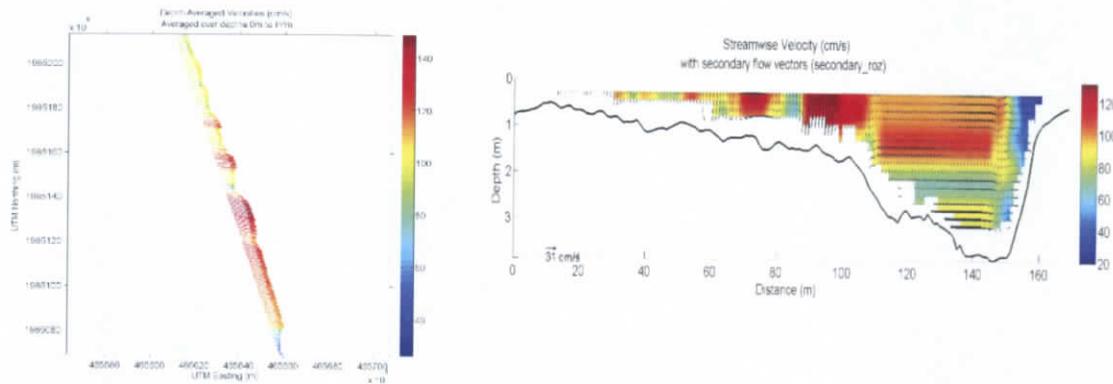


Figura 12.4.41. Velocidad en planta y transversal Estación Mezcalapa 01

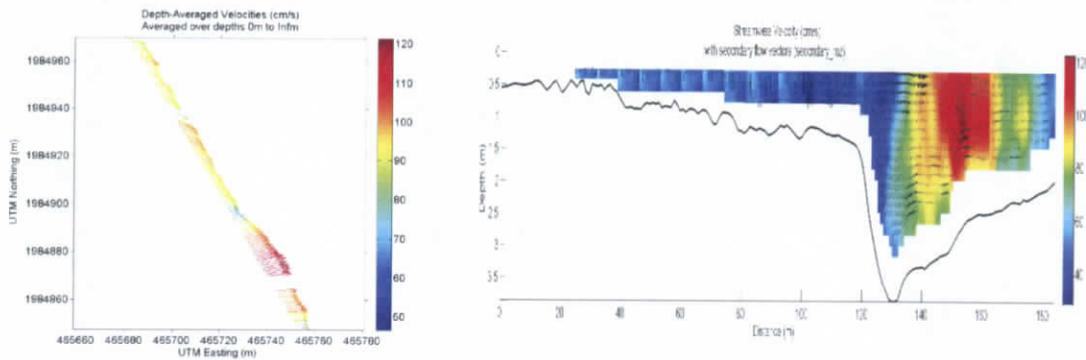


Figura 12.4.42. Velocidad en planta y transversal Estación Mezcalapa 02

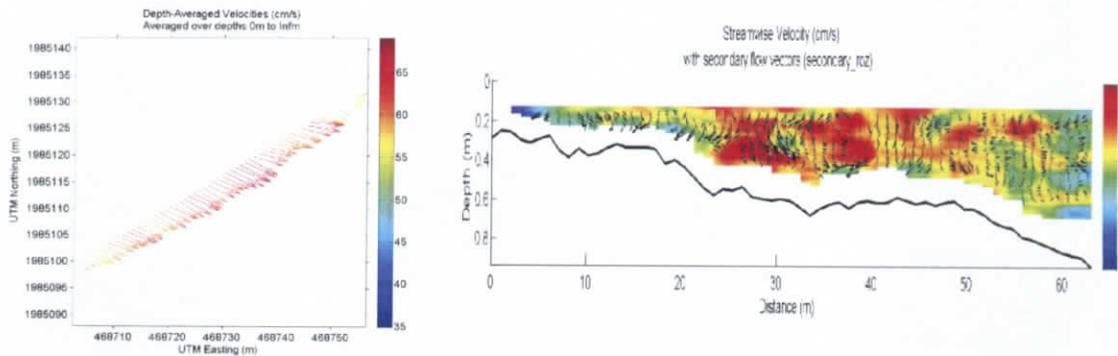


Figura 12.4.43. Velocidad en planta y transversal Estación Carrizal 01

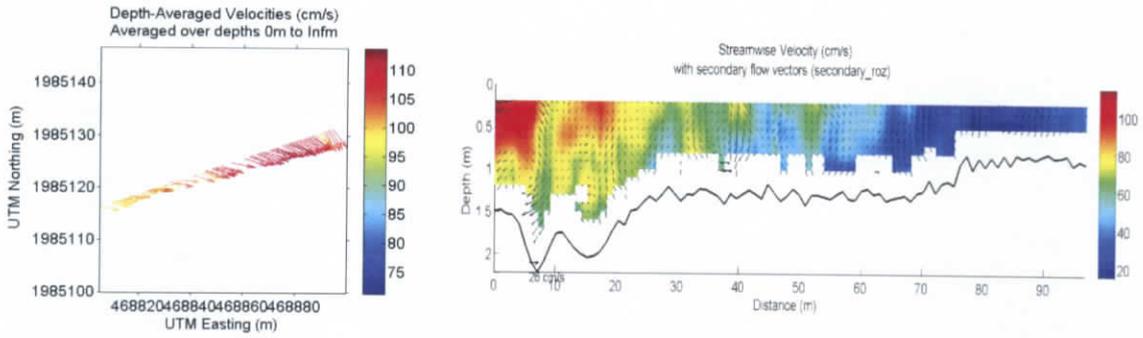


Figura 12.4.44. Velocidad en planta y transversal Estación Carrizal 02

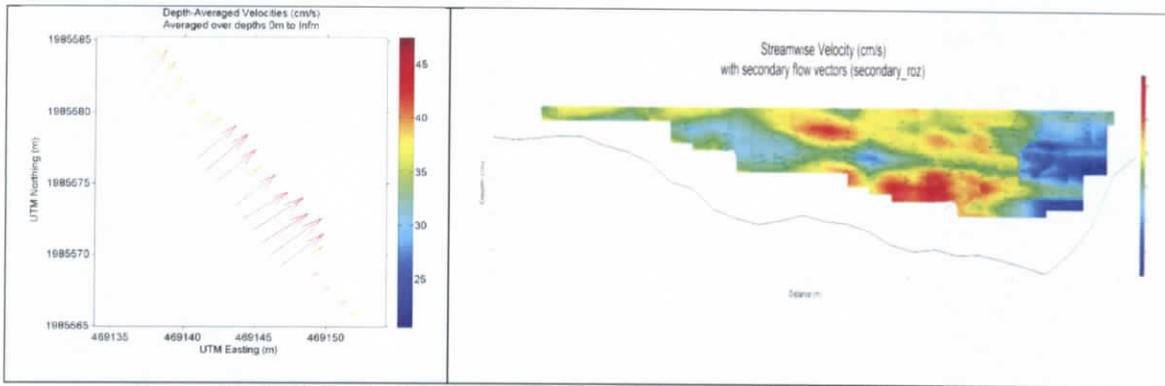


Figura 12.4.45. Velocidad en planta y transversal Estación Carrizal 03

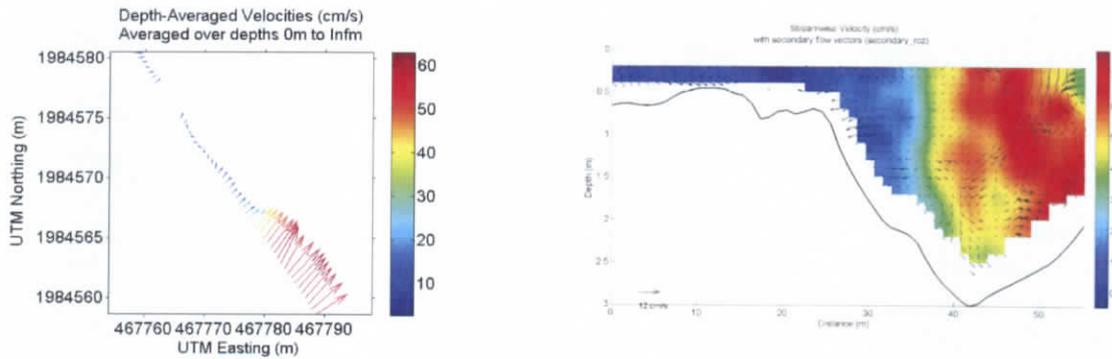


Figura 12.4.46. Velocidad en planta y transversal Estación Carrizal 04

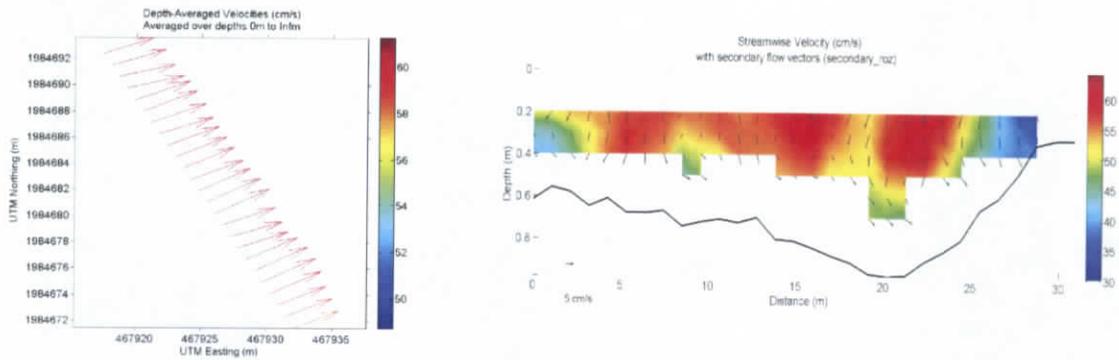


Figura 12.4.47. Velocidad en planta y transversal Estación Carrizal 05

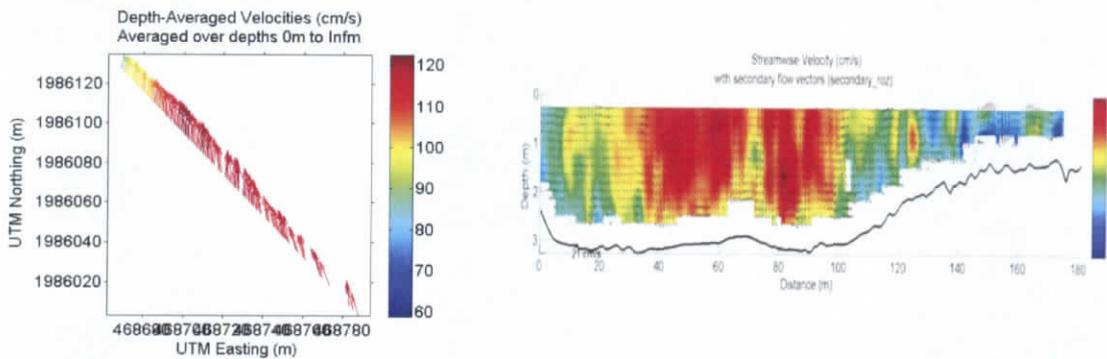


Figura 12.4.48. Velocidad en planta y transversal Estación Samaria 01

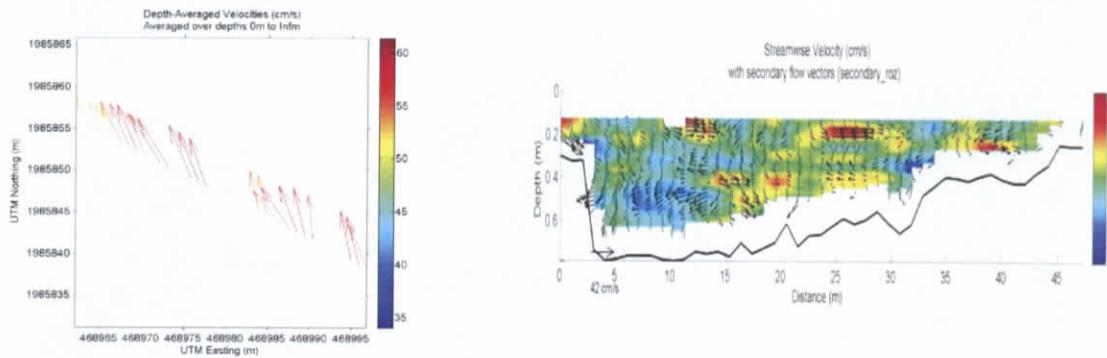


Figura 12.4.49. Velocidad en planta y transversal Estación Samaria 02

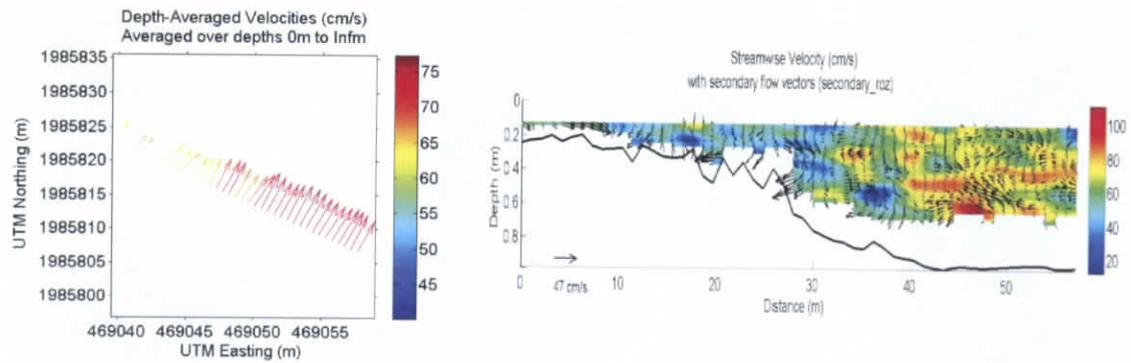


Figura 12.4.50. Velocidad en planta y transversal Estación Samaria 03

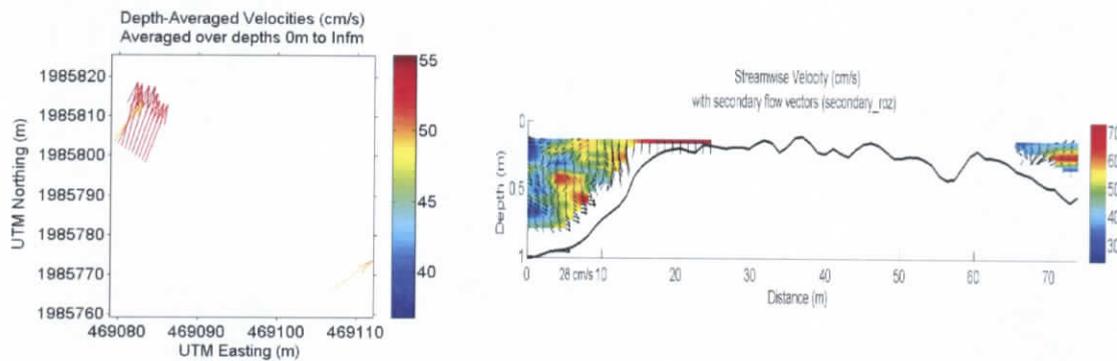


Figura 12.4.51. Velocidad en planta y transversal Estación Samaria 04

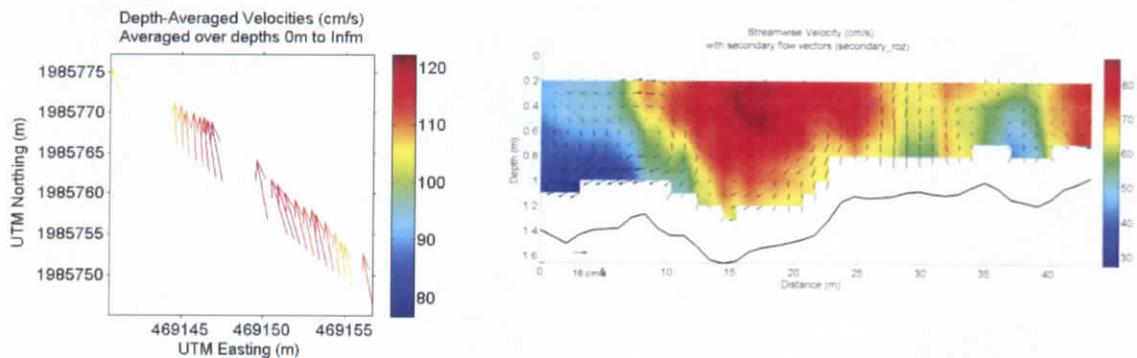


Figura 12.4.52. Velocidad en planta y transversal Estación Samaria 05

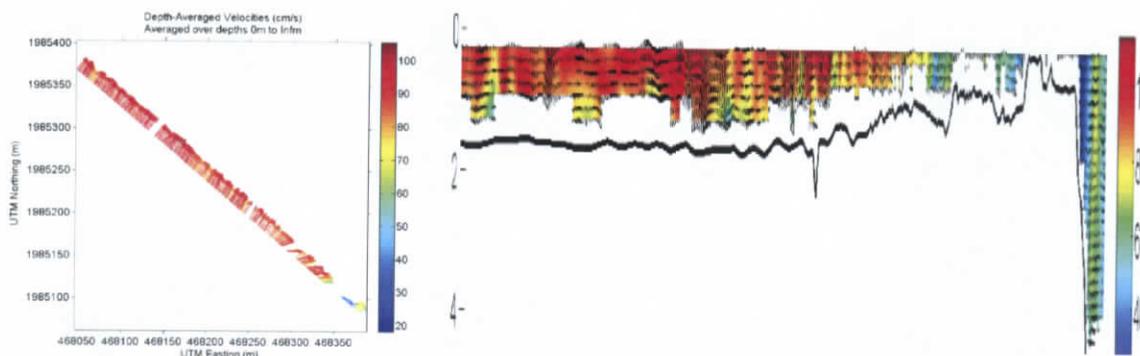


Figura 12.4.53. Velocidad en planta y transversal Estación Samaria bifurcación

A partir de los valores medidos, se construyó la hidrodinámica en planta para todo el sistema, con un gasto aproximado de $410 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 12.4.54).

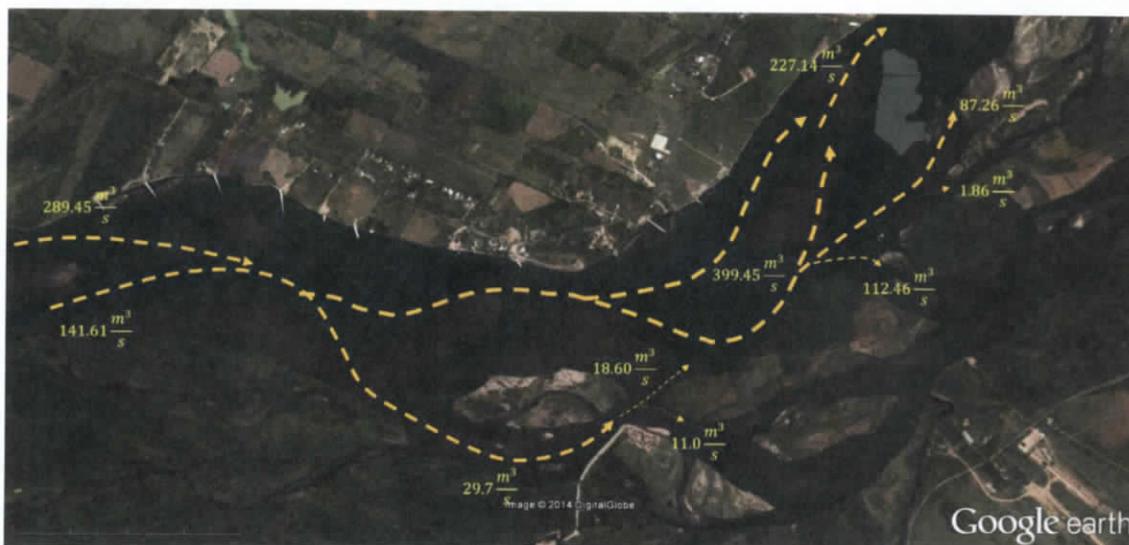


Figura 12.4.54. Hidrodinámica del sistema Mezcalapa – Samaria – Carrizal ($Q \approx 400 \text{ m}^3/\text{s}$)

En la figura anterior se aprecia cómo se distribuyen los caudales; además, se aportan elementos para entender los procesos morfodinámicos e hidráulicos presentes en el sistema.

A partir de las mediciones de sedimentos realizadas, será posible generar las gráficas sedimentológicas y realizar los balances apropiados en todo el sistema.

VH

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA (PROHTAB)

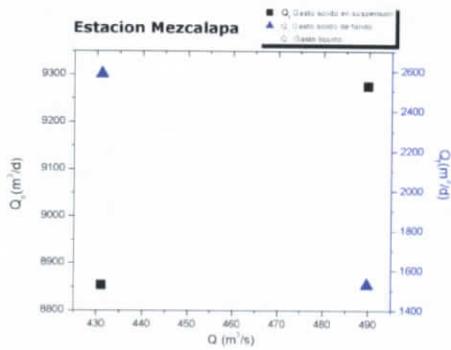


Figura 12.4.55. Sedimentograma Estación Mezcalapa

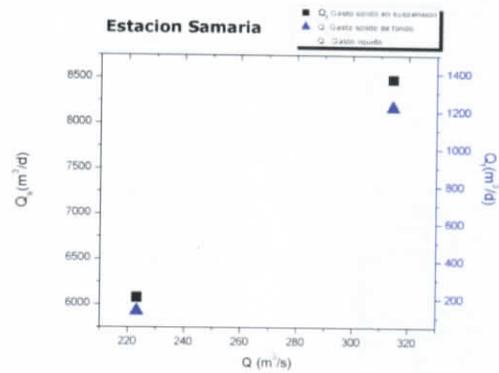


Figura 12.4.56. Sedimentograma Estación Samaria

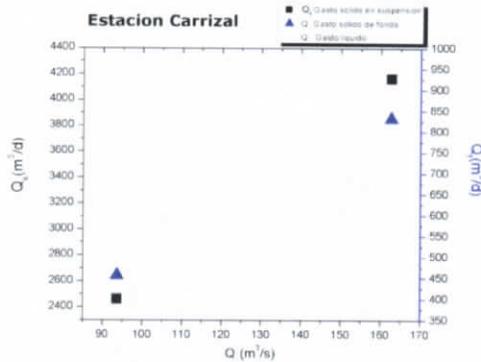


Figura 12.4.57. Sedimentograma Estación Carrizal

A partir de los valores del transporte de sedimentos en el sistema, es posible construir la siguiente gráfica de distribución de caudales sólidos.

Handwritten signature



Figura 12.4.58. Distribución de caudales sólidos en el sistema

12.4.1.4 Sistema Río González confluencia río Samaria

La confluencia del río González y el río samaria, se ubica en el estado de Tabasco, Municipio de Nacajuca. Es una derivación del río Samaria que se divide en varios brazos mismos que se unen en su recorrido al Golfo de México (Figura 12.4.59).



Figura 12.4.59. Confluencia Río Samaria y Río González

UHF

Se llevó a cabo una campaña de medición sobre esta corriente para comprobar si el transporte de sedimentos es significativo en esa zona. La zona de medición se ubicó en las coordenadas: coordenadas norte 2027414.93 m N, coordenada este 509125.56 m E (Figura 12.4.60)

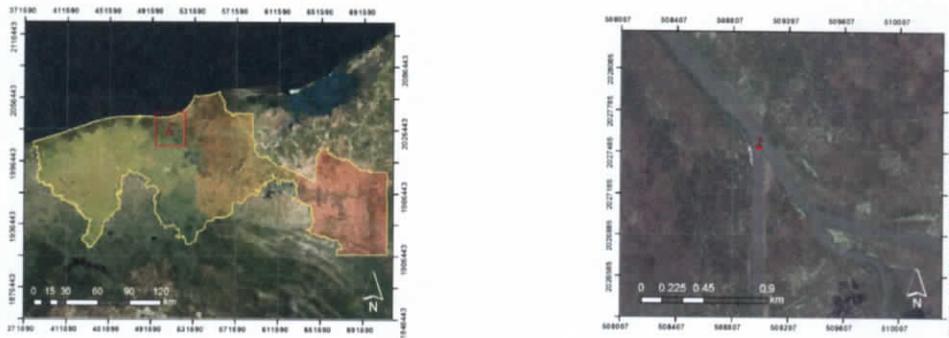


Figura 12.4.60. Zona de localización estación de monitoreo y control González

En esta sección se llevaron a cabo los procedimientos descritos en el apartado 12.3.1 para obtener el caudal líquido, el caudal sólido y el muestreo de material de fondo.

El procedimiento de selección de la zona de medición se hizo de acuerdo a las recomendaciones dadas por Rivera (2006). Se ubicaron tres sitios de monitoreo en zonas que estuvieran en una partes rectas del río, sin islas, ni cambios bruscos de dirección.

Además que fuera de fácil acceso. En la figura 12.4.61, se muestra una imagen de satélite con las zonas seleccionadas.





Figura 12.4.61. Zona de medición confluencia Samaria-González

En esta sección del río en particular se carece de antecedentes de mediciones previas, por lo que como mediciones iniciales se probaron condiciones de flujo que tuvieran un rango de variación lo más amplio posible. Esta situación no fue del todo posible encontrarla debido a que este río escurre libremente, responde rápidamente a las lluvias y durante las mediciones no se presentaron precipitación significativas que alteraran el escurrimiento. En la figura 12.4.62^a y b, se muestran las condiciones del río medidas.



(a)



(b)

Figura 12.4.62. González a) Aforo 1; b) Aforo 2

Handwritten initials or a signature in the bottom right corner of the page.

En la definición de las secciones transversales, debido a la profundidad y condiciones de flujo del río, se empleó el método de posicionamiento puntual con doble anclaje y georreferenciación con GPS (Figuras 12.4.63 y 12.4.64)



**Figura 12.4.63. Sección transversal
González**



Figura 12.4.64. Sistema de Anclaje

Sobre la sección transversal se marcaron los puntos de medición por medio de un GPS marca Garmin 68Sx. En la siguiente figura se muestran los puntos de monitoreo en las secciones de la confluencia Samaria-González.



Figura 12.4.65. Puntos de monitoreo. Confluencia Samaria – González

En la tabla siguiente se muestra el resumen de trabajos realizados para esta zona

Tabla 12.4.4. Resumen Confluencia Samaria - González

ESTACIÓN	HORA DE INICIO DEL AFORO	HORA FINAL DEL AFORO	ESCALA INICIAL (msnm)	ESCALA FINAL (msnm)	h_m (mm)	CAUDAL (m^3/s)	CAUDAL SOLIDO DE FONDO ESTACIÓN (m^3/d)	GASTO SOLIDO DE SUSPENSIÓN POR ESTACIÓN (m^3/d)
Samaria - Aguas arriba Gonzalez	9:09	12:17	1.933	1.933	1.933	402.38	42.857	4,963.404
Samaria - Aguas arriba Gonzalez	9:26	11:11	1.933	1.933	1.933	418.4	125.544	4,539.574
González	12:50	14:05	1.813	1.813	1.813	154.32	0.010	1,410.615
González	11:28	12:11	1.813	1.813	1.813	151.18	0.415	2,014.468
Samaria - Aguas abajo Gonzalez	15:04	16:30	1.793	1.793	1.793	466.86	118.968	4,618.723
Samaria - Aguas abajo Gonzalez	12:31	13:55	1.793	1.793	1.793	502.27	86.696	4,488.511

El aforo líquido se llevó a cabo por medio de un perfilador acústico Doppler. Se generaron aparte del aforo líquido, la hidrodinámica en planta (figura 12.4.66) y la distribución de corrientes en la vertical (Figura 12.4.67). En dichas figuras se aprecia las líneas de corriente vistas en planta y la distribución de velocidades sobre la vertical, respectivamente. Ambos resultados se emplean para construir las dovelas empleando el criterio de homogeneidad cinética.

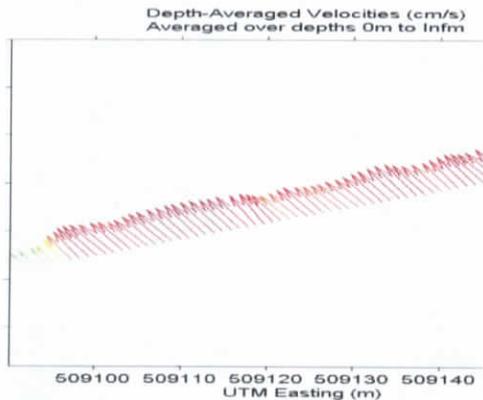


Figura 12.4.66. Velocidad en planta estación González

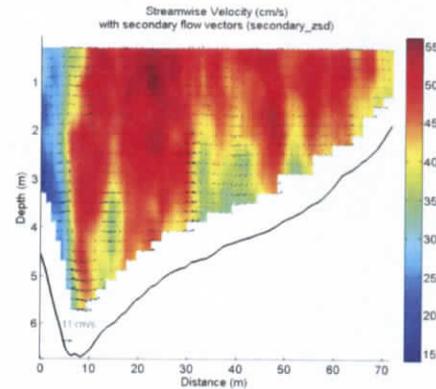


Figura 12.4.67. Campo de velocidades en la vertical estación González

ESTUDIO PARA EL PROYECTO HIDROLÓGICO PARA PROTEGER A LA
POBLACIÓN DE INUNDACIONES Y APROVECHAR MEJOR EL AGUA
(PROHTAB)

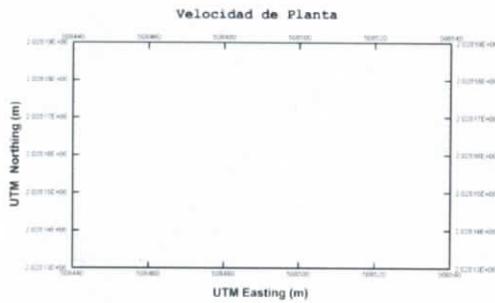


Figura 12.4.68. Velocidad en Planta.
Est. Samaria – Glez aguas abajo

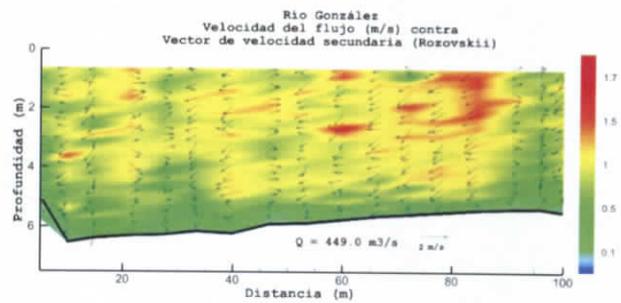


Figura 12.4.69. Campo de velocidades en la
vertical. Est. Samaria – Glez aguas abajo

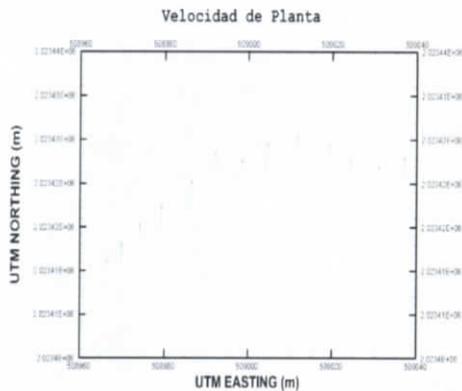


Figura 12.4.70. Velocidad en
Planta. Est. Samaria – Glez aguas
abajo

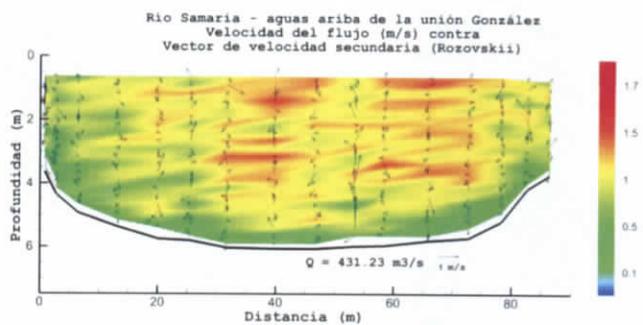


Figura 12.4.71. Campo de velocidades en la
vertical. Est. Samaria – Glez aguas abajo

A partir de estos valores es posible construir las gráficas sedimentológicas para estas secciones (Figura 12.4.72, 12.4.73 y 12.4.74).

VF

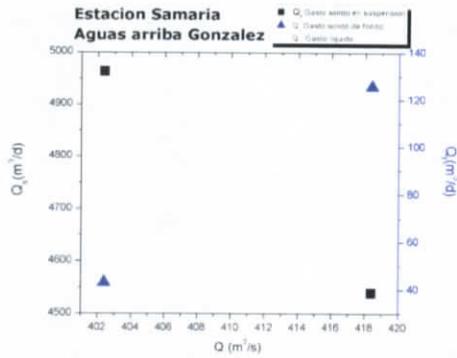


Figura 12.4.72 Sedimentograma Estación Samaria Aguas arriba González

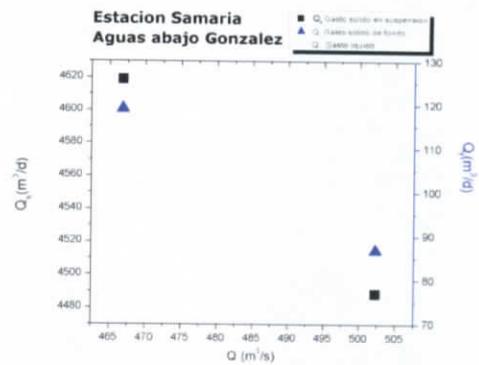


Figura 12.4.73 Sedimentograma Estación Samaria Aguas abajo González

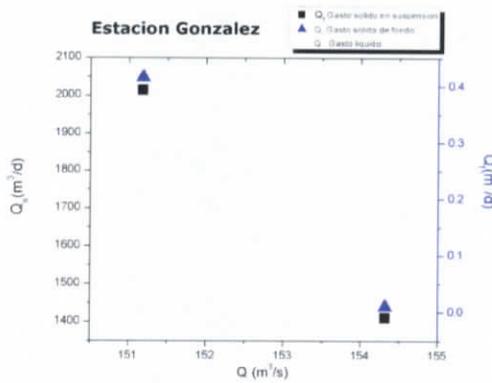


Figura 12.4.74 Sedimentograma Estación González

12.4.1.5 Sistema Grijalva – Chilapilla

El sistema Grijalva - Chilapilla, se ubica en el estado de Tabasco, Municipio de Centro. Es una derivación del río Grijalva que desemboca hacia la zona lagunar (Figura 12.4.75).

VF



Figura 12.4.75. Sistema Grijalva - Chilapilla

Se llevó a cabo una campaña de medición sobre esta corriente para comprobar si el transporte de sedimentos es significativo en esa zona. La zona de medición se ubicó en las coordenadas: coordenadas norte 2027414.93 m N, coordenada este 509125.56 m E (Figura 12.4.76)

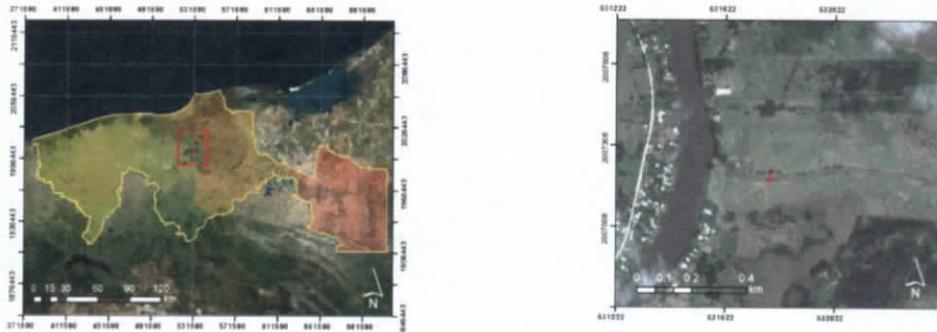


Figura 12.4.76. Zona de localización estación de monitoreo y control González

En esta sección se llevaron a cabo los procedimientos descritos en el apartado 12.3.1 para obtener el caudal líquido, el caudal sólido y el muestreo de material de fondo.

El procedimiento de selección de la zona de medición se hizo de acuerdo a las recomendaciones dadas por Rivera (2006). Se ubicaron dos sitios de monitoreo en zonas que estuvieran en una partes rectas del río, sin islas, ni cambios bruscos de dirección.

A handwritten signature or set of initials in the bottom right corner of the page.

En esta sección del río en particular se carece de antecedentes de mediciones previas, por lo que como mediciones iniciales se probaron condiciones de flujo que tuvieran un rango de variación lo más amplio posible. Esta situación no fue del todo posible encontrarla debido a que no se presentaron precipitación significativa que alteraran el escurrimiento. En la figura 12.4.77a y b, se muestran las condiciones del río medidas.



(a)



(b)

Figura 12.4.77. Chilapilla a) Aforo 1; b) Aforo 2

En la definición de las secciones transversales, debido a la profundidad y condiciones de flujo del río, sobre el río Grijalva, se empleó el método de posicionamiento puntual con doble anclaje y georreferenciación con GPS (Figuras 12.4.78), sobre el canal Chilapilla se midió sobre un puente (Figura 12.4.79).



**Figura 12.4.78. Sección transversal
Grijalva**



Figura 12.4.79. Sección Chilapilla

En la tabla siguiente se muestra el resumen de trabajos realizados para esta zona

A handwritten mark or signature in the bottom right corner of the page.

Tabla 12.4.5. Resumen Confluencia Grijalva - Chilapilla

ESTACIÓN	HORA DE INICIO DEL AFORO	HORA FINAL DEL AFORO	ESCALA INICIAL (msnm)	ESCALA FINAL (msnm)	h_m (mmsm)	CAUDAL (m^3/s)	CAUDAL SOLIDO DE FONDO ESTACIÓN (m^3/d)	GASTO SOLIDO DE SUSPENSIÓN POR ESTACIÓN (m^3/d)
Grijalva	11:06	13:30	1.169	1.169	1.169	356.94	63.171	5,837.957
Grijalva	10:11	12:05	1.669	1.669	1.669	272.65	58.444	5,461.277
Chilapilla	1:45	15:30	1.669	1.669	1.669	20.56	0.972	1,531.915
Chilapilla	12:27	13:52	1.669	1.669	1.669	11.26	0.130	697.021

El aforo líquido se llevó a cabo por medio de un perfilador acústico Doppler. Se generaron aparte del aforo líquido, la hidrodinámica en planta (figura 12.4.80 y 12.4.82) y la distribución de corrientes en la vertical (Figura 12.4.81 y 12.4.83). En dichas figuras se aprecia las líneas de corriente vistas en planta y la distribución de velocidades sobre la vertical, respectivamente. Ambos resultados se emplean para construir las dovelas empleando el criterio de homogeneidad cinética.

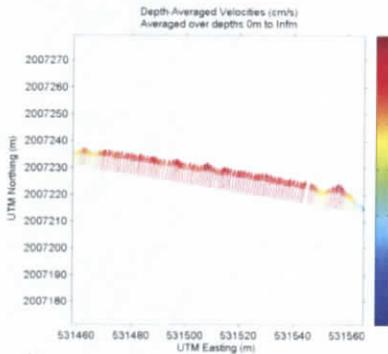


Figura 12.4.80. Velocidad en planta Río Grijalva

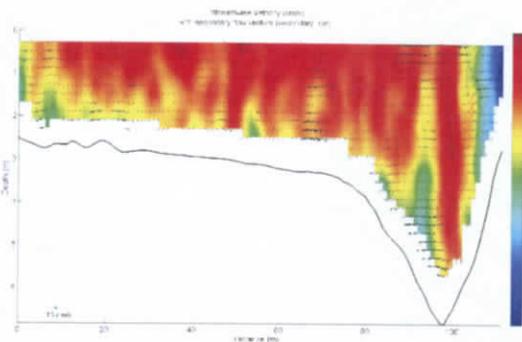


Figura 12.4.81. Campo de velocidades en la vertical, Río Grijalva

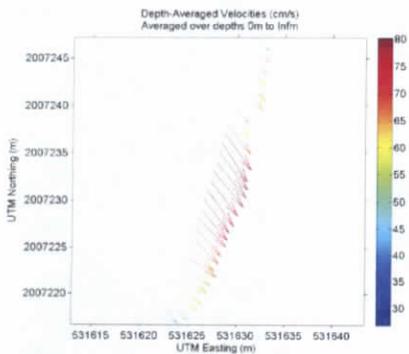


Figura 12.4.82. Velocidad en planta Río Chilapilla

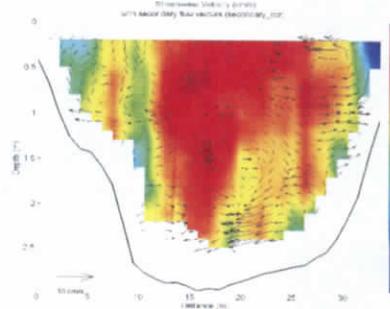


Figura 12.4.83. Campo de velocidades en la vertical, Río Chilapilla

Handwritten signature

A partir de estos valores es posible construir las gráficas sedimentológicas para estas secciones (Figura 12.4.84 y 12.4.85).

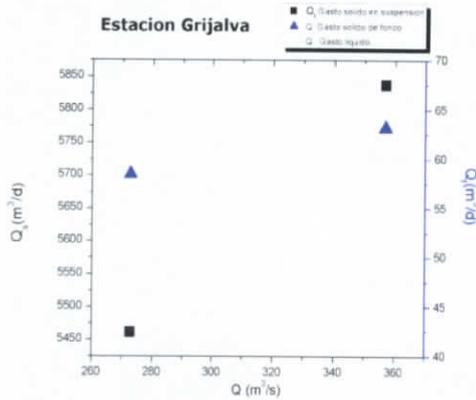


Figura 12.4.84 Sedimentograma Estación Grijalva

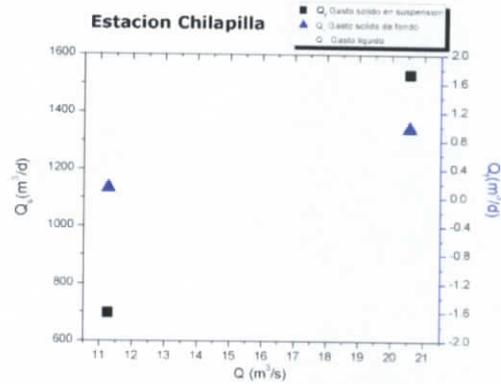


Figura 12.4.85 Sedimentograma Estación Chilapilla

12.4.1.6 Sistema Canal Derivador El Censo

Como parte de las obras que se construyeron para protección de la ciudad de Villahermosa, dentro del Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT), se encuentran una serie de estructuras derivadoras a los largo de los ríos de la Sierra y el río Grijalva. Estas obras permiten derivar parte del gasto que escurre sobre dichos ríos hacia distintas zonas Lagunares, dejando pasar únicamente los gastos de conservación hacia Villahermosa.

Actualmente se conoce el caudal líquido que dichas estructuras desalojan; sin embargo, el caudal sedimentológico que está siendo acarreado y depositado en las zonas lagunares no ha sido cuantificado. Conocer el funcionamiento hidráulico y sedimentológico de las estructuras reales, son datos esenciales para asegurar su buen funcionamiento y particularmente evaluar la capacidad de transporte de material fino hacia las zonas lagunares. Ante esto, se planteó la necesidad de medir sobre cada una de las estructuras el caudal líquido y sólido circulante y construir sedimentogramas que aporten los elementos para el manejo y conservación de las zonas reguladoras.

En este trabajo se consideró la medición de caudal líquido y sólido sobre la estructura derivadora conocida como El Censo, ubicada sobre la margen derecha del Río de la

Sierra en las coordenadas aproximadas: coordenadas norte 1977541.32 m N, coordenadas este 514014.24 m E (Figura 12.4.86)

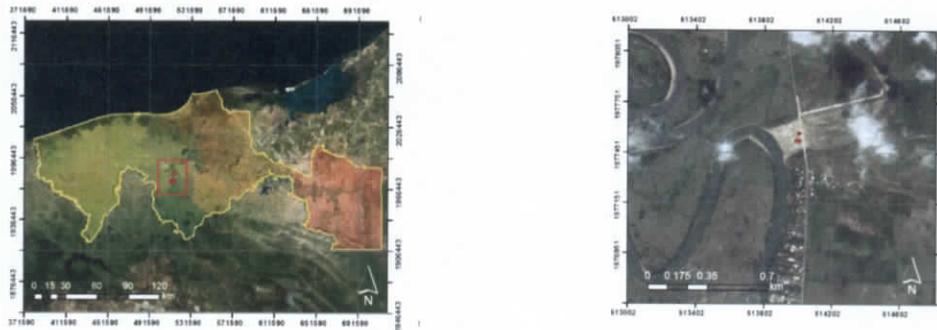


Figura 12.4.86. Zona de localización Estación El Censo

En esta sección se llevaron a cabo los procedimientos descritos en el apartado 12.3.1 para obtener el caudal líquido, el caudal sólido y el muestreo de material de fondo.

La zona de medición se ubicó sobre el puente vehicular que existe en la zona y que además cuenta con una estación hidrométrica remota de la CONAGUA (Figuras 12.4.87 y 12.4.88).

En la figura 12.4.89, se muestra una imagen de satélite de la zona seleccionada.



Figura 12.4.87. Estación Hidrométrica El Censo



Figura 12.4.88. Puente vehicular El Censo

VF



Figura 12.4.89. Zona de medición canal derivador El Censo

Durante el proceso de medición del caudal líquido se encontraron diferencias significativas respecto a los valores reportados por la CONAGUA, por este motivo se decidió emplear dos equipos distintos para el aforo líquido: El equipo Doppler (StreamPro). Figura 12.4.90) y un molinete hidrométrico (SIAP M11, Figura 12.4.91).

En la tabla 12.4.5 se muestran los valores reportados por parte de la CONAGUA y los medidos con los equipos (10:10 am). Se menciona que durante el proceso de medición el canal derivador aumento cerca de 0.1m su escala.



Figura 12.4.90. Aforo con equipo Doppler



Figura 12.4.91. Aforo con molinete Hidrométrico

VK

Tabla 12.4.6. Aforo líquido estación El Censo

ESTACIÓN	ESCALA INICIAL (msnm)	ESCALA FINAL (msnm)	h_m (msnm)	CAUDAL Doppler (m^3/s)	CAUDAL Molinete (m^3/s)	CAUDAL Hidrométrica (m^3/s)
Censo	6.30	6.40	6.350	134.53	95.01	34.12

Como se aprecia en la Tabla 12.8, existe una diferencia del 100% respecto a los valores reportados por la estación automática y los medidos en el sitio. La diferencia entre los valores medidos con el molinete y el equipo Doppler se deben a que durante la medición el caudal varió significativamente y mientras que con el Doppler la medición tomó cuestión de minutos, con el molinete tardo casi dos horas.

En lo que respecta al aforo de sedimentos en esta obra, se carece de antecedentes de mediciones previas. Esta primera medición tuvo como objetivo sensibilizarse sobre los procesos presentes. En las figuras 12.4.92 y 12.4.93, se muestran las condiciones de descarga de la estructura derivadora para algunos de los procedimientos llevados a cabo.



Figura 12.4.92. Estructura derivadora El Censo



Figura 12.4.93. Mediciones estructura derivadora El Censo

En la tabla siguiente se muestra el resumen de trabajos realizados para esta zona

Tabla 12.4.7. Resumen canal derivador El Censo

ESTACIÓN	HORA DE INICIO DEL AFORO	HORA FINAL DEL AFORO	ESCALA INICIAL (msnm)	ESCALA FINAL (msnm)	h_m (msnm)	CAUDAL (m^3/s)	CAUDAL SOLIDO DE FONDO ESTACIÓN (m^3/d)	GASTO SOLIDO DE SUSPENSIÓN POR ESTACIÓN (m^3/d)
Censo	6:40	10:10	6.30	6.40	6.350	134.53	S/M	21,380.630

El aforo líquido llevado a cabo por medio del perfilador Doppler, permitió generar aparte del aforo líquido, la hidrodinámica en planta (figura 12.4.94) y la distribución de corrientes en la vertical (Figura 12.4.95). Estos valores son útiles para la construcción de las dovelas.

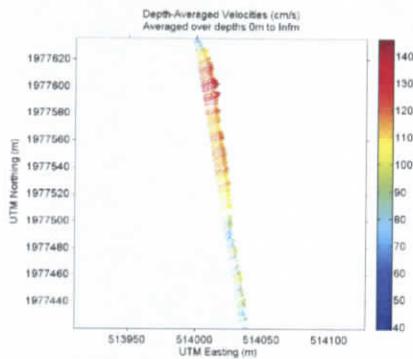


Figura 12.4.94. Velocidad en planta

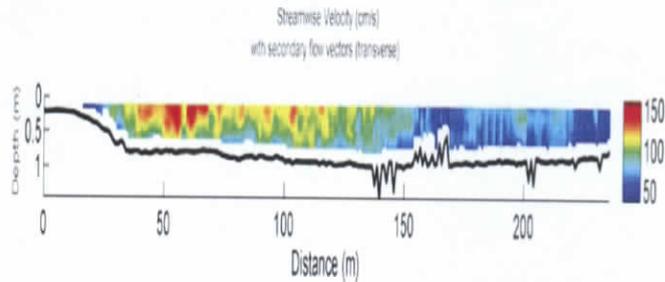


Figura 12.4.95. Campo de velocidades en la vertical

A partir de estos valores es posible construir la gráfica sedimentológica para esta sección (Figura 12.4.96).

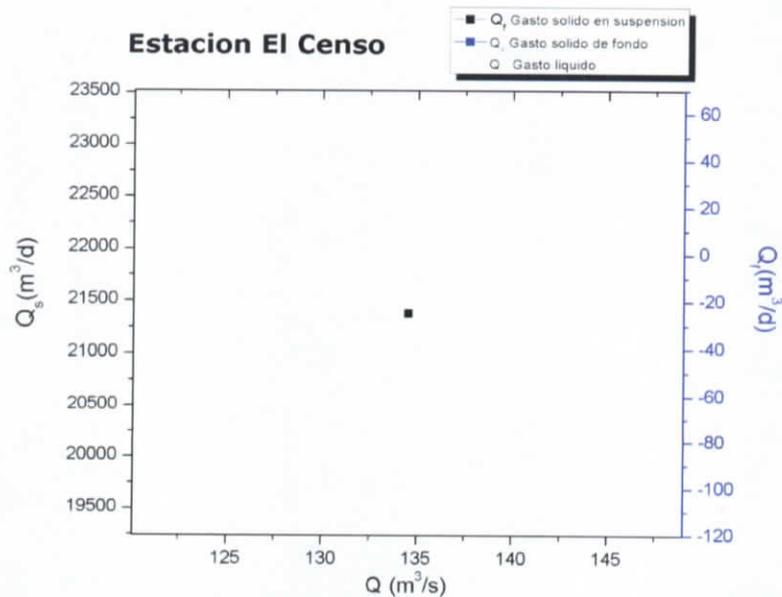


Figura 12.4.96. Sedimentograma canal derivador El Censo

Handwritten signature

En la siguiente figura se aprecia la gran cantidad de material fino (arcillas) que es arrastrado por la corriente en esa sección.



Figura 12.4.97. Material depositado en el canal derivador

14

12.5 DISEÑO DE LA ESTRATEGIA PERMANENTE DE MEDICIÓN DE SEDIMENTOS

El conocimiento de los cambios que puede sufrir una corriente, se sustenta en un conocimiento lo mejor posible de las condiciones hidráulicas y sedimentológicas que están presentes de manera natural en el mismo. Entender cómo funciona en los diferentes ciclos hidrológicos, como está constituido, cuáles son sus características geomorfológicas y cómo evoluciona el tamaño del material a lo largo de la corriente, son los elementos esenciales y la información base para cualquier tipo de estudio.

La estrategia de medición y monitoreo del bajo Grijalva se puede dividir en cuatro sistemas:

- 1) Sistema del Río Mezcalapa
- 2) Sistema del Río Usumacinta
- 3) Sistema de obras derivadoras (Escotaduras)
- 4) Sistema de Ríos de la Sierra

Cada uno de estos sistemas implica el tener un conocimiento amplio del funcionamiento actual (diagnóstico) y futuro de los mismos, siendo que a la fecha a pesar de estar siendo intervenidos constantemente con fines de aprovechamiento y control, no se tiene clara la respuesta de los mismos a estos cambios; aún más, los sistemas están respondiendo y los cambios generados no están previstos.

Por este motivo a continuación se discute la estrategia que debe seguirse en cada uno de los sistemas propuestos. Debido a que las características tanto hidráulicas como sedimentológicas no son iguales en ningún río, las metodologías tampoco lo son, por lo tanto la propuesta se hace de manera independiente por cada sistema, dejando aspectos generales como descripción de equipos y técnicas de muestreo en un punto aparte.

12.5.1 Sistema Río Mezcalapa

El río Mezcalapa (estado de Tabasco, México) presenta una bifurcación la cual da origen a dos ríos llamados Carrizal y Samaria. El río Carrizal pasa por la ciudad de Villahermosa, capital del Estado con más de 650 000 habitantes.

En el funcionamiento original de la bifurcación la mayor parte del caudal pasaba por el río Samaria; sin embargo, desde hace varios años se observó una tendencia a revertir este comportamiento, notándose un aumento de los gastos por el río Carrizal. Esto trajo como consecuencia que en el año de 1999, que fue una época de avenidas extraordinaria, aumentaran los escurrimientos por el río Carrizal lo cual produjo inundaciones graves en la ciudad de Villahermosa (Gracia et al, 2003, Berezowsky et al, 2003).

Al analizar el problema, se encontró que el principal causa en el cambio de la proporción de gastos, fue el depósito de sedimento en la bifurcación, el cual se agudizó durante las avenidas de 1999 (Sánchez *et al*, 2001). Como medida preventiva se propuso la construcción de un estrechamiento sobre el río Carrizal con el objetivo de reducir los escurrimientos provenientes del río Mezcalapa hacia Villahermosa. La obra provisional consistía en un estrechamiento del cauce en una sección ubicada 2000 m aguas abajo de la bifurcación sobre el río Carrizal. Esto se realizó estrangulando la sección transversal con dos estructuras (similares a espigones) que apoyadas en ambas márgenes y empleando roca y elementos prefabricados, fueron depositados a volteo hasta producir un estrechamiento en la sección transversal del cauce.

La condición del proyecto, fue limitar el gasto máximo por el Carrizal a $850 \text{ m}^3/\text{s}$ (Sánchez *et al*, 2001). Para sustituir esta obra, se construyó una estructura de control a base de una batería de compuertas y dos canales de desvío (Figura 12.5.1), con el objetivo de controlar hasta $850 \text{ m}^3/\text{s}$, que es el gasto de diseño determinado para ese río. Con esta estructura se trataron de minimizar los efectos de las aportaciones que se tienen por los ríos que confluyen a la salida del Carrizal, la operación de la presa Peñitas y las descargas de los ríos Comuapa y Platanar. La estructura de control, conocida como Macayo, empezó su funcionamiento a partir del año 2010 y a partir de ese entonces se han estado generando una serie de cambios fluviomorfológicos en el sistema que no se habían considerado y que se piensa se deben principalmente a una modificación drástica al transporte de sedimentos.

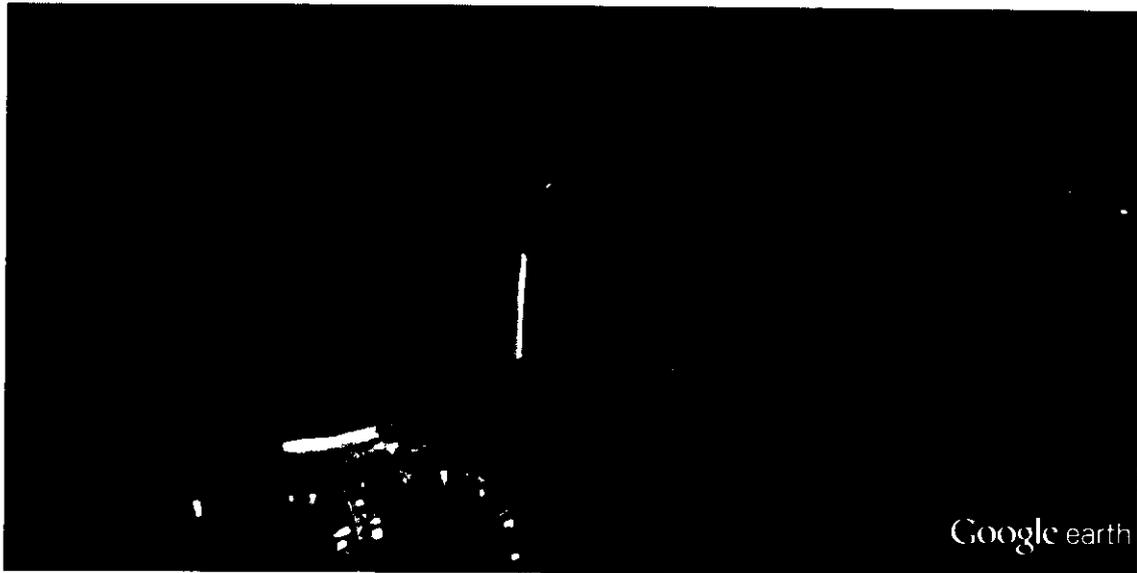


Figura 12.5.1. Estructura de control Macayo

En el año de 2003, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) junto con el asesor externo Dr. Jean Jaques Peters, identificaron algunos problemas que se estaban gestando en la bifurcación. Llegando a la conclusión que el fenómeno se debía estudiar en dos escalas distintas. La primera de campo cercano, del orden de magnitud de 20 kilómetros (entre 10 kilómetros aguas arriba y 10 kilómetros aguas abajo de la bifurcación); y la segunda de campo medio del orden de magnitud de 100 kilómetros.

A partir de la información recolectada por la UJAT al año 2005, los levantamientos de márgenes por parte de empresas particulares en los años de 2010 y 2013, las visitas realizadas por parte de empresas particulares en diciembre del 2013, y la actual campaña de monitoreo por parte del Instituto de Ingeniería de la UNAM se llegó a las siguientes observaciones:

En el campo cercano:

- La tendencia del río Mezcalapa a migrar se amplió en los últimos años, de manera particular en las inmediaciones de la bifurcación por los efectos de regulación del

11

caudal líquido y retención del transporte de sólidos debidos a la estructura de control Macayo

- Se aprecia una fuerte tendencia a formar meandros, particularmente en la margen derecha del río Mezcalapa, por efecto del gran transporte de arenas.
- Una tendencia relativamente rápida a agrandar el cauce del río Carrizal por efecto del remanso inducido por la estructura de control (proceso no solamente hidráulico sino sedimentológico).
- Una fuerte disposición del cauce a ampliarse por erosión marginal, principalmente la margen izquierda del río Mezcalapa (fenómeno ligado a las dos tendencias de agrandar y de formar meandros)
- Preferencia del río Mezcalapa a migrar a la margen izquierda, con posibilidad de abandonar el cauce del río Carrizal, por efectos de la agradación del fondo
- Formación de una amplia zona de divagación aguas abajo de la bifurcación, sobre el río Samaria.
- La distribución de los gastos líquidos en la bifurcación Samaria-Carrizal es variable (no estacionario), y ya no depende de los cambios fluviomorfológicos que se generan en ambos brazos; sino, que está ligado a las variaciones en la distribución de los líquidos regulados por la estructura de control. Estos efectos están alterando sustancialmente el transporte de gastos sólidos entre los dos brazos.
- Permanece el efecto de curva de remanso por el efecto de los puentes Samaria: provocando una mayor disminución de velocidades del flujo cuando bajan los gastos líquidos al final de una creciente (efecto natural, cuando se trata de crecientes por lluvias, o artificial, cuando se trata de variación de gasto líquido controlado por la operación de las presas), y continuando la ampliación del cauce del río por la erosión de las márgenes

En la figura 12.5.2, se aprecia el corrimiento marginal que ha sufrido la zona, por efecto de la migración del río. En la margen izquierda, en azul oscuro se muestra la margen medida en 2003, en verde en 2010 y en rojo en 2013. Se estima una tasa de corrimiento aproximada de 25 m/año.





Figura 12.5.2. Corrimiento marginal en la bifurcación (Fuente: Fluvitecno S.A.)

En el campo lejano.

La segunda escala para evaluar la tendencia es de campo lejano, en un tramo del orden de magnitud aproximado a 240 kilómetros aguas abajo de la Presa Peñitas.

- Se aprecia una degradación del cauce en la parte superior y una agradación importante a partir del poblado de San Manuel, que de acuerdo a lo estimado puede deberse al alto transporte de material grueso proveniente del río Platanar y que está influyendo altamente en la morfología de la bifurcación. Por lo tanto, se deben reconocer y describir los procesos fluviomorfológicos presentes a lo largo del cauce en las diferentes secciones fluviales que caracterizan a los ríos Mezcalapa, Samaria y Carrizal. Particularmente la caracterización del cauce en función del régimen de escurrimiento presente ocasionado por el funcionamiento de la presa Peñitas, evaluando sus características geométricas entre Peñitas y el Golfo de México (ancho, profundidad promedio, tipo de cauce, pendientes y perfil longitudinal del thalweg y radio de curvatura). Este tipo de trabajo debe llevarse a cabo por medio de una sonda multihaz de alta resolución y relacionarse con fotogrametría con lidar a vuelos de baja altura para identificar formas del fondo.
- Del punto de vista fluviomorfológico, se aprecian claramente los impactos de la obra de control Macayo, tanto en la regulación del caudal líquido como en la retención del transporte de sólidos.
- El río Mezcalapa aguas abajo de peñitas tiene una morfología formada por las grandes crecientes, que se está ajustando a las condiciones hidrológicas y

A handwritten signature or set of initials in the bottom right corner of the page.

sedimentológicas impuestas. Si bien, este proceso es lento, las variaciones a veces muy rápidas de los gastos líquidos aumentan la tendencia al trezado. Sin embargo, en la zona de la bifurcación se está dando un cambio súbito en las condiciones fluviomorfológicas

- Se aprecia la tendencia a producir un cierre total o parcial del río Carrizal, lo que aumentaría la posibilidad de una avulsión sobre el río Samaria, que se daría entre la bifurcación y los puentes Samaria
- Hasta la fecha, no hay un análisis que explique o analice estos cambios. La obra de control del río Carrizal, no contempló los efectos que podría inferir sobre el comportamiento de los cauces. El aparentemente equilibrio morfológico que pudo haberse tenido antes de la obra, ha sido claramente alterado.
- La obra con compuertas, controla el gasto líquido en el río Carrizal únicamente cuando la creciente sobrepasa un cierto valor (umbral); es decir, cuando hay más transporte de sedimento sobre el río Mezcalapa. Sin embargo, a pesar de tener campañas de medición de sedimentos, estas datan a casi 10 años, pero debido a las modificaciones fluviomorfológicas, ya no son representativas.
- Se necesitan datos actuales para conocer las relaciones entre los gastos sólido y líquido en la bifurcación. Además del volumen de sedimentos que se está atrapado en el río Carrizal por el efecto de disminución de los flujos al final de una creciente (por efecto de curva de remanso), adicional al efecto causado por los puentes Samaria, que sigue produciendo una sedimentación importante en el tramo del río Samaria entre la bifurcación y los puentes
- Por efecto de la agradación continua del río Carrizal aguas arriba de la estructura de control, se tendrá como consecuencia un aumento relativo del nivel del espejo de agua para un cierto gasto (subida de la curva de gasto líquido); lo que puede traer como consecuencia una nueva avulsión, es decir, una nueva y súbita inundación.

Ante estas evidencias, en esta propuesta se definen los estudios que deben llevarse a cabo, con la finalidad de generar un diagnóstico fluviomorfológico que aporte los elementos mínimos para entender que está sucediendo en el sistema y en su caso proponer acciones que refuercen el manejo que actualmente se está llevando a cabo en la zona, por medio de la estructura de control.