

VOLUMEN I

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL VALLE DE JAMASTRÁN

INDICE

VOLUMEN I: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL VALLE DE JAMASTRÁN

1.- INTRODUCCIÓN	3
1.1. Situación geográfica.	3
1.2. Contexto climático	5
1.3. Contexto socio-económico	6
1.4. Estudios preexistentes sobre el Valle de Jamastrán	7
2.- GEOLOGÍA.	9
3.- HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA.	24
4.- INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.	27
5.- PIEZOMETRÍA.	32
6.- HIDROQUÍMICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS.	37
7.- ESTUDIO GEOFÍSICO.	46
8.- PARÁMETROS HIDRÁULICOS.	54
9.- BALANCE HÍDRICO	60
10.- CONCLUSIONES.	68
11.- AGRADECIMIENTOS	70
12.- BIBLIOGRAFÍA.	71

1.- INTRODUCCIÓN

El proyecto *Estudio Hidrogeológico del Valle de Jamastrán* se ha realizado dentro del convenio de cooperación entre las ONG's Geólogos del Mundo (España) y ASIDE¹ (Honduras), con fondos de la Fundación Nando Peretti (Italia). En este proyecto han colaborado además miembros de las comunidades del Valle de Jamastrán. Con este proyecto se pretende recopilar toda la información disponible relativa a la geología y al funcionamiento y calidad de las aguas subterráneas del Valle de Jamastrán.

El proyecto comenzó en Junio de 2005 y tuvo una duración de 6 meses. Fue realizado por el equipo técnico de Geólogos del Mundo formado por Miren Errandonea (Hidrogeóloga), Diego Vázquez-Prada (Voluntario Geólogo), Pedro Rodríguez (Promotor local, especializado en aguas), y coordinado por Juan Francisco García (Jefe de Proyectos de Geólogos del Mundo en Honduras).

1.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La República de Honduras se sitúa en Centroamérica y, desde el punto de vista geográfico, es parte central del istmo de América Central, que se extiende desde el istmo de Tehuantepec, en México, hasta el río Atrato de la república de Panamá. En función de coordenadas geográficas se localiza entre:

- Latitud Norte: 12° 58´ (tomando como extremo la desembocadura del río Negro, en el Golfo de Fonseca) y 16° 2´ (tomando como extremo Punta Castilla)
- Longitud Occidental: 83° 10´ (extremo oriental de Gracias a Dios) y 89° 92´ (Cerro Montecristo)

El país cuenta con una parte continental y otra Insular. En esta última, su parte más septentrional alcanza los 18° 56´ de latitud norte, y los 78° de longitud oeste.

Sus límites físicos son los que siguen:

Al norte limita con el mar de Las Antillas; al sur con el Golfo de Fonseca (Océano Pacífico) y El Salvador, al este con la República de Nicaragua y el mar Caribe (Océano Atlántico), y al oeste con las repúblicas de Guatemala y El Salvador. De su territorio un 25 por ciento de superficie es cultivable (15 por ciento con buenas posibilidades y un 10 por ciento que necesita de técnicas de conservación de suelos) y un 75 por ciento de las tierras tiene vocación forestal.

Más del 75% del territorio presenta pendientes mayores del 25%, lo que da idea del carácter montañoso del país.

¹ Asociación de Investigación para el Desarrollo.

El área de Honduras es de 112.492 Km² y su capital Tegucigalpa. La anchura máxima del país es de 360 Km. y su longitud máxima de 676 Km.

El Valle de Jamastrán se encuentra en el municipio de Danlí, departamento de El Paraíso, en la parte centro oriental de Honduras (Ver Fig. 1.1.1).

La Cuenca del Valle de Jamastrán tiene un área de 1.646 Km² y dentro de ella el Valle de Jamastrán tiene una superficie de alrededor de 194 Km².

Se trata de un valle de morfología cuadrangular limitado al Sur-Este por la Cordillera de Dipilto, al Nor-Oeste por la Montaña La Batea, al Sur-Oeste por el Cerro de Ceilán y se abre al Nor-Este a través del sistema de fallas de Guayape, por donde circula el río Guayambre.

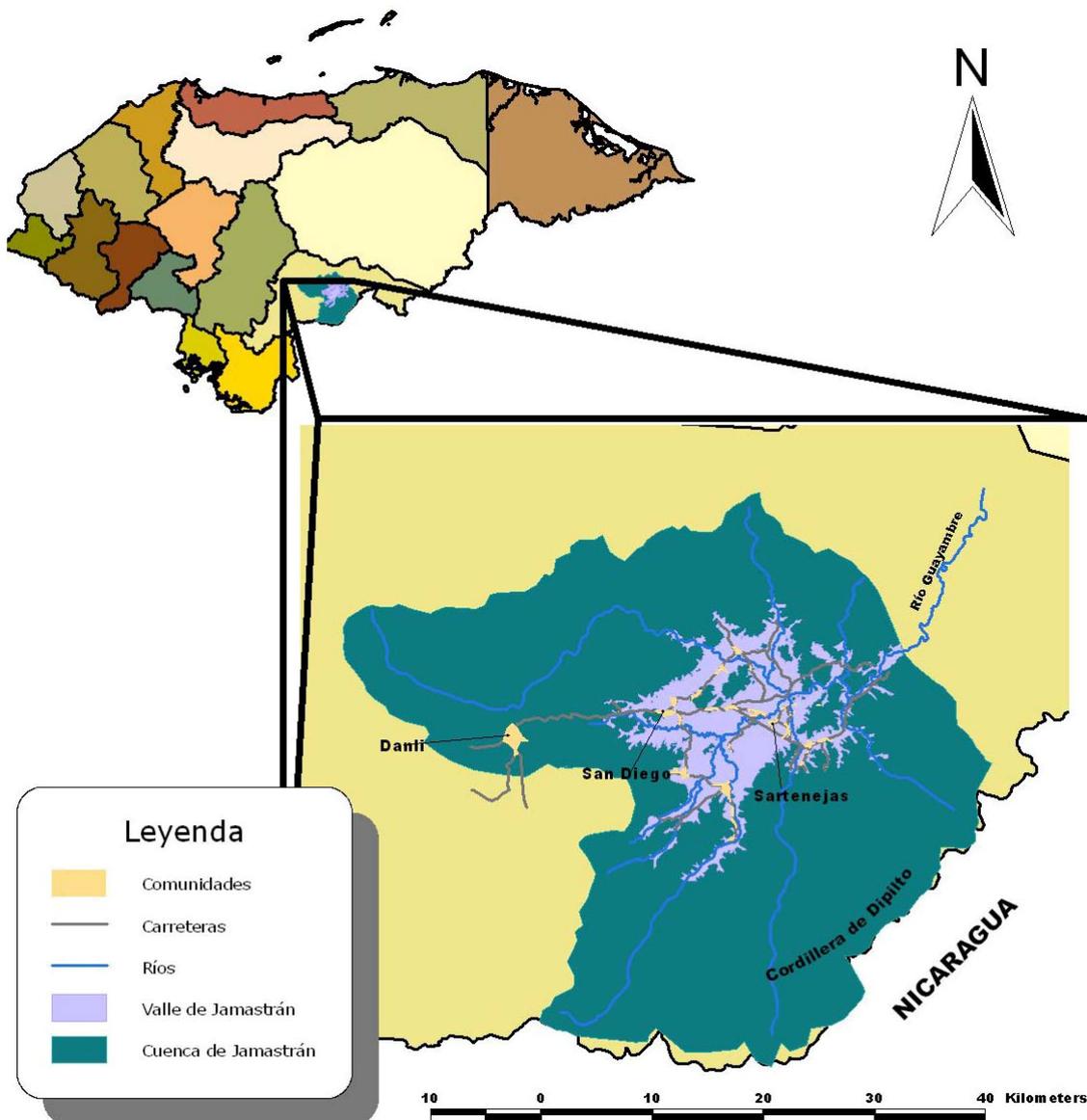


Figura.- 1.1.1. Situación del Valle de Jamastrán en Honduras.

1.2. CONTEXTO CLIMÁTICO

Lo primero que cabe destacar es que en Honduras no se dan las características típicas de las 4 estaciones del año, presentes en las latitudes medias. El clima de Honduras es variable y está determinado por su ubicación geográfica con tres zonas: cálida, templada y fría, que se delimitan en función de la altitud. Debido a su localización geográfica, matizada en el apartado anterior, se presentan tan sólo 2 estaciones: La seca y la lluviosa.

La existencia de factores geográficos modifican los vientos alisios que atraviesan el istmo centroamericano. De ello resultan cambios sustanciales del clima tropical lluvioso, del área del Litoral Atlántico de Honduras. Esto es lo que hace que localmente se produzcan variaciones, dando como resultado la diferenciación de 11 sub-climas dentro del País. Debido a la posición geográfica que ocupan los países de América Central, estos se ven expuestos frecuentemente a fenómenos naturales climatológicos como tormentas y huracanes. Tienen su origen en la zona atlántica, asociados a sistemas de bajas presiones del área de dominio de la zona de convergencia de los vientos alisios.

El litoral del Caribe recibe una precipitación media anual cercana a los 2.600 mm, siendo los meses más lluviosos octubre y noviembre y los más secos entre marzo y mayo; la humedad relativa promedio es del 82%. La precipitación disminuye en las tierras altas del interior, con valores cercanos a 1.000 mm/año en las proximidades de la ciudad capital.

En el litoral Pacífico, se observan períodos de alta precipitación, uno en junio y otro en septiembre. La precipitación media anual es de alrededor de 1.600 mm y la humedad relativa del 66%. Las precipitaciones medias oscilan entre 1.000 y 1.800 mm/año y la humedad relativa entre el 70% y 76%.

Las temperaturas están determinadas por la elevación. Las tierras bajas, debajo de los 500 m.s.n.m, tienen una temperatura media anual de 24°C; en las zonas con elevaciones entre 500 y 2.000 m.s.n.m, la temperatura media varía entre 16°C y 24°C; y las tierras por encima de los 2.000 m.s.n.m tienen una temperatura media anual de 15°C o menos.

La zona Oriental (Región Sur de Gracias a Dios, Región Nororiental de El Paraíso y Olancho) tiene un clima de Sabana Tropical, esta zona se caracteriza por tener dos estaciones; una seca entre diciembre y abril, con febrero como el mes más seco con un promedio de 19 mm. La estación lluviosa se presenta desde mayo a noviembre y tiene un promedio mensual máximo en septiembre de 211mm. La precipitación anual es de 1.200 mm, con 153 días con lluvia y una humedad relativa de 74 %. La temperatura media anual de 25°C, con una máxima de 33,2°C y una mínima de 18,6°C. El mes más caluroso es abril con 27°C como promedio, y enero el mes más fresco con 23°C (Servicio Meteorológico Nacional de Honduras).

Algunos estudios muestran que, en Honduras, de las tendencias en los parámetros meteorológicos que se han mencionado se pueden deducir que el país está experimentando un calentamiento, con excepción de la costa caribeña oriental donde hay una ligera disminución de la temperatura

asociada con un pequeño incremento de la precipitación, identificando las regiones norte-intra montano, centro-sur y sur como aquellas zonas que son mas sensibles a la presencia de un potencial cambio climático.

La zona de estudio se ubica en la región del Paraíso. La estación lluviosa en el Departamento se localiza entre los meses de mayo a octubre, y presenta un clima templado-cálido.

El clima del Valle de Jamastrán es Lluvioso de Altura en sus cuencas altas y Poco Lluvioso con Invierno Seco en el propio valle (según datos del trabajo del Consorcio TAHAL-GEOCONSULT, 2003).

La precipitación media anual en el valle es superior a los 1000 mm, y la temperatura media cercana a los 24°C.

1.3. CONTEXTO SOCIO-ECONÓMICO

El país se divide políticamente en 18 departamentos: Atlántida, Colón, Comayagua, Copán, Cortés, Choluteca, El Paraíso, Francisco Morazán, Gracias a Dios, Intibucá, Islas de la Bahía, La Paz, Lempira, Ocotepeque, Olancho, Santa Bárbara, Valle y Yoro.

A continuación se exponen algunos **datos básicos** del país, según datos del Atlas de Honduras (CIAT-SIG, 2002) y del estudio de Pérez Monforte, S. (2003):

El total de Municipios es de 298, con 3.740 aldeas y 19.937 caseríos.

La población total asciende a 5.9 millones de habitantes.

La tasa de natalidad estimada es de 32,62 nacidos vivos por cada 1.000 habitantes en 1.997 y la tasa de mortalidad de 5,66.

En 1.998 Honduras tenía una densidad de población de 54,8 habitantes por kilómetro cuadrado, que la sitúa entre los nueve países más densamente poblados de América Latina.

Predomina la población rural sobre la urbana, aunque en los últimos años se está experimentando un rápido proceso de urbanización.

El órgano responsable de la gestión de cada municipio, es la Municipalidad. La gestión del agua corre a cargo de un organismo gubernamental, pero no dependiente de la Municipalidad, que es el SANAA.

En las aldeas, que es el marco principal en el que se ha desarrollado este trabajo, el órgano de gobierno es el Patronato Municipal. En cambio, quien gestiona todo lo referente a las aguas es la Junta Administradora de Aguas local, organismo independiente del Patronato que recibe los

El área de salud es administrada por la Región Sanitaria, de la que dependen los municipios, que pueden no pertenecer al mismo departamento.

De la superficie total del país 5,7 millones de Hectáreas (51%) están cubiertas por bosques y 3,4 millones (30%) corresponden a explotaciones agropecuarias. De la tierra bajo uso agropecuario unas 900.000 Ha están

bajo cultivo y más de 1,5 millones de Ha están destinadas a pastos. Un millón de Ha de uso agropecuario corresponde a tierras de descanso, bosques secundarios y bosques primarios dentro de fincas agropecuarias.

En 1997 el Producto Interior Bruto (PIB) fue de 4 700 millones de \$EE.UU., con una contribución del sector agrícola del 23%. La Comisión Económica para América Latina (CEPAL) cuantificó en 1.997 que la población hondureña en condiciones de pobreza era del 67%, y de extrema pobreza o indigencia del 32%. En las áreas rurales dicho nivel de indigencia era del 35%. Esta situación de pobreza se traslada a los centros urbanos con la migración de la población rural a las ciudades, contribuyendo a agravar los problemas.

En el valle de Jamastrán hay 100 núcleos habitados entre comunidades y haciendas, en las que viven 24.670 personas según el Atlas de Honduras (CIAT-SIG, 2.002).

La presencia institucional en la zona es abundante, tanto de instituciones públicas (La Secretaría de Agricultura y Ganadería SAG, el Instituto Nacional Agrario, la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal COHDEFOR, el Instituto Hondureño del Café IHCAFE y el Instituto de Formación Profesional INFOP) como de ONGs (Movimundo, Acción Contra el Hambre, Auxilio Mundial, Visión Mundial, Agua Pura para el Mundo, Plan en Honduras e ICADE).

La actividad económica es eminentemente agrícola, llamado antiguamente como el *Granero de Centroamérica*, el Valle de Jamastrán centra su producción en el grano básico y el tabaco. Muchos de los agricultores no producen a gran escala sino que desarrollan una agricultura de subsistencia familiar. Actualmente muchos campos se encuentran en abandono. Parte del terreno está dedicado a la ganadería. En el municipio las principales industrias consisten en beneficios de café, fabricación de puros de tabaco e industrias madereras.

1.4. ESTUDIOS PREEXISTENTES SOBRE EL VALLE DE JAMAISTRÁN

La **Agencia de Cooperación Británica** realizó el primer trabajo hidrogeológico del Valle de Jamastrán, entre los años 1.983 y 1.985, con el fin de perforar una serie de pozos que permitieran el abastecimiento de agua potable a las comunidades. A pesar de conocer la existencia de este trabajo no ha sido posible consultarlo por no existir copias disponibles en ninguna administración.

El **Programa ALA 86-20**, Ayuda a Latino-América, fue realizado por la Unión Europea. Se desarrolló en 1.990 un estudio hidrogeológico del valle basado en el trabajo nombrado anteriormente. Se trata de un estudio bastante completo que sirvió como base para definir la localización de al menos 11 perforaciones. Varios proyectos de agua de la zona aún siguen funcionando con la infraestructura desarrollada durante este programa (Chirinas y La Angostura entre otros). Este programa comenzó en 1.989 y finalizó en 1.998. Abarcaba los Departamentos de Francisco Morazán y El

Paraíso, y consistió en mejorar el sistema de abastecimiento y saneamiento de las comunidades y capacitación de la población.

Robert D. Rogers, de la Universidad de Texas, realizó en el año 1.992 el primer estudio geológico de detalle del valle, titulado: *Geology of the Valle de Jamastrán quadrangle, Honduras, Central América*.

El **Instituto Geográfico Nacional** publicó, en 1.995, y gracias al trabajo de Rogers, la hoja del Valle de Jamastrán del mapa de geológico de Honduras a escala 1:50.000. De esta misma entidad se han consultado el mapa topográfico escala 1:50.000 (Hojas Valle de Jamastrán y Río Apalí). Las fotos aéreas utilizadas han sido elaboradas por el PCN-Honduras en el año 1.978 y a escala 1:40.000.

También se ha utilizado el Atlas de Honduras elaborado por el **CIAT**² en formato GIS.

Por último en el año 2.002, la PNUD³ adjudicó al Consorcio **TAHAL Consulting Engineers Ltd. - GEOCONSULT, S. A. DE C. V** la elaboración de un informe para estudiar la posibilidad de instalación de regadíos en el Valle de Jamastrán. Este estudio se entregó en el año 2.003 e incluye una sección importante sobre hidrogeología, que ha servido de soporte para el estudio hidrogeológico de este proyecto.

Otros datos consultados son los ofrecidos por el SAG⁴ en relación a las precipitaciones, y varios perfiles de perforaciones y datos de aforo obtenidos de fuentes diversas.

² Centro Internacional de Agricultura Tropical.

³ Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

⁴ Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras.

2. GEOLOGÍA

2.1.-INTRODUCCIÓN

El área de estudio se sitúa en del Bloque de Chortis que a su vez forma parte de la Placa Caribeña.

La morfología rectangular del Valle de Jamastrán sugiere que sus límites están controlados por fallas siendo la más importante la del límite Sur-Este, que corresponde a la terminación de la Falla de Guayape, que se extiende hasta la costa atlántica. Se trata de una fosa tectónica formada por los movimientos primero sinistral y posteriormente dextral del sistema de fallas Guayape a comienzos del Terciario (Rogers, R.D., 1.992).

El movimiento siniestro del Terciario produjo fallas en el basamento metamórfico paleozoico, que determinan los márgenes Nor-Este y Sur-Oeste del Valle. Durante este movimiento se produjo la intrusión de las monzonitas de la Formación Padre Miguel a lo largo del Sistema de la Falla de Guayape (SFG) y a través de los materiales metamórficos del Grupo Honduras.

Posteriormente, durante el movimiento dextro del SFG, en el Terciario Tardío-Cuaternario, se produjo la sedimentación de depósitos aluviales. En el Cuaternario y durante el movimiento dextro aparecieron flujos volcánicos máficos a lo largo del SFG.

2.2.-ESTRATIGRAFÍA

Columna

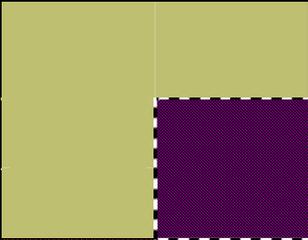
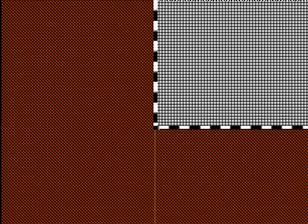
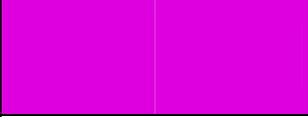
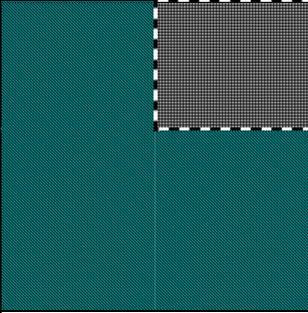
Era	Época	Trama	Unidad	Material	Siglas
Cuaternario	<i>Holoceno</i>		Aluvial Plio-Cuaternario	Depósitos Aluviales	Qa1, TQaf, TQt
	<i>Pleistoceno</i>		Volcanitas Plio-Cuaternarias	Coladas Volcánicas máficas y lahares	TQv, TQb
Terciario	<i>Plioceno</i>		Intrusión Plutónica Terciaria	Intrusiones Graníticas	Ti
	<i>Mioceno</i>		Formación Padre Miguel	Ignimbritas y tobas volcánicas riolíticas	Tpm
	<i>Oligoceno</i>		Discontinuidad		
Mesozoico	<i>Cretácico</i>		Formación Valle de Angeles	Conglomerados y areniscas rojas	Kva
			Discontinuidad		
	<i>Jurásico</i>		Intrusión Plutónica Cretácica	Intrusiones graníticas	Ki
			Grupo Honduras	Pizarras, areniscas, carbonatos	JKhg, JKhgm, JKhgc
Discontinuidad					
Paleozoico			Formación Esquistos de Cacaguapa	Esquistos, cuarcitas y gneisses	Csp

Tabla 2.2.1. Columna estratigráfica.

Materiales presentes en la Cuenca y en el Valle de Jamastran:

Descripción de los materiales:

- **El Basamento Paleozoico** está compuesto por materiales metamórficos, principalmente por esquistos, pizarras, cuarcitas y gneisses que se engloban dentro de la **Formación Esquistos de Cacaguapa (Csp)**. Esta formación Paleozoica conforma el basamento del Bloque de Chortis

(Rogers, D.R., 1.992), estando presente en todo Honduras. En la Cuenca del Valle de Jamastrán afloran en el Sur, principalmente en el tramo medio del río San Francisco, mientras que en el Valle de Jamastrán se representa únicamente en dos puntos: en el margen Sur-Oeste del Valle (cerca de El Obraje) y en un pequeño afloramiento al Norte en la Loma Copatillo (cerca de Quebrada Larga). Tras el basamento Paleozoico se encuentra una discontinuidad que da paso directamente a la Formación Grupo Honduras (Jurásico-Cretácico).

- **Grupo Honduras (JKhg).** Estas Formaciones Jurásico-Cretácicas conforman prácticamente todos los límites del Valle a excepción del límite Sur-Este (dominado por materiales volcánicos y el basamento paleozoico) y a escala de la Cuenca forman el relieve que limita al valle en su parte Norte y Este y los flancos de la Cordillera de Dipilto al Sur. El grupo clástico JKhg se compone principalmente por pizarras y argilitas verde-grisáceas, por areniscas y cuarzo-arenitas de grano fino y, en menor medida, por conglomerados matriz-sostenidos. Hacia el Sur-Este, estos materiales pasan a tener un cierto grado de metamorfismo formando la unidad JKhgm. El grado de metamorfismo de este último es mayor cuanto más cercano se encuentra de la intrusión plutónica que forma la Cordillera de Dipilto, siendo muy leve en la zona de contacto con la otra unidad del Grupo (JKhg). Dentro de este Grupo también hay un pequeño afloramiento de una variante carbonatada (JKhgc) al Nor-Este del Valle, representada por una caliza masiva azulada con cierto grado de marmorización.

El Espesor de estas Formaciones es, según Rogers, D.R (1.992), de al menos 900 metros para la secuencia no metamórfica (JKhg), y de unos 700 metros para la variante metamórfica que representa la unidad basal del Grupo, por lo que el espesor total sería de unos 1.600 metros.

- **Rocas intrusivas Cretácicas (Ki):** Afloran únicamente en la zona sur de la Cuenca, constituyendo la zona más elevada de la cuenca y el límite con Nicaragua: la Cordillera de Dipilto. Estos materiales graníticos conforman la cabecera de las microcuencas de los ríos Hato y San Francisco y de la quebrada de El Águila.

- **Formación Valle de Ángeles (Kva):** Formada por capas clásticas rojizas de origen continental depositadas durante el Cretácico. Están presentes en varios puntos, creando la mayoría de los relieves situados dentro del Valle aluvial (como el Cerro Quebrado) así como una serie de afloramientos en el límite Norte del Valle. Los materiales más frecuentes que la componen son conglomerados de cuarzo con matriz cementada y arenas y arcillas de tonos rojizos, que presentan un cierto grado de porosidad en superficie pero una alta compactación en profundidad. Según el estudio de Tahal-Geoconsult (2.003) estos materiales se clasifican dentro de la Formación Todos Santos del Grupo Honduras en lugar de en la Formación Valle de Ángeles, tal y como se clasifica en el Mapa Geológico y en el estudio de Rogers, R.D. (1.992). Este último estima el espesor de Kva

en el Valle de Jamastrán entre 100 y 300 metros y su origen como depósitos de conos aluviales tropicales.

En otros puntos de Honduras se ha detectado la presencia de yesos y evaporitas dentro de esta Formación.

Entre el Mesozoico y el Terciario se encuentra una discontinuidad, que permite el contacto entre la Formación Valle de Ángeles y Padre Miguel.

- **Materiales Volcánicos Terciarios (Tpm):** La Formación Padre Miguel (Tpm) del Oligoceno-Mioceno es estratigráficamente la primera presencia volcánica en la zona. Está compuesta por ignimbritas riolíticas con fenocristales de cuarzo de color blanco grisáceo. La Formación Padre Miguel tiene su único afloramiento dentro del Valle de Jamastrán en el resalte al borde del Río Hato, en el cruce de la carretera que va hacia Chirinas. En el resto de la Cuenca aflora en las cercanías de Danlí y se hace más extensivo hacia el Sur-Oeste. Según Rogers, D.R. (1.992) el espesor de esta Formación es de unas decenas de metros en el Valle y de cientos de metros en el área de Danlí. Estos materiales afloran principalmente al Sur-Oeste y, ocasionalmente, en la zona central del Valle.

- **Intrusiones plutónicas Terciarias (Ti):** Estos materiales intrusivos aparecen sobre el trazado del Sistema de Fallas de Guayape, formando dos relieves al Sur-Este del Valle de Jamastrán (Cerro Helado y Cerro Ojo de Agua). Estos dos diques presentan una composición monzogranítica, y se intruyen a través de fracturas y entre estratos de los sedimentos metamórficos del Grupo Honguras (JKhgm). Según Rogers, D.R. (1.992) y Williams y McBirney (1.969) estas intrusiones tienen una edad de unos 11 Ma. y un espesor superior a los 300 metros en el Valle de Jamastrán.

- **Formaciones volcánicas del Plioceno-Cuaternarias (TQv, TQb)** compuestas por lavas máficas. De estos dos eventos volcánicos el primero (TQv) tuvo lugar al estallar un volcán freatomagmático en el límite Sur-Este de la Cuenca (en la cabecera de la microcuenca del Río Las Laras) causando el depósito de lahares y coladas basálticas que se observan en la zona Sur-Este del Valle. El segundo evento (TQb) fue creado por una serie de flujos basálticos que fueron expulsados a través de fisuras. Estos basaltos afloran, como los anteriores, en la zona Sur-Este del Valle, y se sitúan estratigráficamente sobre los anteriores (TQv), pero también se encuentran en zonas del Valle relacionadas con fallas (afloramientos de orilla del Río Del Hato, afloramientos del límite rectilíneo Nor-Oeste del Valle).

- **Aluvial Plio-Cuaternario (TQaf, TQt, Qal):** estos materiales, lógicamente, forman la mayor parte de los materiales aflorantes del Valle de Jamastrán.

-Depósitos de abanicos aluviales (Qaf y TQaf). Constituyen la mayoría de los límites del Valle en los que se pasa de los fuertes relieves a la planicie generando depósitos de decenas de metros de espesor que aumentan conforme se acerca al cauce del río. Los dos principales depósitos de esta clase son:

- o al Nor-Oeste, compuestos por clastos angulosos, mal clasificados y con abundante matriz, provenientes de la Formación Valle de Ángeles (Kva), Grupo Honduras (JKhg) y Formación Padre Miguel (Tpm);
- o y al Sur-Este, compuestos por detritos de grano fino que provienen de los cerros graníticos terciarios (Ti).

- Depósitos de terraza del Plio-Cuaternario (TQt y Qt). Estos depósitos forman los depósitos aluviales que ocupan la mayor extensión en el Valle de Jamastrán y están compuestos por clastos grano-sostenidos subangulares a redondeados de tamaño grava a arena. La litología de los clastos depende de la localización de la terraza, siendo por lo general de composición volcánica (Tpm, TQb y TQv) hacia el Oeste y de las litologías del Grupo Honduras hacia el Este. Se han descrito en el Valle de Jamastrán (Rogers, D.R., 1.992) al menos seis niveles distintos de terrazas, con elevaciones de entre unos pocos metros a diez metros. También se han encontrado indicios de subsidencia del Valle sin-genéticos con la formación de las terrazas, visible sobretodo en la zona Sur-Este, donde está el contacto con el Sistema de Fallas de Guayape.

- Depósitos actuales de los ríos (Qal) Del Hato (Apali y Del Hato), Los Almendros (Vallecillo, Abajo, San Antonio y Los Almendros), San Francisco y Guayambre (cuando se unen los ríos Del Hato, Los Almendros y San Francisco). Se componen mayoritariamente por arenas y gravas sub-redondeadas a redondeadas y bien seleccionadas.

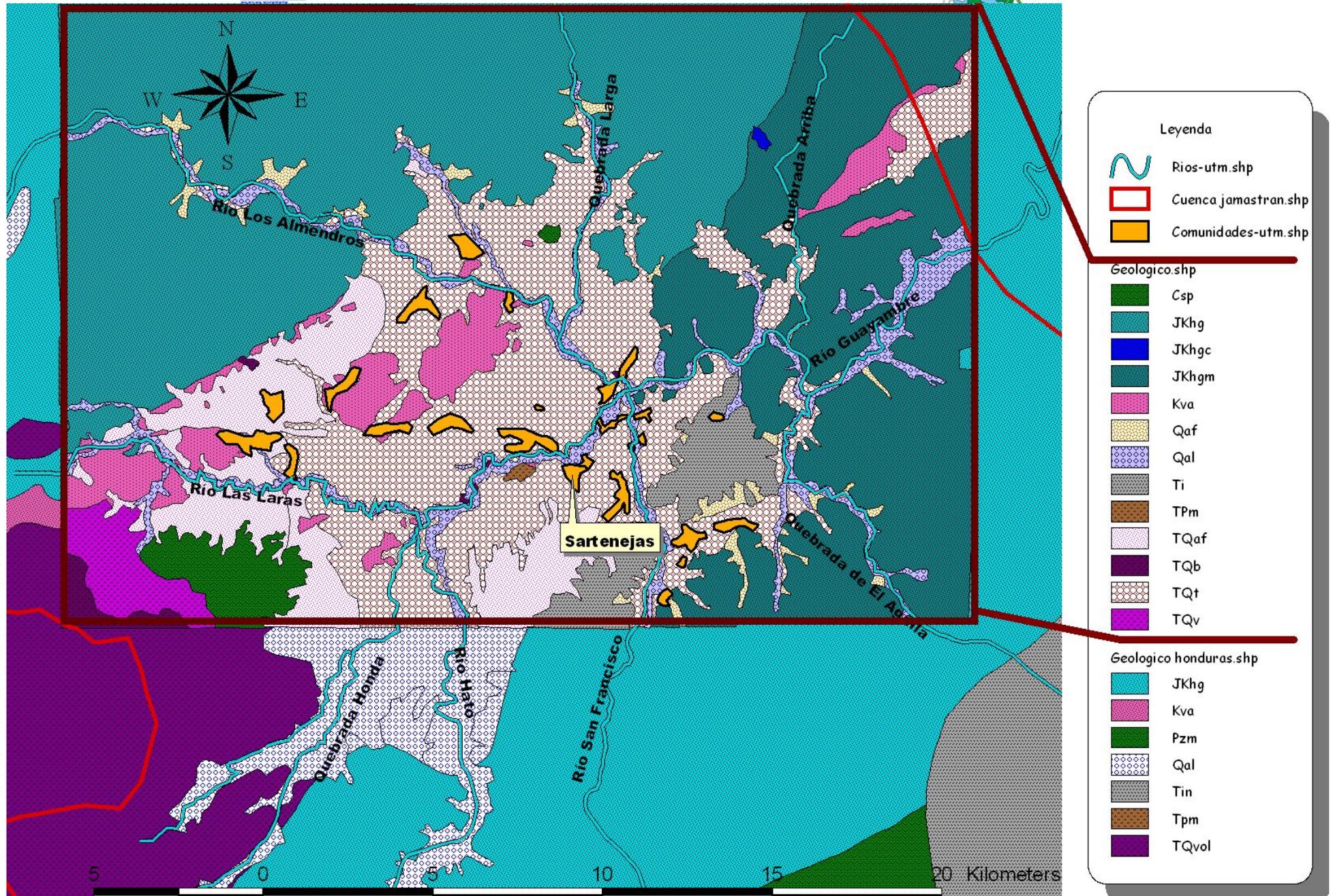


Figura 2.2.1. Mapa geológico del Valle de Jamastrán.

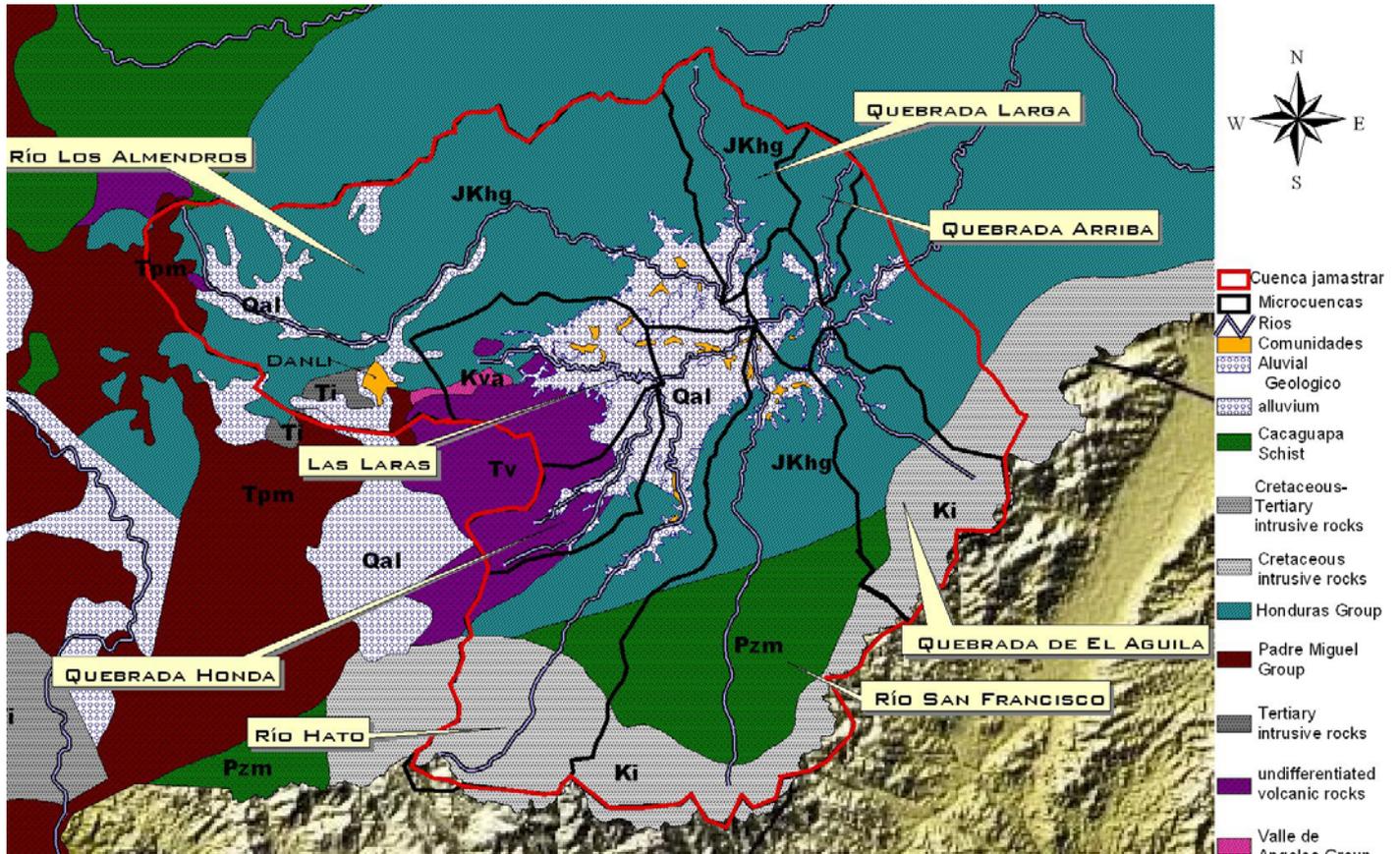


Figura 2.2.2. Mapa geológico de la Cuenca de Jamastrán y microcuencas.

Tabla 2.2.2. Microcuencas y formaciones aflorantes por tramos de los ríos del Valle de Jamastrán.

Microcuenca	Formaciones aflorantes		
	Tramo alto	Tramo medio	Tramo bajo
Río del Hato	Ki	Pzm	JKhg
Río Los Almendros	Tpm, JKhg, Ti	JKhg	JKhg, Kva
Río San Francisco	Ki	Pzm	JKhg
Río Las Laras	Kva, JKhg, TQb (Tv)	JKhg, Csp, TQv	Kva
Quebrada Honda	Tv	Tv	Kva
Quebrada Larga	JKhg	JKhg	JKhg
Quebrada de El Aguila	JKhg, JKhgm	JKhgm, JKhgc, Kva	JKhgm

2.3.-GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Los límites del Valle de Jamastrán están compuestos por una serie de fallas que controlaron su formación y que siguen activas hoy en día. La estructura dominante es la zona de cizalla del Sur-Este del Valle, formada por una serie de fallas paralelas de orientación NO-SE (N45°E) que llegan hasta la costa atlántica, llamado el Sistema de Fallas de Guayape (SFG). Dentro de esta zona, de hasta 4 km. de largo, los materiales aparecen fracturados y brechificados según la dirección de la Falla de Guayape. También se encuentran intrusiones graníticas terciarias asociadas a los movimientos. Los movimientos friccionales de este sistema de fallas han sido descritos por Rogers, D.R. como siniestrales en un inicio, seguidos por movimientos dextrales. El límite NO del Valle está definido principalmente por dos fallas normales de orientación NO-SE (N60°E) prácticamente paralelas al Sistema de Fallas de Guayape. Estas fallas explican el contacto entre el Grupo Honduras que representa el bloque levantado y los afloramientos contiguos de la Formación Valle de Ángeles, que es el bloque hundido, ya dentro del Valle de Jamastrán. En los otros dos límites (el NE y el SO) no se aprecian ni en foto satélite ni en foto aérea la presencia de fallas, pero éstas se intuyen por la presencia del contacto entre el basamento paleozoico (Esquistos de Cacaguapa-Csp) y los afloramientos de Valle de Ángeles dentro del Valle. Rogers. D.R. (1.992) interpreta esta fallas de dirección NNO-SSE (N20°O) como fallas normales que aparecen cubiertas por ser más antiguas que las fallas de los otros dos límites.



Figura 2.3.1. Vista satélite de la cuenca de Jamastrán. NASA.

Los abruptos cambios de orientación de los ríos de la Cuenca del Valle de Jamastrán ponen de manifiesto la existencia de fallas, que son en su mayoría visibles en foto satélite (ver Figura 2.3.1.). La existencia de una serie de afloramientos volcánicos de origen fisural (TQb) a lo largo del río Del Hato y al borde de la carretera que va hacia Danlí son otra evidencia de presencia de fallas.

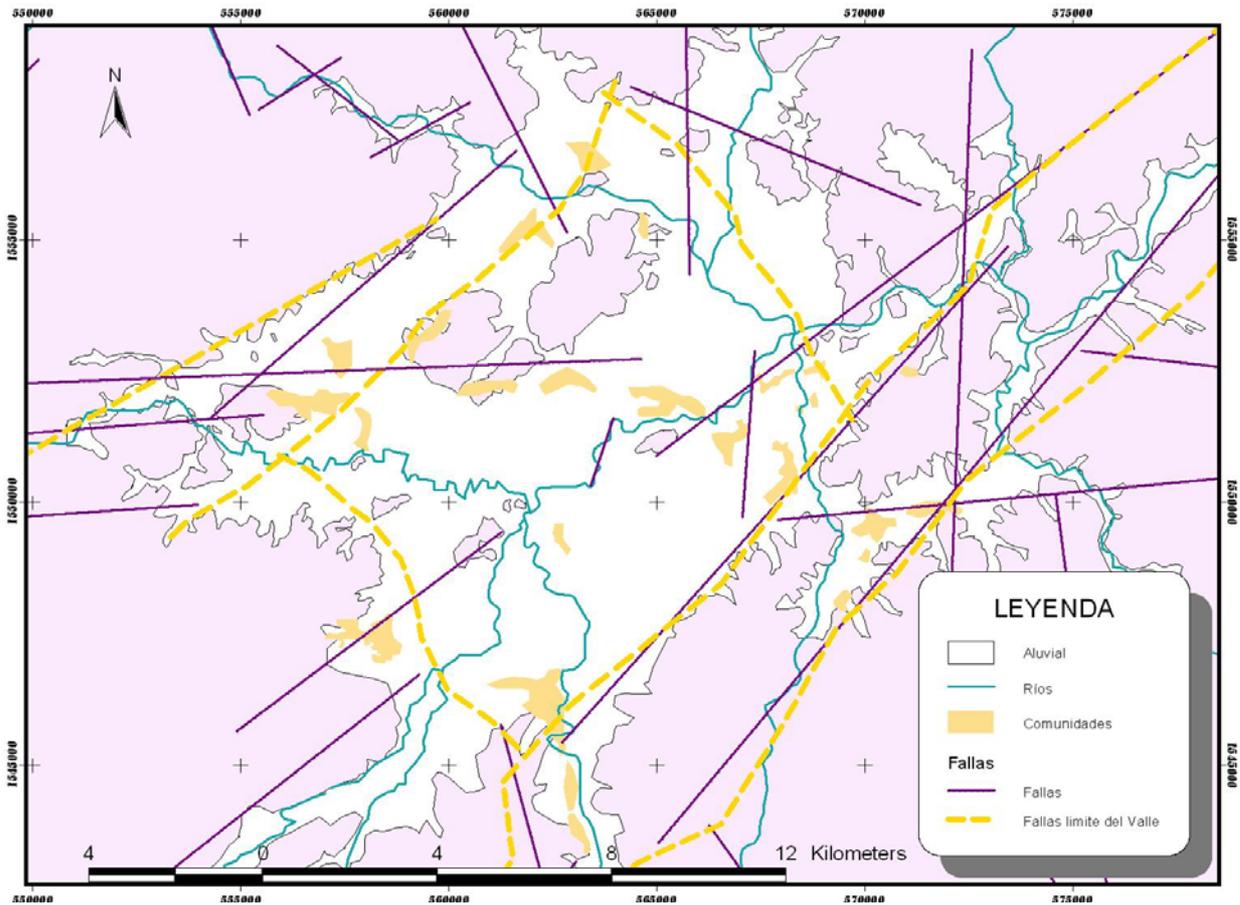


Figura 2.3.2. Mapa de distribución de fallas en el valle de Jamastrán.

La Cordillera de Dipilto está atravesada por una serie de fallas de dirección NNE-SSO, bien visibles en foto satélite, que no parecen traspasar la Falla de Guayape, pero que tal vez estén ligadas con las de los límites de igual orientación.

Otro grupo importante de fallas presentes en el NO de la Cuenca, de dirección E-O, y prácticamente paralelas a la carretera que une el Valle con Danlí, sí que se localiza dentro del Valle de Jamastrán. Ver Figura 2.3.2.

2.4.-PROFUNDIDAD DEL ALUVIAL Y CORTES GEOLÓGICOS DEL VALLE

La estimación de la profundidad del aluvial se ha realizado a partir del estudio de Rogers, DR (1.992), en el que hay un mapa con puntos de espesor del aluvial, y se ha completado con datos de los pozos perforados durante el programa ALA 86-20, y de puntos inventariados durante la elaboración de este trabajo.

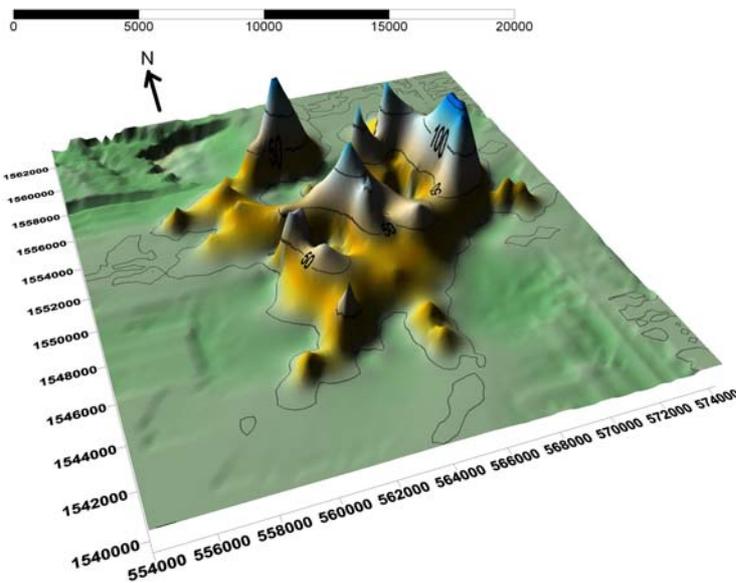


Figura 2.4.1. Representación en 3D de la profundidad del aluvial, relieve invertido.

El mapa de curvas de profundidad del aluvial (ver Figura 2.4.1) muestra varios picos de profundidad localizados en las zonas de Argelia (150 m), Zapotillo-La Suiza (160 m), La Música-Palmira (140 m) y La Merced (130 m). Las tres primeras parecen estar relacionadas con fallas normales que provocan un aumento del espesor hacia el lado hundido contiguo a la falla.

Se ha obtenido información sobre el sustrato bajo el aluvial a través de varios perfiles de pozos incluidos en el estudio del ALA 86-20 (ver Anexo 16) y otras fuentes. Estos puntos, representados en la Figura 2.4.2, indican la existencia de material volcánico directamente bajo el aluvial en casi todo el valle. Muchos de los perfiles han sido descritos como depósitos piroclásticos, y en otros como coladas basálticas. Estos materiales podrían ser interpretados como parte de la formación Padre Miguel (Tpm) o de las formaciones volcánicas plio-cuaternarias (TQv, TQb). La Formación Padre Miguel sólo aflora en un punto del valle, y se encuentra estratigráficamente por debajo de TQv y TQb, que se encuentran mucho más representadas en el valle; por ello se ha interpretado, en la realización de los cortes, que los materiales más abundantes bajo el aluvial son estos últimos (Ver cortes representados en la Figura 2.4.3.).

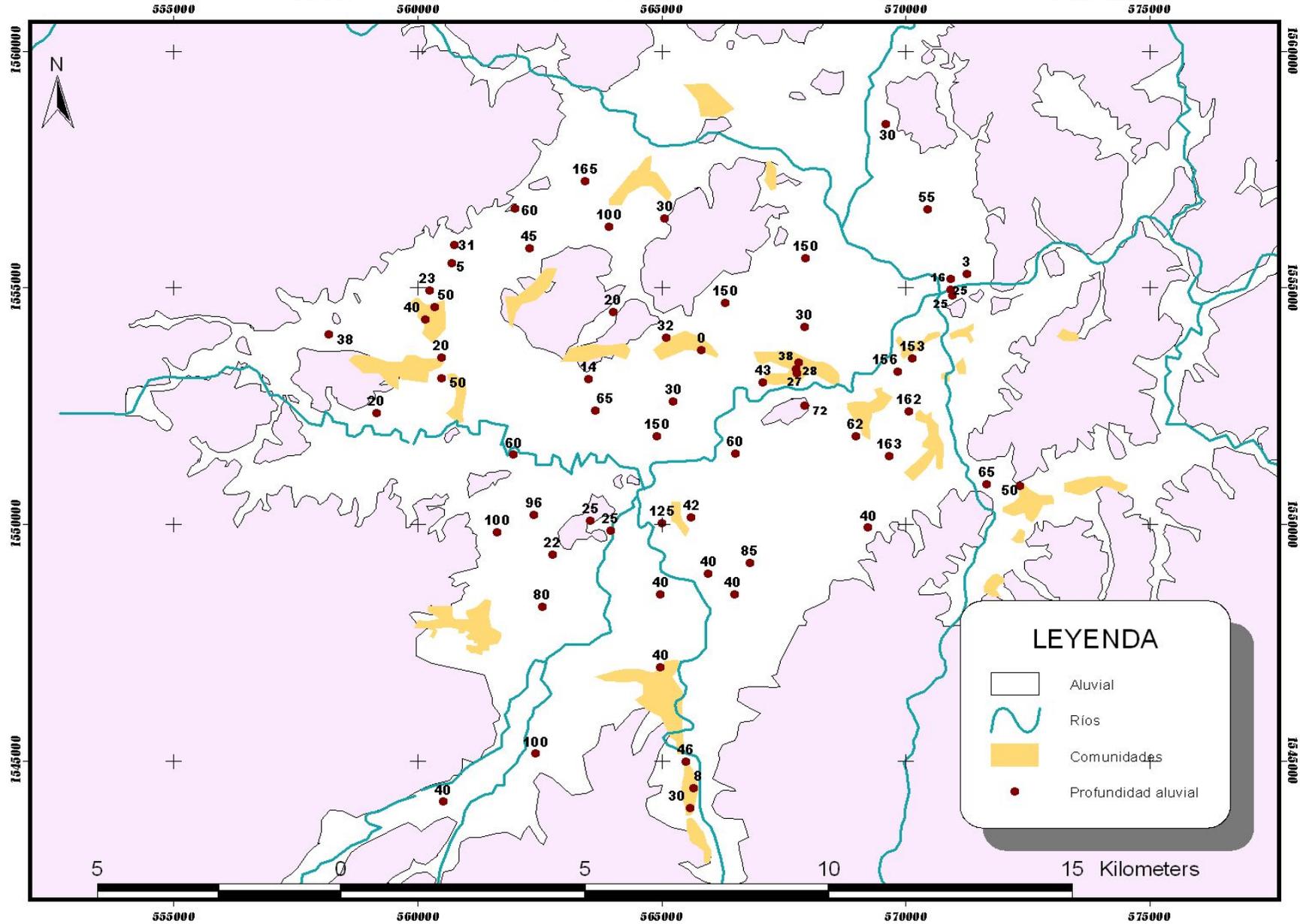


Figura 2.4.1. Mapa de puntos de profundidad del aluvial. El número indica la profundidad en metros.

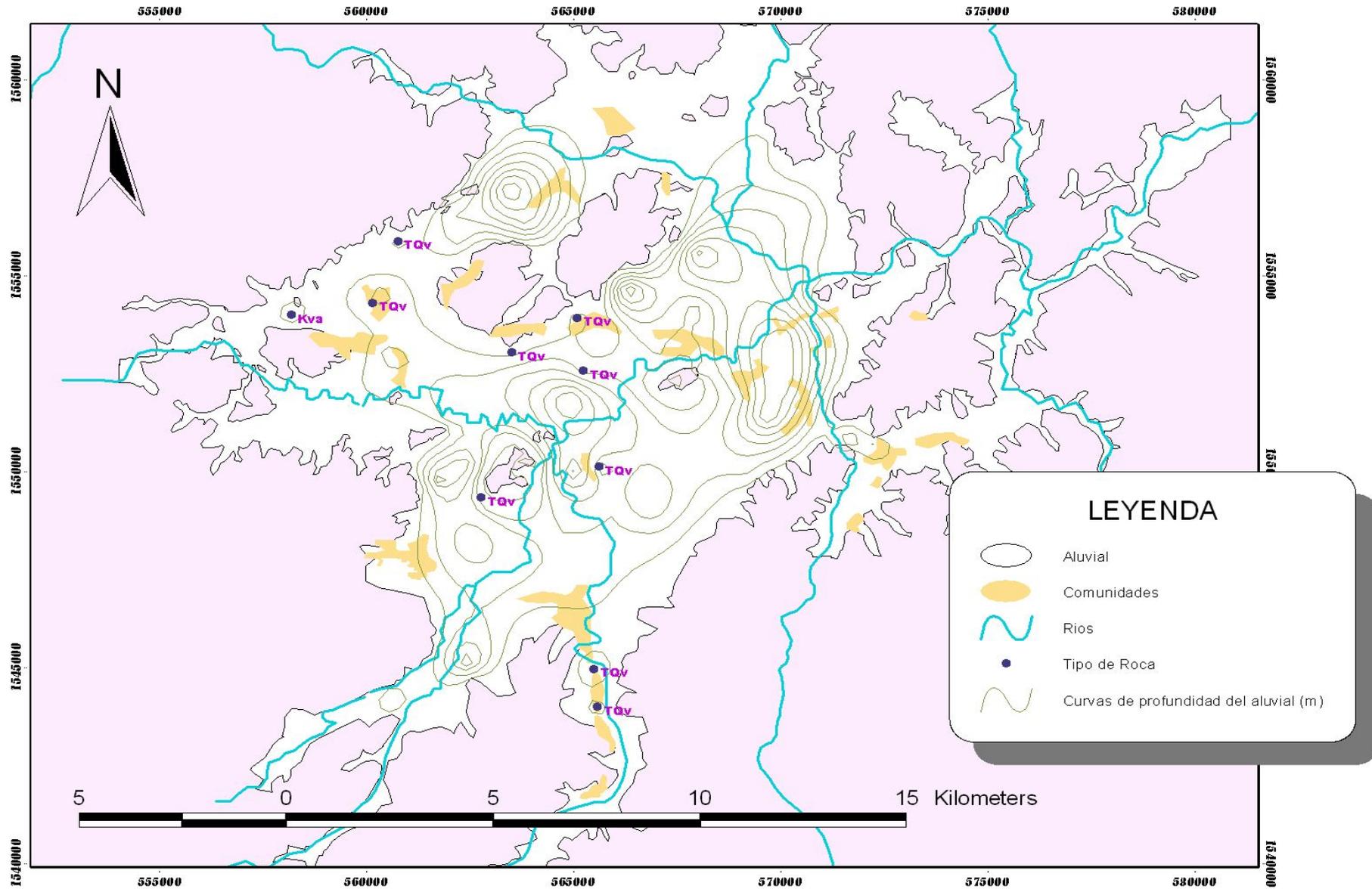


Figura 2.4.2. Mapa de curvas de profundidad del aluvial y materiales que aparecen en las columnas.

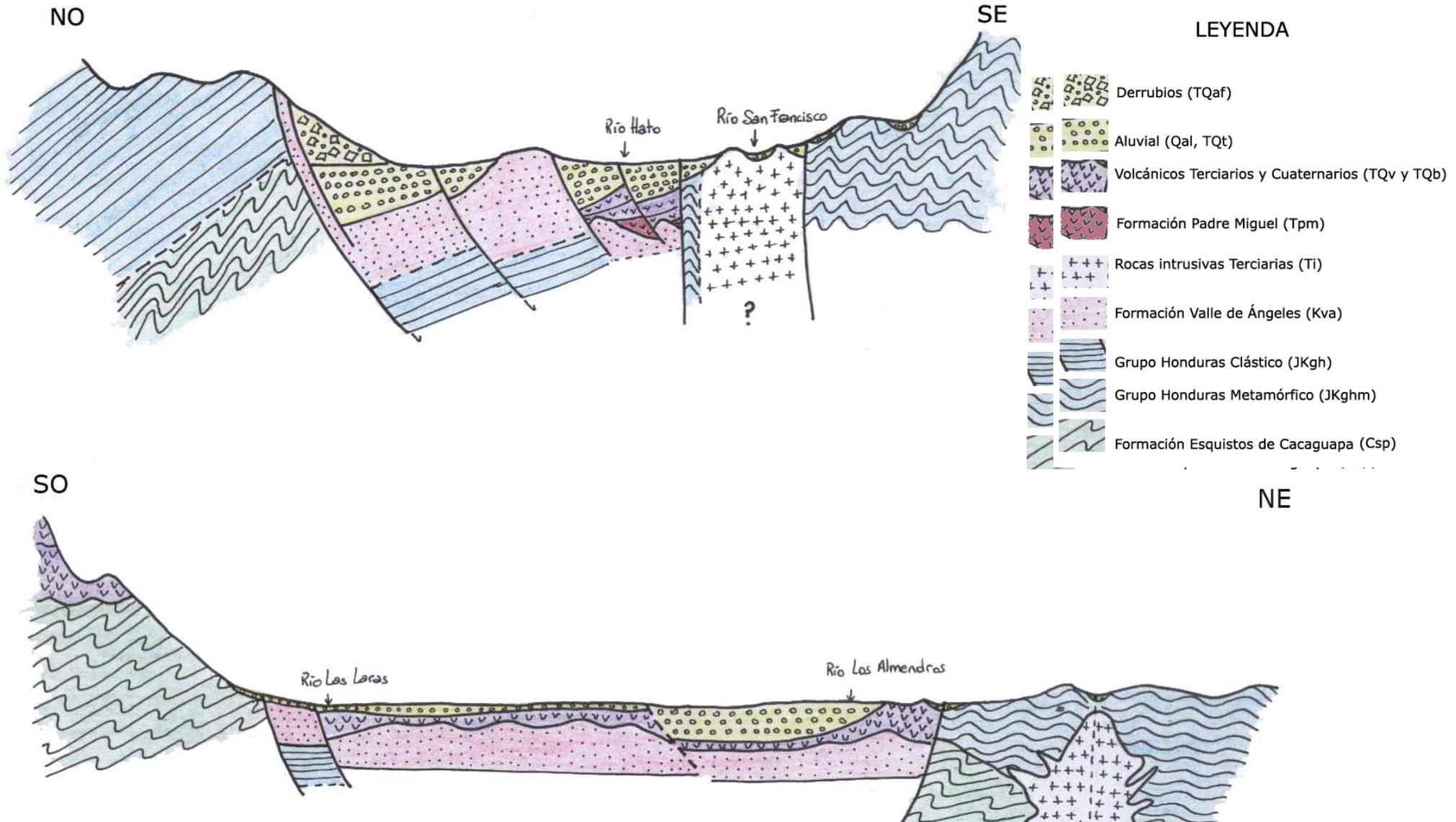


Figura 2.4.3. Cortes geológicos del Valle de Jamastrán.

En los cortes realizados se observa la forma de graben del Valle de Jamastrán, con un fuerte control estructural. En el corte A-A' se observan los mayores espesores del aluvial en el lado del bloque hundido de las fallas normales vergentes al SE. La falla normal que cerraría el graben al SE (y vergente al NO) formaría parte de las fallas que conforman parte del Sistema de Fallas de Guayape (SFG). Los depósitos volcánicos cubrirían las partes más bajas del relieve creado por la Formación Valle de Ángeles, y que aflora en el centro del valle. Las intrusiones graníticas se relacionan directamente con el SFG. Una distribución similar se observa en el corte B-B'. El límite de falla SE indica un largo o rápido período de movimiento, ya que pone en contacto la Formación Cacaguapa con la Formación Valle de Ángeles. En este perfil es mucho más evidente la existencia de materiales volcánicos bajo el aluvial, y así se percibe en las zonas excavadas recientemente por los ríos. Estos depósitos volcánicos seguramente provinieron de la zona SO del valle y fluyeron rellenando los fondos de valle. Se desconoce si la presencia de Padre Miguel es extensa o no bajo estos materiales.

2.4.-HISTORIA GEOLÓGICA

En el Valle de Jamastrán, durante el Paleozoico, reinaba un ambiente marino donde se depositaron arcillas, arenas y carbonatos que sufrieron tres episodios de deformación y metamorfismo durante esa Era, dando lugar a la unidad de basamento llamado los Esquistos de Cacaguapa.

Durante el Jurásico y el Cretácico se produjo el depósito de una secuencia espesa de materiales detríticos y carbonatados en ambientes fluviales de planicies costales con episodios transgresivos marinos (Rogers, D.R., 1.992); formando la Formación Grupo Honduras clástico (Fghc).

Según Rogers, D.R (.1992), la intrusión del batolito que forma la Cordillera de Dipilto (Ki) tuvo lugar durante el depósito del Grupo Honduras, ya que el metamorfismo producido en la zona Sur-Este, en contacto con la Cordillera, es contemporáneo al depósito del Grupo Honduras.

Tras un evento transgresivo ocurrido a finales del Cretácico, se depositaron los materiales detríticos de la Formación Grupo Valle de Ángeles (Kva) en ambiente continental, provocando la oxidación de los mismos y su característico color rojizo. Rogers y O'Connors (en prensa) interpretan estos sedimentos como conos aluviales proximales originados en un ambiente tropical.

La rotación del Bloque de Chortis con respecto a las placas Norteamericana y Caribeña provocó la formación del Sistema de Fallas Guayape, con movimiento de cizalla sinestra a comienzos del Terciario. Posteriormente se produjo el levantamiento isostático de Honduras que provocó la formación de fallas extensionales y la instalación de la red fluvial actual.

El resto del Terciario está dominado por eventos volcánicos causados por ese periodo de extensión y por la subducción de la placa de Cocos bajo la Caribeña en la costa Pacífica.

Un gran cantidad de materiales volcánicos ignimbríticos y cenizas fueron depositados en todo Honduras desde la zona centro, formando lo que hoy se denomina la Formación Padre Miguel (Tpm).

Las coladas máficas del Plioceno-Cuaternario fueron el resultado de la explosión freato-magmática de un volcán situado al SO del Valle de Jamastrán (en la cabecera de la Quebrada de San José, dentro de la microcuenca Río Las Laras), dando lugar a depósitos de lahar y coladas basálticas.

Durante el Terciario y el Cuaternario se produce el encajamiento de los ríos, la formación de terrazas, conos aluviales y depósitos fluviales contemporáneamente a la formación tectónica del graben de Jamastrán.

3.- HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

3.1.-INTRODUCCIÓN

La Cuenca del Valle de Jamastrán posee una superficie aproximada de 1500 km², de los cuales 200 Km² forman el Valle de Jamastrán con una longitud de aproximada de 19 Km y una elevación media entre los 400 y 500 metros. Orográficamente el valle se desarrolla al sur entre la Sierra de Dipilto en la frontera con Nicaragua y al norte con las Montañas La Batea, El Pastal, Cuyamapa, Villa Santa, Las Chichimoras y el Cerro El Pajarillo.

Esta cuenca es el área de nacimiento del Río Guayambre que conforma aguas abajo el río Patuca (río más largo y caudaloso de Honduras) que, a su vez, desemboca en el Océano Atlántico. El río Guayambre nace de la conjunción de tres ríos que se unen en el centro del Valle (cerca de la comunidad de La Suiza). El Río Los Almendros (empieza llamándose Vallecillo, luego San Antonio o Abajo y finalmente Los Almendros), con cerca de 54 Km. de longitud, es el más largo de todos ellos; tiene su nacimiento en la montaña de La Batea, al Nor-Oeste de la Cuenca. El Río Hato (que nace con el nombre de Apalí y luego pasa a llamarse Del Hato), nace al Sur-Oeste de la Cuenca, en la Cordillera de Dipilto y tiene unos 48 km. de recorrido. El Río San Francisco nace al sur de la cuenca, en la Cordillera de Dipilto, con un recorrido de unos 35 km y está formado por los cursos Río Manga Izquierda y Río Manga Derecha (La Esperanza).

Otros cursos de agua de la cuenca son el Río Las Laras y las quebradas de El Águila, Honda, Larga y Arriba. (Ver Figura 3.1.)

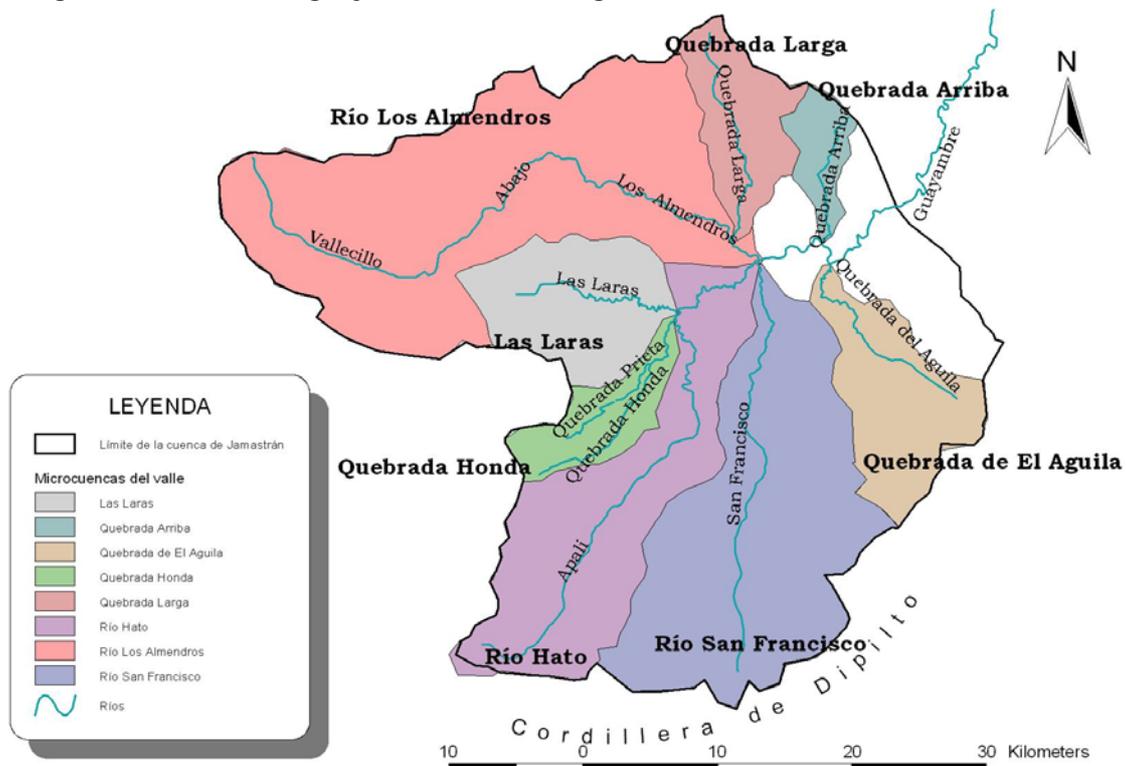


Figura 3.1. Mapa de la situación de las microcuenas que forman la Cuenca del Valle de Jamastrán

MICROCUCENCA	ÁREA (Km ²)	RÍOS	LONGITUD (Km)
Las Laras	124,9	Las Laras	17,9
Quebrada Honda	61,3	Quebrada Honda	18,3
		Quebrada Prieta	9,7
Río Hato	255,4	Del Hato	47,6
Río San Francisco	357,1	San Francisco	34,4
Quebrada de El Águila	121,6	Quebrada del Águila	17,9
Quebrada Larga	82,3	Quebrada Larga	18,5
Quebrada Arriba	35,6	Quebrada Arriba	11,6
Río Los Almendros	478,7	Los Almendros	53,8
CUENCA JAMAISTRÁN	1516,7	Guayambre	93,3

Tabla 3.1. Microcuencas que forman la cuenca del Valle de Jamastrán

3.2.-HIDROGEOLOGÍA

Según el mapa hidrogeológico de Honduras, desde un punto de vista geomorfológico, hidrogeológico y climático, el Valle de Jamastrán, se engloba dentro de los Valles Intramontañosos de Honduras.

En los Valles Intramontañosos se presentan abanicos aluviales formados por depósitos de gravas gruesas, bolones, arenas gruesas y mezcla de capas de grano fino y grueso; y aluviones formados por deposición de arena, grava y limo.

El Valle de Jamastrán está compuesto de depósitos aluviales, detritus al oeste y terrazas aluviales al este compuestos de conglomerados de cuarzo y areniscas silificadas. Hacia el centro del valle el acuífero principal se compone de cantos rodados, grava arenas y otros sedimentos finos, siendo sus fragmentos predominantemente de cuarzo.

El basamento del aluvial de la zona norte del Valle (formado por materiales de la Formación del Grupo Honduras y Formación Valle de Ángeles) es de baja permeabilidad. Las rocas sedimentarias de la Formación Valle de Ángeles compuesto de areniscas, lutitas y limolitas también afloran hacia el centro y noreste del valle, que posiblemente son los que proporcionan alta salinidad al agua de los pozos perforados en sus cercanías. En la zona centro y suroeste se encuentran materiales volcánicos plio-cuaternarios; y al sureste los materiales poco permeables de la Formación Grupo Honduras y las rocas intrusivas terciarias, pero la proximidad al Sistema de Fallas de Guayape puede aumentar la permeabilidad del basamento, creando zonas de flujo preferente o zonas de mezcla de aguas de origen más profundo. Estas hipótesis no han podido verificarse con datos de campo.

En la zona central del valle son comunes las transmisividades del orden de 600 a 1.500 m²/día, indicativo de formaciones de alta permeabilidad. En cambio considerando todos los pozos la transmisividad media es de entre 200 m²/día y 500 m²/día, representativos de formaciones de permeabilidad de media a alta.

En el estudio de TAHAL-GEOCONSULTING (2003) se indica de una forma no muy clara y precisa que se han podido detectar zonas donde el acuífero

funciona como acuífero libre y otras zonas que funciona como semiconfinada, y que ambos casos es posible que los acuíferos tengan aportes de la roca fracturada del basamento.

4.- INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

A lo largo del estudio hidrogeológico que TAHAL-GEOCONSULT realizó en 2003 este generó un inventario completo de los pozos existentes en el Valle de Jamastrán, registrándose alrededor de 200 pozos excavados y 36 pozos perforados. Lamentablemente el ejemplar del estudio que dispone la SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería) y que Geólogos del Mundo ha revisado para realizar este informe, no dispone del inventario completo, ya que esta estaba siendo procesada a un Sistema de Información Geográfica que iba a ser entregada junto el documento final, pero actualmente todavía sigue pendiente de ser entregado. Por ello se ha tenido que realizar un nuevo inventario de pozos. También en visitas realizadas a las oficinas de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de Danlí nos informaron que en el último año se habían perforado unos 20 pozos para riego de los cuales no se ha podido obtener más información.

En el inventario realizado por Geólogos del Mundo se ha recopilado información de 131 pozos de los cuales 93 pozos han sido visitados por técnicos de Geólogos del Mundo y 38 han sido recopilados de la bibliografía. De estos 131 pozos, 44 pozos corresponden a pozos perforados y 87 a pozos excavados o perforados mediante medios mecánicos simples.

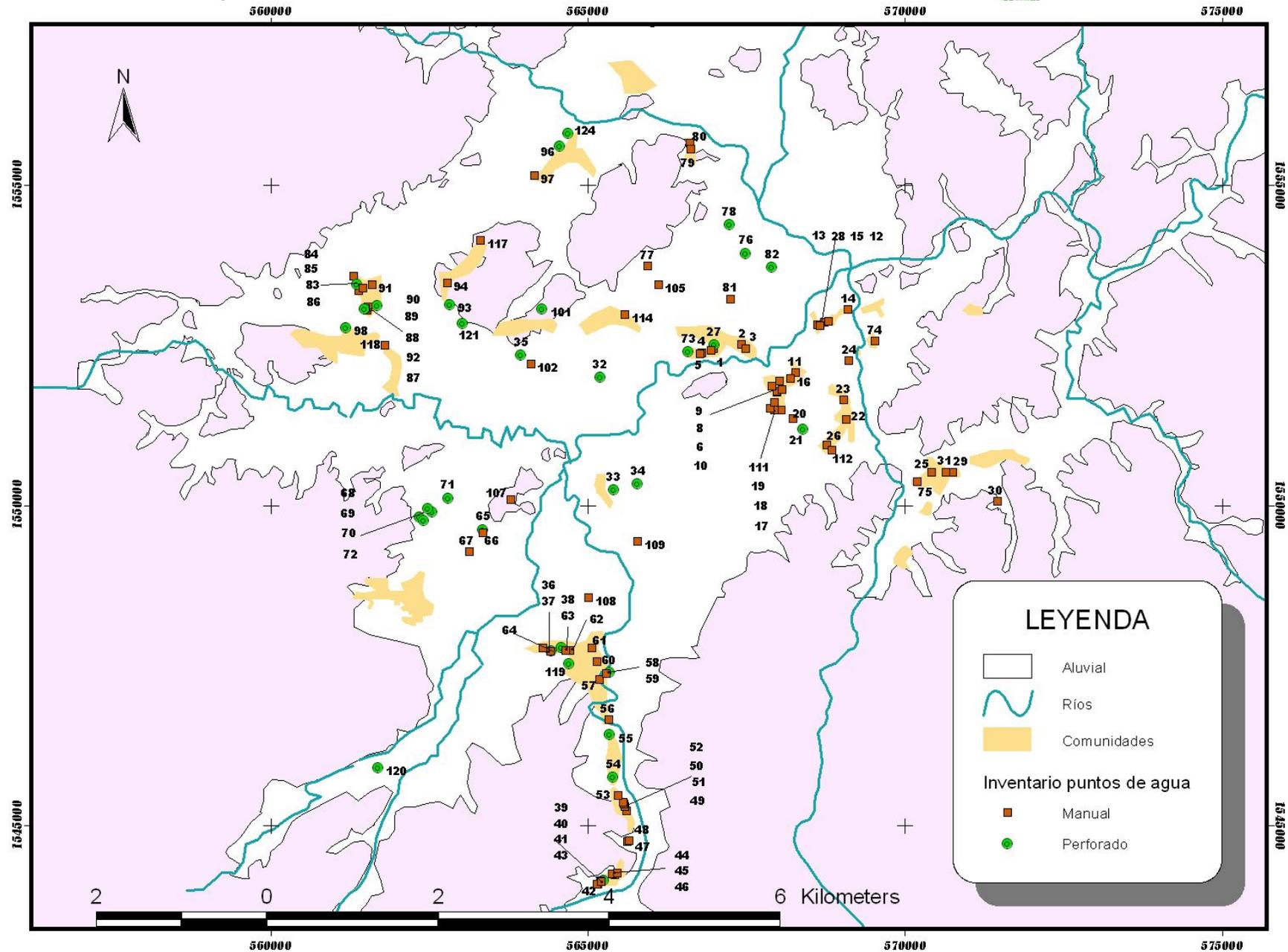
En la Figura 4.1., se muestran la situación de los pozos inventariados en este estudio y el Anexo 1 se recopila la información detallada de cada uno de ellos.

Analizando las profundidades de los pozos inventariados, se observa que el 56 % de los pozos tienen profundidades menores de 30 metros, y que estos corresponden a pozos perforados mediante medios manuales o mecánicos simples, a excepción de dos pozos. Por el contrario los pozos perforados son los que alcanzan mayor profundidad, llegando a alcanzar los 105 metros. (Ver Tabla 4.1.)

Profundidad (m)	Nº de pozo
0 - 15	39
15 - 30	34
30 - 45	18
45 - 60	12
60 - 75	4
75 - 105	6
Sin dato	18
Total	131

Tabla 4.1. Distribución de los pozos inventariados según su profundidad

De los 131 pozos inventariados, 28 pozos no disponen de bomba, 51 tienen bombas manuales, 27 tienen bombas eléctricas sumergibles y de 25 pozos no se dispone de información. De las bombas manuales existentes en el valle las más comunes son la de mecate, la catracha y la Flexi OPS o la Emaflex. (Ver Figura 4.2., 4.3. y 4.4).



Tipo de bomba		Nº de pozo
Eléctrica sumergible		27
Manual	Catracha	14
	Emaflex	30
	Emaflex – Catracha	2
	Mecate	5
Sin bomba		28
Sin información		25

Tabla 4.2. Distribución de los pozos respecto al tipo de bomba existente

Según la Organización Panamericana de la Salud, representación en Colombia, la bomba de mecate tiene como elemento fundamental un mecate autoenlazado o "sinfín", por medio del cual y accionándolo en "circuito cerrado", hace posible mover hasta la superficie porciones continuas de agua. La bomba de mecate se utiliza en pozos comunales o en pozos de uso individual familiar. Esos pozos pueden ser excavados o perforados, pudiendo éstos últimos tener un diámetro mínimo de 100 mm (4"). En cambio la bomba Catracha consiste en un cuerpo metálico, en hierro fundido que se coloca en la parte superior del pozo por medio de la cual se descarga el agua extraída del subsuelo; un cilindro metálico que se coloca bajo el nivel freático, el cual alberga el pistón y la válvula de pie (check). El pistón es movido con la palanca, desde la superficie, ante la acción directa de una varilla de acero. Utiliza tuberías de hierro galvanizado como elementos de impulsión para conducir el agua hasta la superficie. Y por último esta la bomba manual Emaflex, esta bomba se compone de dos mangueras de polietileno (politubo o poliducto) y un agarrador. La de mayor diámetro (25 mm) forma el cilindro o línea de impulsión y la de menor diámetro (12 mm) simultáneamente es el elemento móvil (biela) y el tubo para la salida del agua. Su funcionamiento es parecido al de las bombas de pistón con la única diferencia que el agua se expulsa por la misma "biela". La parte visible de la bomba es la "Te" del agarrador. Esta bomba de fabricación manual, es sencilla y de larga duración. Puede colocarse en pozos con diámetros pequeños como 38 mm.



Figura 4.2. Bomba de Mecate (P-039, Las Crucitas).



Figura 4.3. Bomba manual Catracha (P-074, Zaragoza).



Figura 4.4. Bomba manual Emaflex o Flexi OPS (P-01, El Zamorano).

El abastecimiento mediante pozos es una práctica muy común en el Valle de Jamastrán y esto hace que en casi todas las comunidades del valle se puedan

encontrar pozos de agua. En la Tabla 4.3 se muestra la distribución por comunidad de los pozos inventariados.

Comunidad	Nº de pozos
Angostura	1
Colonia 19 de Abril	1
El Benque	1
El Ovido	1
Ideas En Marcha	1
La Merced	1
Las Selva	1
Los Almendros	1
Rancho Jamastrán	1
San Diego	1
Zaragoza	1
Guanacaste	2
Higueral	2
Las Lomas	2
Los Quebrachos	2
Palmira	2
Argelia	3
El Estero	3
El Noveno Batallón	3
La Angostura	3
La Música	3
Grupo Bienvenido	4
Villa San Jorge	4
El Empalme	4
Zapotillo	4
Chirinas	5
Habillal	5
La Suiza	5
Las Acacias	5
Matasanos	5
Zapotillo	7
El Zamorano	9
Jutiapa	9
Sartenejas	9
Crucitas	10
Santa Rita	10
Total	131

Tabla 4.3. Distribución de pozos por comunidad

5.- PIEZOMETRÍA

Las medidas de profundidad del nivel registradas en los pozos han permitido generar el mapa piezométrico del acuífero y nos ha permitido definir la dirección de flujo principal de las aguas subterráneas. Hay que tener en cuenta que únicamente fue posible medir un dato de nivel piezométrico por cada pozo inventariado y que este fue medido a lo largo de los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre del 2005. A su vez hay que considerar que las cotas a partir de las cuales se ha calculado el nivel piezométrico fueron medidas con GPS convencional, lo que la precisión de la misma no es elevada y en algunos casos genera errores, que han sido depuradas extrapolando la cota topográfica a partir del mapa topográfico 1:50.000 y de valores de cota topográfica de pozos cercanos a éstas. Este ha sido el caso de los niveles medidos en los pozos 1, 2, 36, 37 y 75. El mapa piezométrico generado se puede observar en la Figura 5.1. Esta piezometría puede ser comparada con los mapas piezométricos recopilados en los informes de ALA 86/20 (1990) y TAHAL-GEOCONSULT (2003) (Ver Figuras 5.2. y 5.3 y tabla completa del inventario en el Anexo 1).

En la Figura 5.1. se muestra el mapa piezométrico generado para el acuífero aluvial de Valle de Jamastrán para Junio-Septiembre de 2005. La dirección principal de flujo es hacia el Este, siguiendo la dirección principal de los ríos Almendros, Laras y Hato (aguas abajo del afloramiento de la Formación Padre Miguel). Más en detalle se observa que en la parte Noroeste de Valle de Jamastrán los afloramientos de la Formación Valle de los Ángeles producen la bifurcación del flujo subterráneo, hacia el Noreste y Este. En la zona Suroccidental y central del Valle, el flujo es hacia el Noreste y en cambio en la zona Nororiental el flujo sigue la dirección principal del río Almendros, hacia el Sureste.

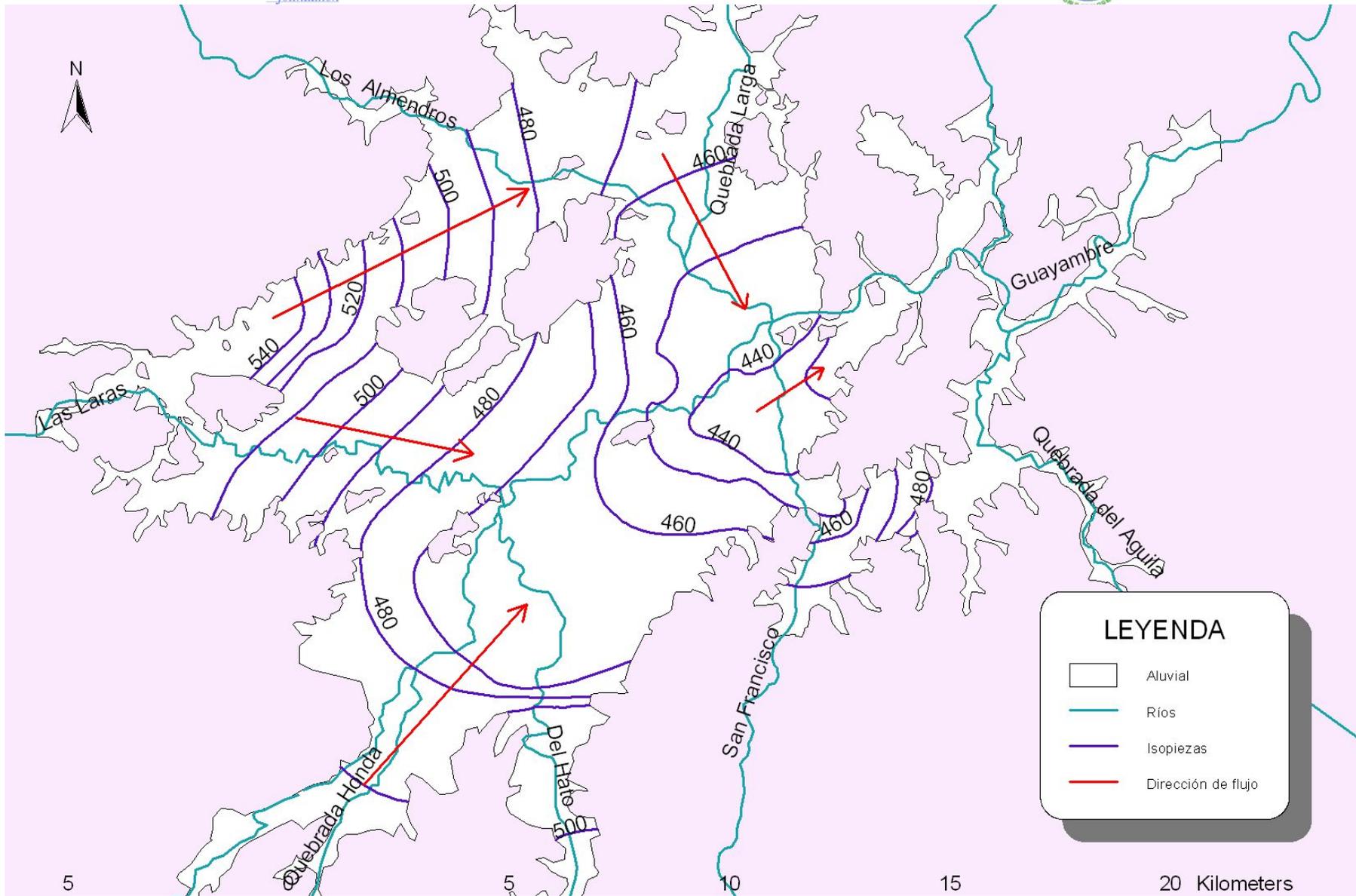


Figura 5.1. Mapa piezométrico del acuífero del Valle de Jamastrán (Junio-Septiembre 2005).

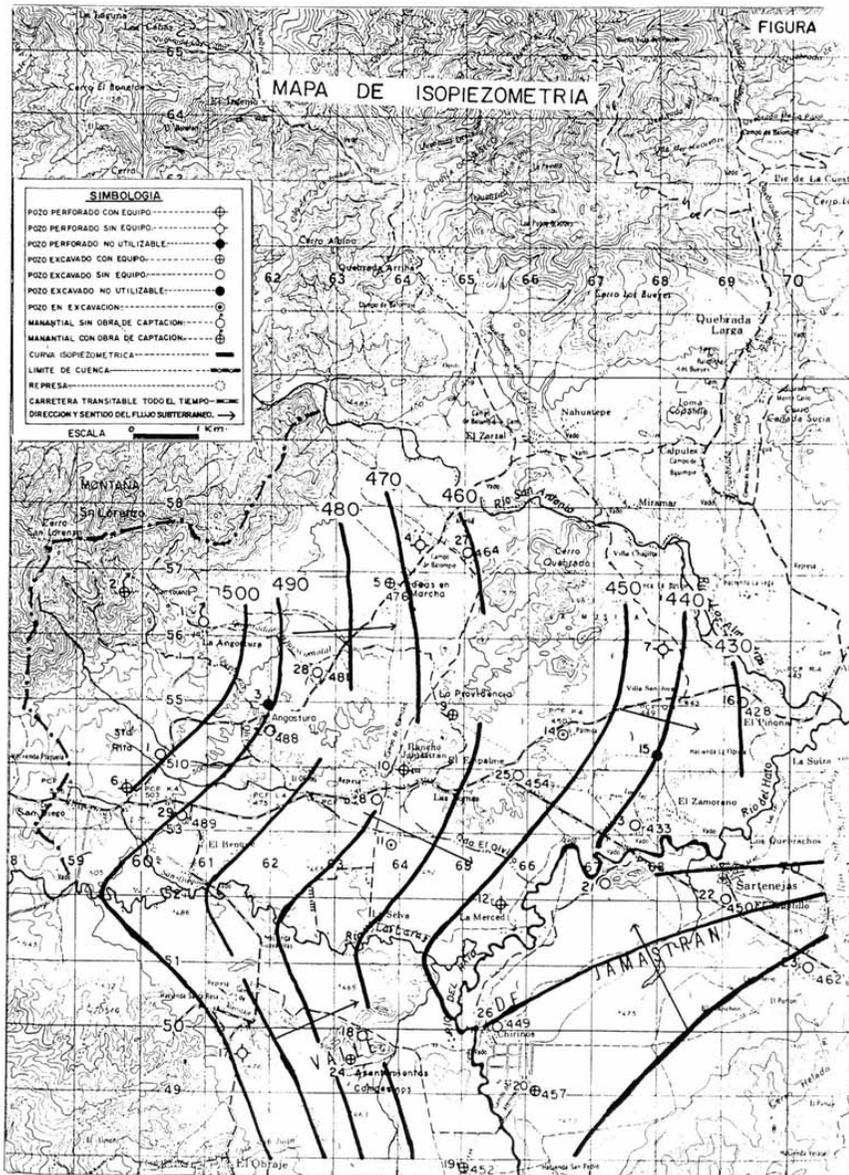


Figura 5.2. Mapa piezométrico para Enero de 1990 (ALA 86/20)

En la Figura 5.2. se observa el mapa piezométrico generado en el informe hidrogeológico del ALA 86/20 para Enero de 1990. El mapa piezométrico muestra que la dirección de flujo principal es hacia el Este, aproximadamente en la misma dirección y sentido que el río Los Almendros. Analizando más en detalle este mapa los autores definen tres direcciones de flujo. La zona situada entre los ríos Laras y Almendros, destacan la bifurcación de la dirección de flujo, y atribuyen este cambio a los afloramientos de la Formación Valle de los Ángeles. La segunda zona se ubica entre el margen derecha del río Las Laras y en el margen izquierdo del río Hato, observándose que la dirección es SO-NE. Y por último describen la zona situada en la margen derecha del río Hato, con una dirección Noroeste.

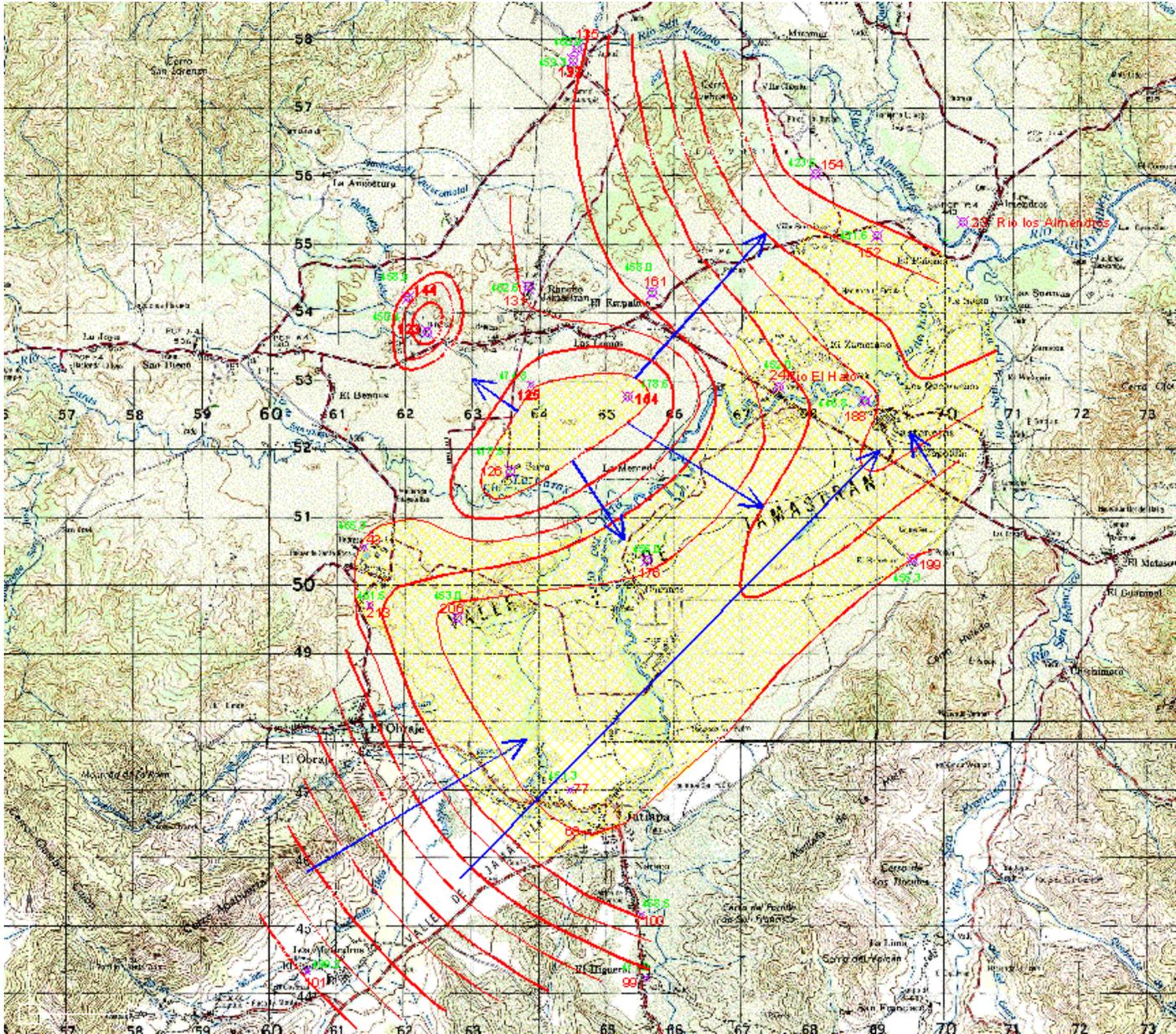


Figura 5.3. Mapa piezométrico del Valle de Jamastrán del 2003 (TAHAL, 2003)

En la Figura 5.3. se muestra la piezometría generada por TAHAL 2003 para el 2003. En ella los autores destacan la presencia de una zona peculiar al Noroeste de la Merced, entre los ríos Almendros y Laras, en que las equipotenciales forman un gran domo que no llega a alcanzar la superficie. Los autores del estudio atribuyen esa anomalía piezométrica a la geología de la zona, concretamente a la presencia de coladas de lavas basálticas y riolíticas que crean un efecto de barrera al flujo del agua subterránea. Pero también indican que esta zona de mayor nivel piezométrico puede ser causado por la presencia de una falla.

Los tres mapas piezométricos descritos anteriormente coinciden en que la dirección principal del flujo es hacia el Este y que esta dirección esta condicionada por los afloramientos de las formaciones Valle de Ángeles y Padre Miguel; que llegan a distorsionarlo. El mapa piezométrico generado en este estudio no ha podido disponer de datos de nivel actuales de la zona de la Merced por lo que no se ha podido estudiar en detalle lo que ocurre en esta zona.

6. HIDROQUÍMICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS

En este apartado se recogen todos los análisis de agua recopilados en los informes de ALA 86/20 (1990) y TAHAL-GEOCONSULT (2003); además del análisis realizado en el pozo P-021 de El Zapotillo. En total se han recopilado 18 análisis de las cuales 16 pertenecen a aguas subterráneas y 2 a aguas superficiales de los ríos Almendros y Hato. Los datos detallados de las analíticas han sido recopilados en el Anexo 2.

6.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS AGUAS ANALIZADAS

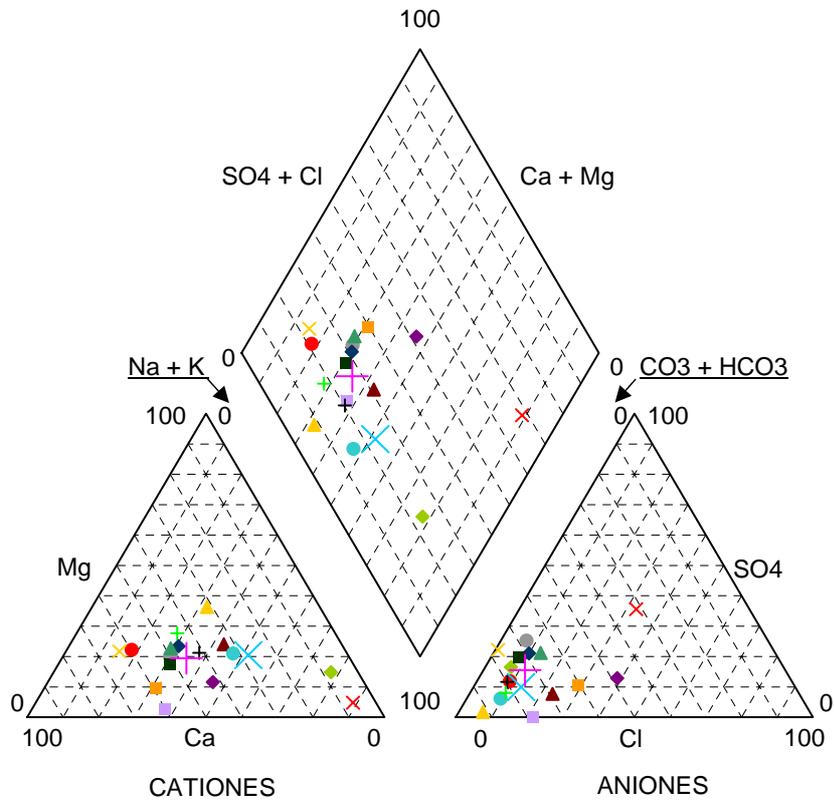
En la Figura 6.1.1 se han representado en un diagrama Piper el resultado de todos los análisis de agua y en ella se observa que la casi la totalidad de las aguas subterráneas del Valle de Jamastrán pertenecen las facies bicarbonatadas cálcicas, a excepción de las muestras de los pozos 69 y 110. Ambas muestras destacan por tener mayor contenido en cationes de sodio y potasio, y el del 110 presenta además un mayor contenido en sulfatos. El pozo P-069 se encuentra en el borde del aluvial en contacto con los esquistos, pizarras, cuarcitas y gneisses paleozoicas de la Formación Cacaguapa. En cambio el pozo P-110 se sitúa en borde del aluvial, en contacto con materiales volcánicos de la Formación de Padre Miguel.

Igualmente si representamos los resultados de cada análisis en diagramas de Stiff, queda evidente la naturaleza bicarbonatada cálcica del agua, pudiéndose observar que las muestras de los pozos situadas en la mitad sur del Valle son más bicarbonatadas que las aguas de la mitad norte y contienen mayor cantidad de sodio. (Ver Figura 6.1.2)

En la Figura 6.1.3 se muestra los valores de temperatura registrados en las aguas de los pozos visitados durante la campaña de inventario de pozos. La temperatura media de las muestras es de 27,5 °C y no se aprecian diferencias notables entre ellas. Únicamente cabría comentar que en dos muestras se midieron valores ligeramente superiores a la media, pero que esta anomalía se atribuye al calentamiento de las conducciones metálicas por las que se extrae el agua del pozo.

Los valores de pH medidos se representan en la Figura 6.1.4. El valor medio del pH en las aguas subterráneas es de 7,4.

DIAGRAMA DE PIPER



- | | | |
|-------|------------|-----------------|
| ● 88 | ◆ 100 | ▲ 116 |
| ■ 117 | × 110 | + 113 |
| ● 115 | ◆ 69 | ▲ 106 |
| ■ 99 | × 103 | + 21 |
| ● 123 | ◆ 122 | ▲ 124 |
| ■ 32 | × Río HATO | + Río ALMENDROS |

Figura 6.1.1. Diagrama Piper de las analíticas recopiladas en la bibliografía y realizadas en este estudio

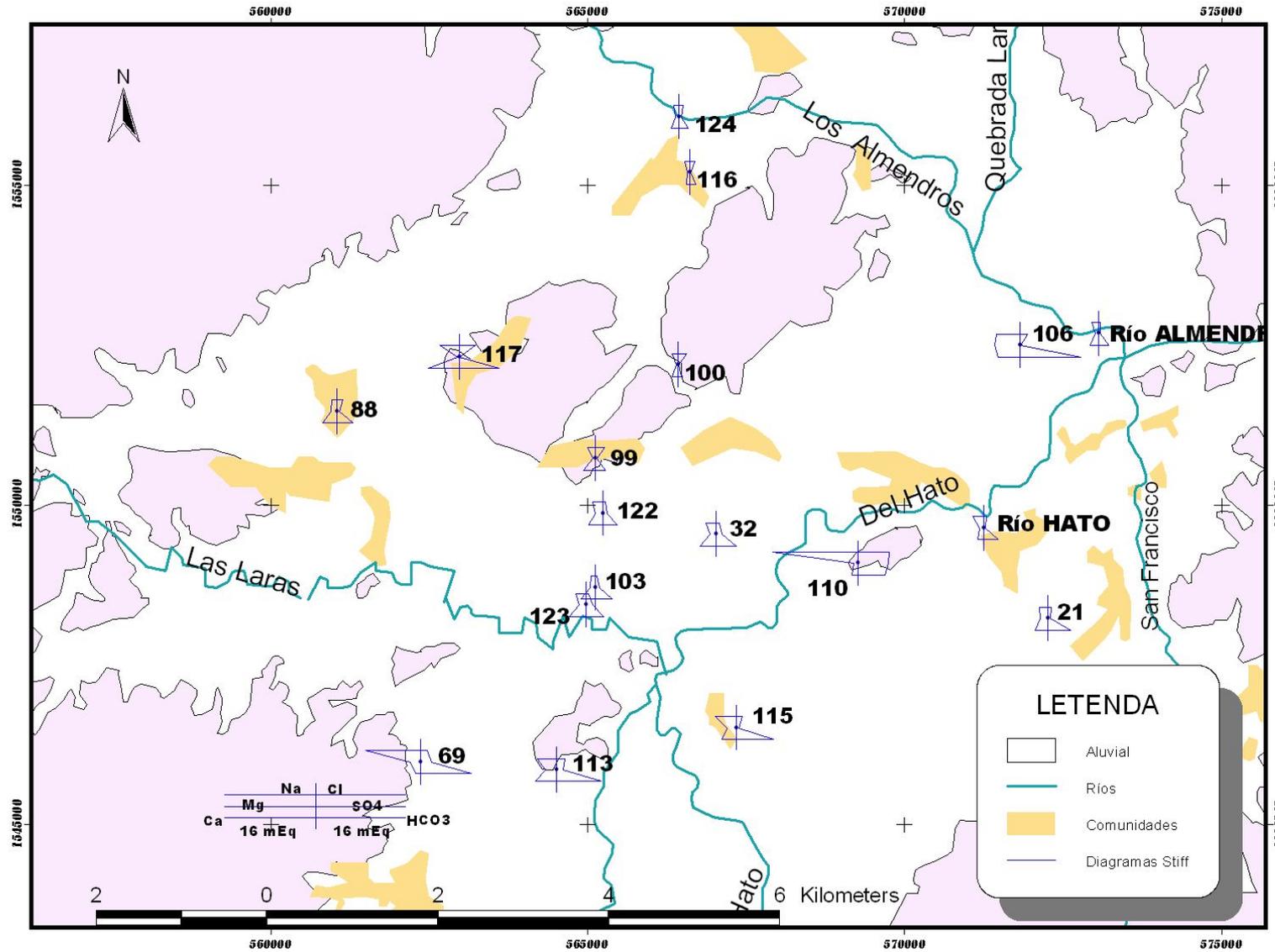


Figura 6.1.2. Diagrama de Stiff.

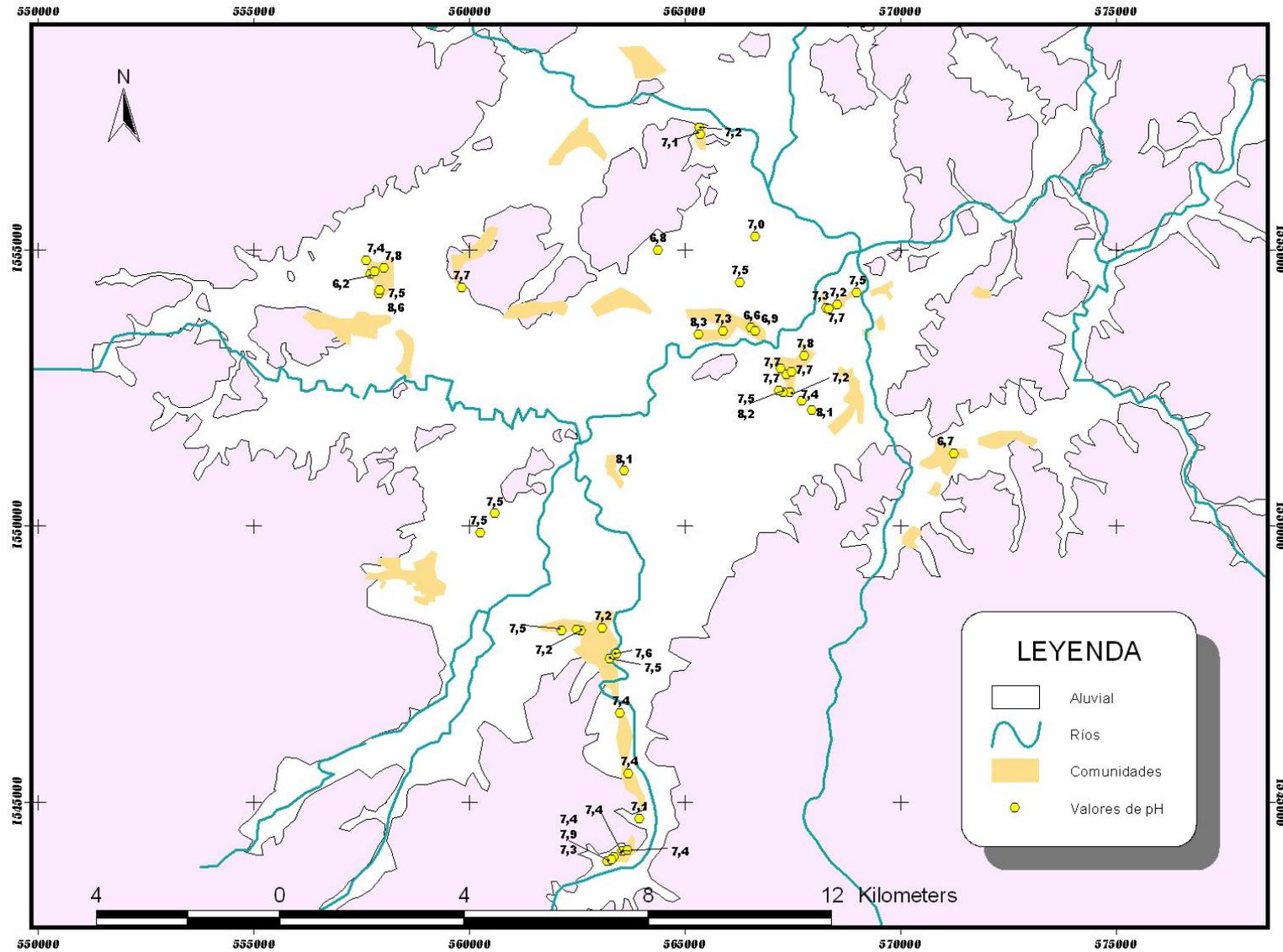


Figura 6.1.4. Mapa de pH medidos en los pozos inventariados (Junio-Septiembre 2005).

Además de la temperatura y pH de las aguas también se midió la conductividad. Si observamos detenidamente los valores de conductividad medidos en los pozos inventariados (Figura 6.1.5), se observa que el valor máximo fue medido en los pozos 2 y 20 de las comunidades de El Zamorano y Zapotillo respectivamente superando los 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en cambio el valor más bajo se midió en el pozo 77 en las inmediaciones del caserío Palmira. Los datos de conductividad medidos muestran que el valor medio de conductividad es de unos 670 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y se aprecia una zona de mayor conductividad (1000-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) que va desde las inmediaciones de Villa San Jorge (al norte de la comunidad de El Zamorano), siguiendo por el Zamorano hasta el sur de la comunidad de Sartenejas. La causa de esta elevada salinidad todavía no está muy clara, pero puede ser debido a la existencia de materiales evaporíticos entre los materiales terrígenos que forman la formación de Valle de Ángeles o a otro tipo de materiales que todavía no se han detectado. Pero tampoco hay que olvidar que este aluvial está situado en una zona estructuralmente muy compleja y que la proximidad de alguna falla pueda poner en contacto aguas más profundas de diferente composición.

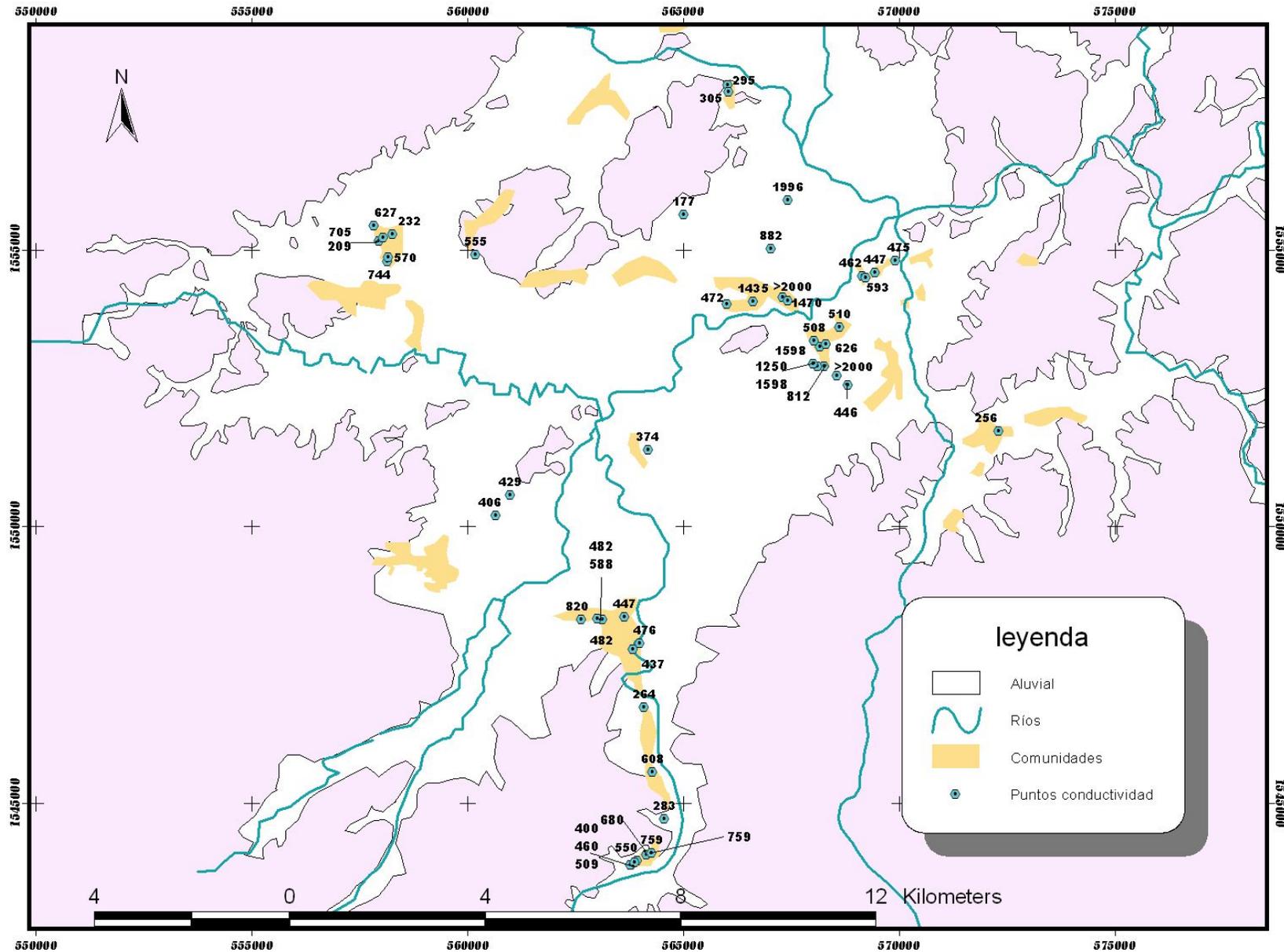


Figura 6.1.5. Conductividades ($\mu\text{S}/\text{cm}$) medidas en a lo largo del inventario de puntos de agua (Junio-Septiembre 2005).

ID	Comunidad	Prof. inicial (m)	Prof. actual (m)	Fecha medición	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	pH	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
1	El Zamorano	35	30	15/06/2005	1435	7,3	27,8
2	El Zamorano	31	27	15/06/2005	>2000	6,6	29,0
3	El Zamorano	26	23,94	15/06/2005	1470	6,9	27,8
6	Sartenejas	24	22,67	15/06/2005	517	7,7	28,3
8	Sartenejas	28	23,1	15/06/2005	626	7,7	27,1
9	Sartenejas	30	19,15	16/06/2005	508	7,7	28,1
11	Los Quebrachos	35	32,72	16/06/2005	510	7,8	27,4
13	La Suiza		16,3	16/06/2005	447	7,2	27,6
14	La Suiza	18		16/06/2005	475	7,5	27,3
15	La Suiza	12		16/06/2005	462	7,3	28,0
17	Sartenejas	19	15,76	16/06/2005	812	7,2	27,1
18	Sartenejas		6	16/06/2005	1250	7,5	28,2
19	Sartenejas		6,06	16/06/2005	1598	8,2	26,8
20	Zapotillo	9		16/06/2005	>2000	7,4	29,2
21	Zapotillo	72	68,4	18/06/2005	446	8,1	27,1
28	La Suiza		20	23/06/2005	593	7,7	27,3
31	Matasanos		22,13	23/06/2005	256	6,7	27,7
33	Chirinas	62		01/07/2005	374	8,1	26,6
37	El Estero		8,2	01/07/2005	820	7,5	27,1
39	Crucitas		35	05/07/2005	550	7,4	26,4
41	Crucitas		18	05/07/2005	400	7,4	26,6
42	Crucitas		18	05/07/2005	460	7,9	27,2
43	Crucitas		19,5	05/07/2005	509	7,3	27,8
45	Crucitas		16	05/07/2005	680	7,4	26,2
46	Crucitas		14	05/07/2005	759	7,4	26,9
48	Crucitas		7,33	05/07/2005	283	7,1	25,7
53	Habillal	25	20,63	05/07/2005	608	7,4	26,6
55	Higueral	50		05/07/2005	264	7,4	26,7
57	Guanacaste	19		05/07/2005	437	7,5	26,7
59	Jutiapa		2,43	05/07/2005	476	7,6	27,8
61	Jutiapa	24	17	05/07/2005	447	7,2	29,2
62	Jutiapa		9,8	05/07/2005	482	7,2	27,4
63	Jutiapa		11,3	05/07/2005	588	7,5	27,5
66	Grupo Bienvenido		4,7	05/07/2005	429	7,5	26,5
67	Colonia 19 de Abril		10,56	05/07/2005	406	7,5	26,9
73	El Zamorano	70		12/07/2005	472	8,3	29,3
76	Villa San Jorge	68		07/09/2005	1996	7,0	
77	Palmira		3,86	07/09/2005	177	6,8	27,9
79	La Música		6,71	07/09/2005	305	7,2	28,0
80	La Música		19,85	07/09/2005	295	7,1	35,1
81	Villa San Jorge		11,56	07/09/2005	882	7,5	28,0
83	Santa Rita		2,53	08/09/2005	209	6,2	27,8
84	Santa Rita		9,34	08/09/2005	627	7,4	25,4
86	Santa Rita		10,71	08/09/2005	705	7,1	24,6
87	Santa Rita		12,7	08/09/2005	744	8,6	26,4
88	Santa Rita		14,63	08/09/2005	570	7,5	27,2

ID	Comunidad	Prof. inicial (m)	Prof. actual (m)	Fecha medición	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	pH	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
91	Santa Rita		16,29	08/09/2005	232	7,8	30,3
93	Angostura	54		08/09/2005	555	7,7	26,4

Tabla 6.1.1. Valores de conductividad, pH y temperatura medidos en los pozos inventariados por Geólogos del Mundo (2005)

6.2. POTABILIDAD DE LAS AGUAS

La normativa técnica que regula la calidad del agua potable en Honduras se resume en la Tabla 6.2.1.

Determ. Físicas	Norma
pH	6,5 - 8,5
CE	400 S/cm
TSD	1000 mg/L
Cationes	(mg/L)
Calcio	100
Sodio	25 - 2000
Magnesio	30 - 50
Potasio	10
Dureza	400 $\mu\text{S/cm}$
Aniones	(mg/L)
Bicarbonatos	
Cloruros	25 -250
Sulfatos	25 -250
Fluoruros	0,7 -1,5

Tabla 6.2.1. Normativa Hondureña que regula la calidad de las aguas potables

La conductividad media de las aguas del Valle superan ligeramente el valor de conductividad exigido para aguas de consumo humano, y existe zonas donde la elevada salinidad del agua hace que el agua no sea apta para el consumo humano ni tampoco para riego.

7.- ESTUDIO GEOFÍSICO

7.1. INTRODUCCIÓN

Durante la realización del proyecto se completó un estudio geofísico en la zona de actuación (comunidades de Matazano, Sartenejas, El Zapotillo, El Zamorano y La Suiza) con el objeto de obtener más información sobre el aluvial y determinar el punto más favorable para la captación de aguas subterráneas en la zona.

El estudio fue realizado por Jorge García Pérez y se llevó a cabo mediante la aplicación del Método de Resistividades Eléctricas, en su variedad de Sondeos Eléctricos Verticales (SEVs). El informe completo se incluye en el Anexo 3.

Descripción básica de método SEV

Como método de Prospección Geofísica, el Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) se utiliza para determinar las estructuras litológicas bajo la superficie así como sus profundidades; se pretende conocer el tipo y número de estratos de distinta composición así como la profundidad a la que se encuentra cada una de ellos, al determinar el valor de sus resistividades eléctricas mediante la aplicación de corriente continua en el subsuelo.

El método consiste en clavar en el suelo unos electrodos a lo largo de una línea recta y simétricamente con respecto a un punto central (centro del sondeo eléctrico). Por dichos electrodos se hace circular una corriente eléctrica cuyo valor es medido, que fluirá por el subsuelo. Cuanto más separados estén dichos electrodos, el flujo de corriente circulará a mayor profundidad, alcanzando capas cada vez más profundas.

Foto 7.1.1.- Instalación de los electrodos para el SEV-02



Al hacer circular corriente en el terreno se mide simultáneamente el valor de dicha corriente y el del potencial eléctrico que aparece entre los electrodos.

Tras la interpretación de los valores obtenidos en campo, que se realiza mediante programas informáticos diseñados para ello o mediante ábacos, se obtiene el número de capas, el tipo de roca que constituyen a dichas capas y los espesores de las capas y, por tanto, sus profundidades.



Foto 7.1.1.-Mediciones en el SEV-06

7.2. ESTUDIO GEOFÍSICO DE LA ZONA DE SARTENEJAS, VALLE DE JAMASTRÁN.

Se realizaron un total de diez (10) SEVs. Dichos SEVs se han distribuido de la manera más homogénea posible por toda la zona de estudio, aprovechando la existencia de caminos rectilíneos que han facilitado una correcta extensión de las alas. Las posiciones de los sondeos eléctricos y las trazas de los perfiles se reflejan en el mapa de situación (figura 7.2.1).

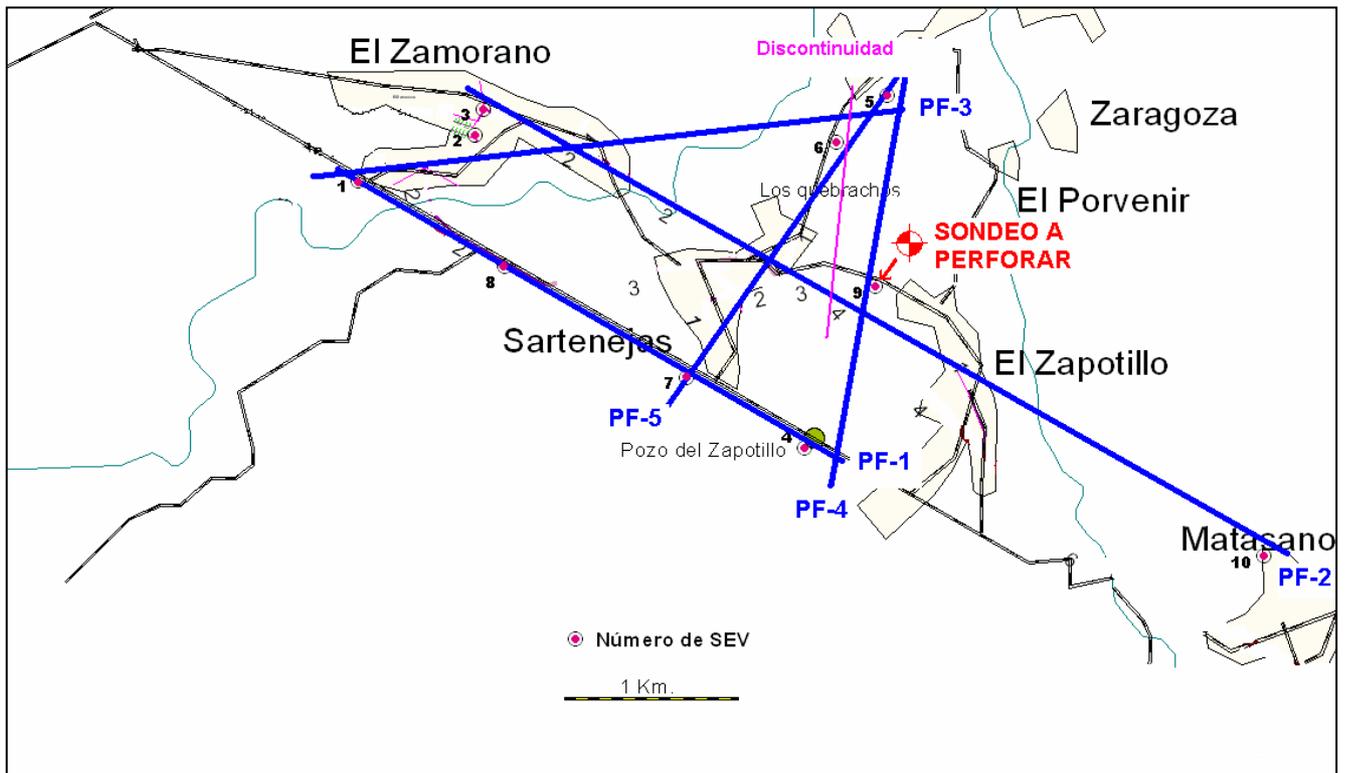


Figura 7.2.1. Mapa de situación de los SEVs y de los perfiles (PF).

La longitud de ala (extensión máxima de uno de los electrodos de corriente) de los sondeos eléctricos realizados ha sido de 445 m. en todos ellos, excepto en los SEVs 2 y 5 que ha sido de 190 m., en el SEV-6 de 250 m. y en el SEV-10 de 130 m., debido a la falta de espacio para la extensión de los cables. Con estas extensiones de ala se ha conseguido una profundidad de investigación suficiente para determinar la distribución de las capas que constituyen el acuífero que se pretende explotar en la zona.

Todos los SEVs se han emplazado a lo largo de direcciones rectilíneas para facilitar la realización de correlaciones entre ellos tras ser interpretados, con el objeto de trazar perfiles litoeléctricos y obtener un modelo de la distribución de las distintas capas litológicas en el subsuelo.

Interpretación de los SEVs

En la interpretación de los datos de campo se ha utilizado el Programa *RESIX-PLUS (Versión 2.42) de INTERPEX*. Dicho programa constituye un método numérico de interpretación de Sondeos Eléctricos Verticales, mediante el cual se genera un modelo sintético (curva teórica) constituido por unas determinadas capas de resistividades y espesores concretos y basado en la curva obtenida en campo. Como paso siguiente se procede al reajuste de la curva teórica a la curva de campo (proceso inverso) mediante sucesivas iteraciones, hasta obtener un resultado acorde con las características geológicas del terreno.

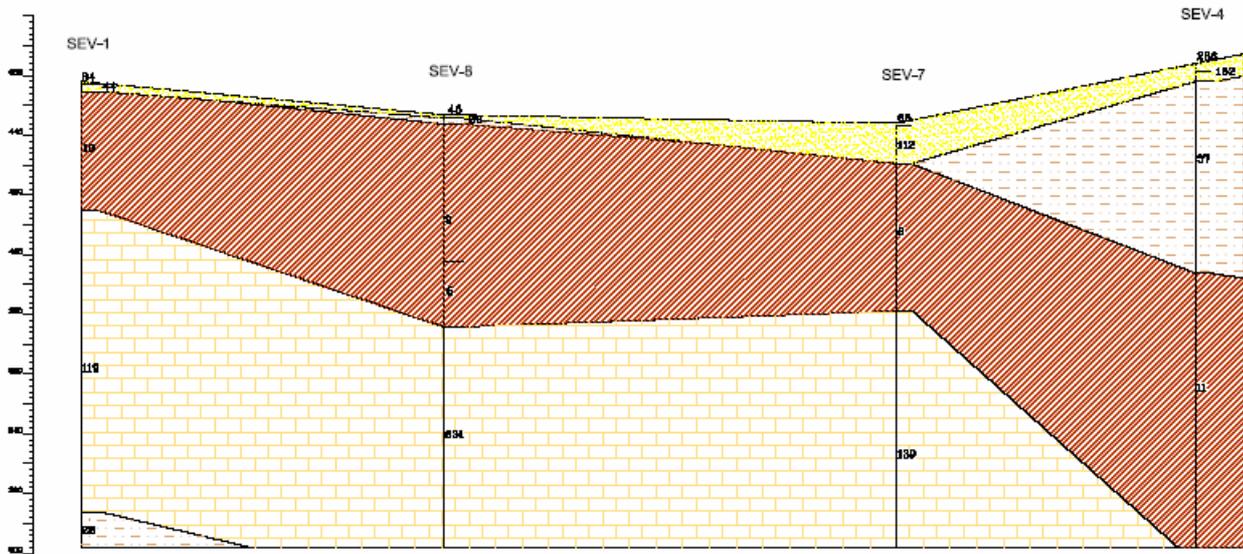
También se ha empleado el método del *Punto Auxiliar* (mediante ábacos) en la interpretación de los SEVs, para corroborar los resultados arrojados por el mencionado programa, comprobándose que dichos resultados son similares para todos los SEVs.

De las curvas de SEV obtenidas de la interpretación de los sondeos eléctricos mediante el citado programa (para ver el informe completo, consultar el Anexo 3) se ha establecido un modelo de distribución de capas o columna lito-eléctrica (equivalente a columna estratigráfica) que se obtiene tras la interpretación de los datos con respecto a dos sondeos perforados con anterioridad en la zona de estudio (P-021 y P-027). En dicha columna se representan las capas detectadas en profundidad, y se por el valor de su resistividad eléctrica.

Tras la interpretación de cada uno de los SEVs se han realizado cinco perfiles (PF-1 a PF-5) uniendo grupos de SEVs alineados, con el fin de llevar a cabo correlaciones de capas entre ellos. Dichos perfiles se adjuntan en las páginas siguientes y en ellos se refleja la distribución de capas obtenida de los SEVs.

PERFIL PF-1

Prof (m.s.n.m)



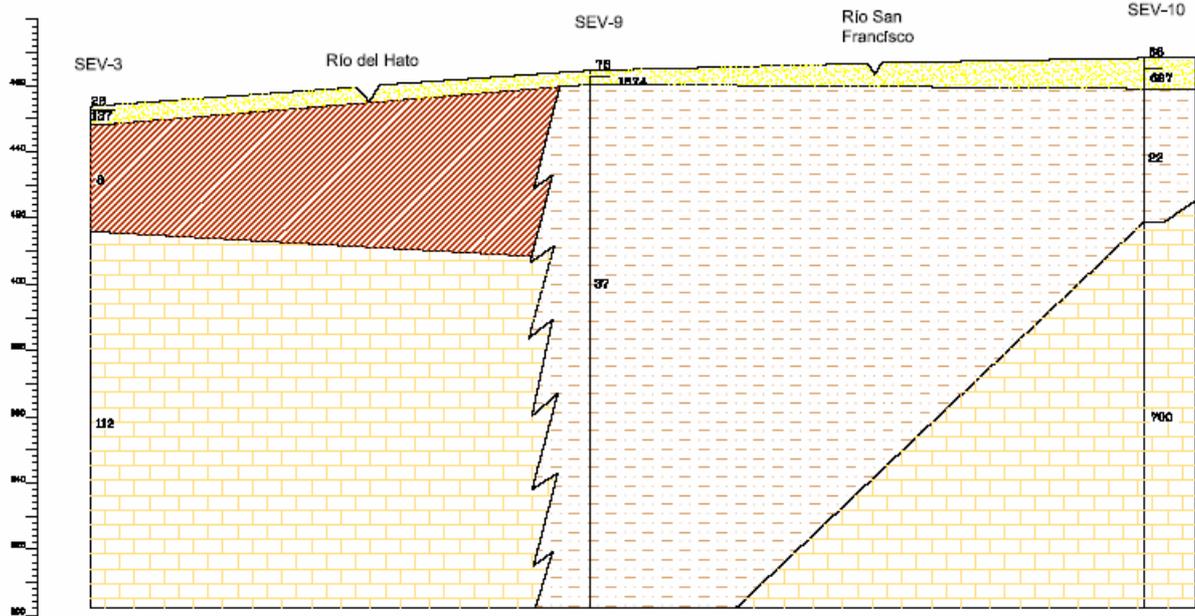
Legenda:

-  Resistividad correspondiente a Lino con Arena
-  Resistividad correspondiente a Arcilla Arenosa
-  Resistividad correspondiente a Arcilla
-  Resistividad correspondiente a Caliza



PERFIL PF-2

Prof (m.s.n.m)



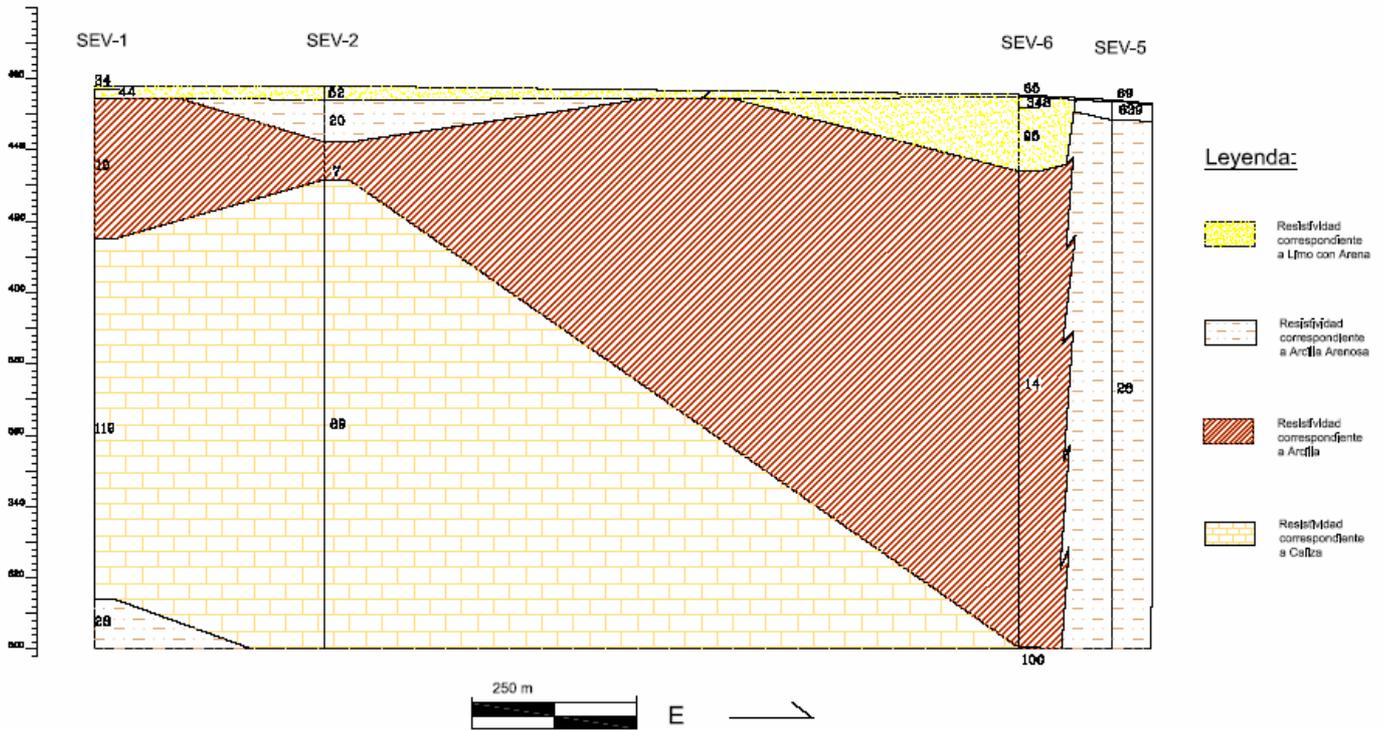
Legenda:

-  Resistividad correspondiente a Lino con Arena
-  Resistividad correspondiente a Arcilla Arenosa
-  Resistividad correspondiente a Arcilla
-  Resistividad correspondiente a Caliza
-  PUNTO RECOMENDADO DE PERFORACIÓN DEL SONDEO



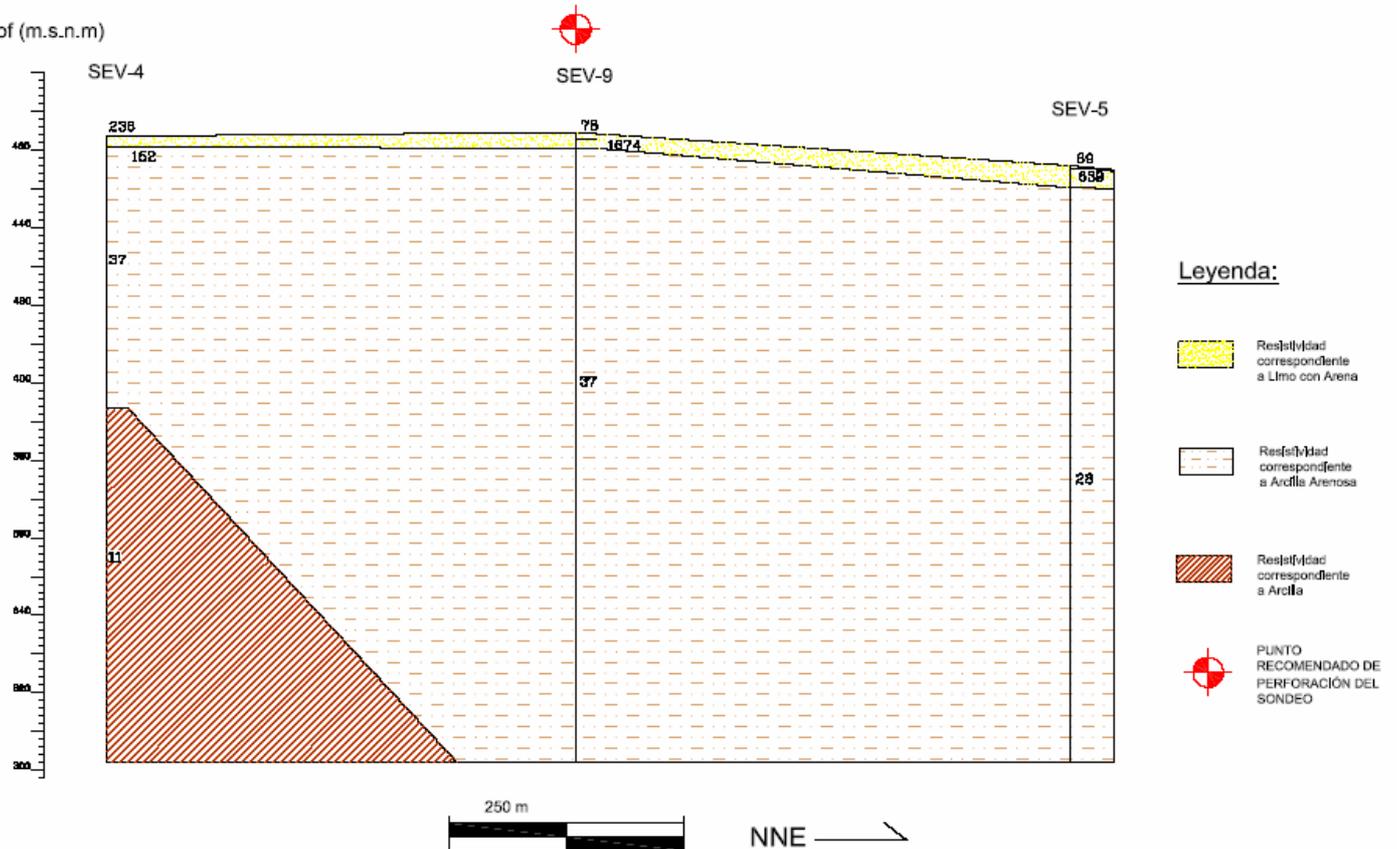
PERFIL PF-3

Prof (m.s.n.m)



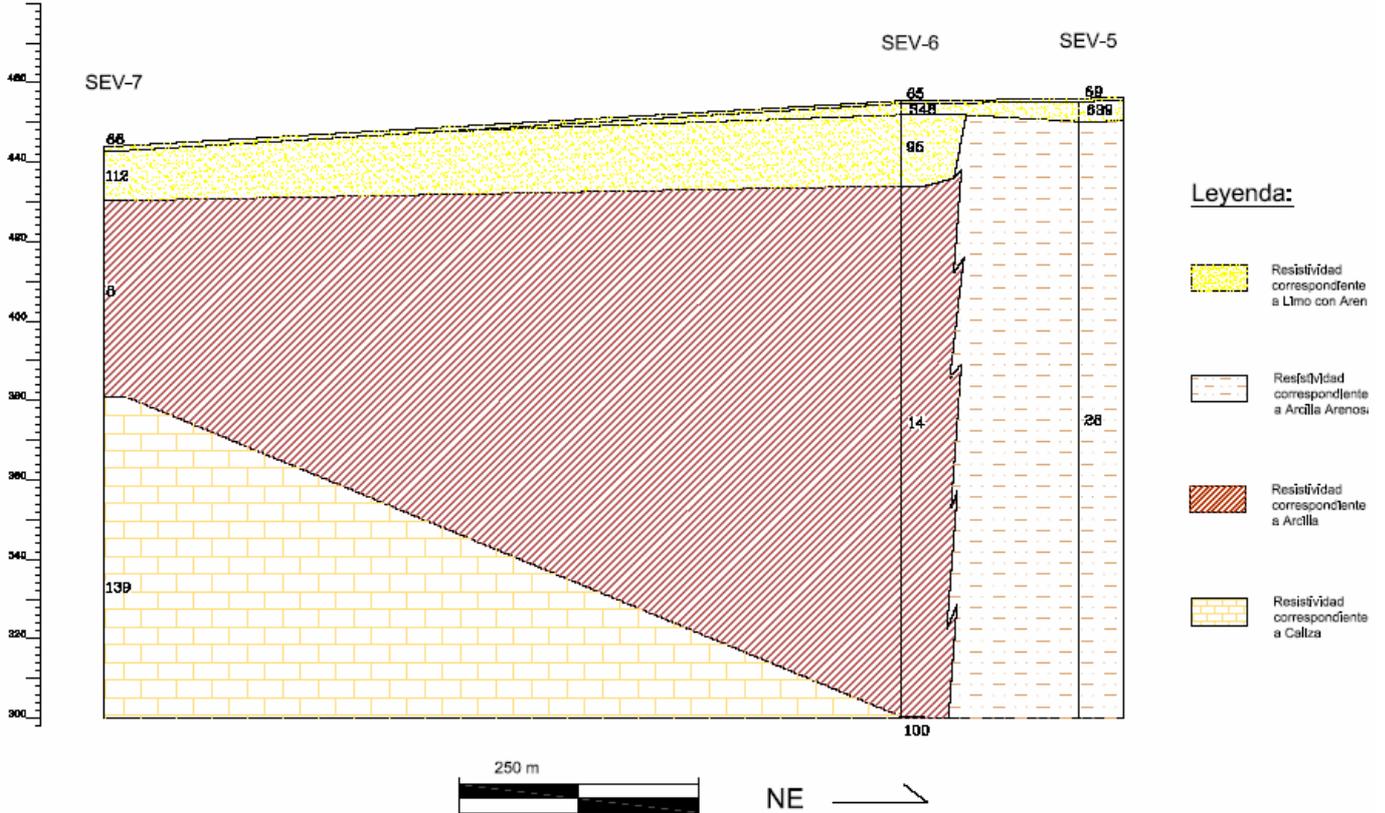
PERFIL PF-4

Prof (m.s.n.m)



Prof (m.s.n.m)

PERFIL PF-5



Análisis de los resultados de la interpretación

Como se puede deducir del examen de los perfiles obtenidos, tras la correlación de los sondeos eléctricos, el subsuelo de la cuenca presenta, de menor a mayor profundidad, tres zonas bien diferenciadas, según sus valores de resistividad eléctrica:

- Una franja superficial de resistividad muy variable, entre 50 y más de 1000 $\Omega\cdot m.$, con una media aproximada de entre 150 y 300 $\Omega\cdot m.$ y de espesor también variable, que oscila entre 5 y 15 m. Esta capa está compuesta probablemente por unos limos con arena y/o grava. En algunos SEVs se registran valores muy altos de resistividad y poco espesor como primera capa, correspondiendo a la capa de relleno del camino sobre el que se han realizado.

- Una capa de unos 8 a 10 $\Omega\cdot m.$ de resistividad media y cuya potencia, que oscila entre 20 y 60 m., se incrementa considerablemente hacia el Este de la zona de estudio, donde llega a alcanzar más de 150 m.. A juzgar por los valores bajos de resistividad, esta capa debe de estar constituida por unas arcillas o limos arcillosos.

- Una capa de 150 $\Omega\cdot m.$ de resistividad media cuyo espesor alcanza entre 90 y más de 120 m. hacia el extremo Oeste del área de estudio. Se le atribuye a dicha capa una naturaleza calcárea.

- Una zona de unos 35 Ω ·m. de resistividad media que aparece en los perfiles intercalada bien entre la capa superficial de limos con arena o grava y las arcillas, bien entre aquellas y las calizas, alcanzando una considerable potencia en la parte Este de la zona, especialmente a lo largo de la traza del perfil PF-4 (puntos de SEV 9 y 5). Esta zona debe corresponder a unas arcillas arenosas o arenas arcillosas y parece ser la capa productiva del Sondeo de EL ZAPOTILLO (P-021), al que se ha hecho referencia más arriba.

A continuación se presenta un cuadro resumen de la distribución de las litologías registradas en el estudio geofísico, de menor a mayor profundidad.

Tabla 7.2.1.-Distribución de litologías

Capa	Litología	Resistividad	Espesor
1	Limos con arena o grava	Entre 150 y 300 Ω ·m.	Entre 5 y 15 m.
2	Arcillas o limos arcillosos	Entre 8 y 10 Ω ·m.	Entre 20 y 60 m.
3	Calizas compactas	150 Ω ·m. de resistividad media	Entre 90 y 120 m. en el W.
4	Arcillas arenosas / Arenas arcillosas	35 Ω ·m. de resistividad media	Muy variable

A la vista de la distribución de las litologías en los perfiles realizados, se deduce que las capas se distribuyen generalmente de manera estratificada en la zona de estudio. Sin embargo, se observa que en perfil PF-2 la capa de arcillas arenosas o arenas arcillosas (capa 4 en la tabla 7.2.1) presenta una clara discontinuidad lateral hacia el lado NW del SEV-9. Asimismo, en el perfil PF-3 también se aprecia dicha discontinuidad entre los SEVs 6 y 5, apareciendo en ambos casos un contacto lateral con las capas estratificadas. Esta discontinuidad coincide con el trazado de una falla localizada con la foto satélite (ver Figura 2.3.2: Falla situada entre las comunidades de Sartenejas y La Suiza y también entre las comunidades de Sartenejas y El Zapotillo). Es posible establecer una lineación en planta entre el lado NW del SEV-9 y un punto intermedio del los SEVs 6 y 5 (ver Figura 7.2.1).

Generalmente, desde el punto de vista hidrogeológico, son las zonas más resistivas las que presentan mayor interés de cara a la explotación de aguas subterráneas, al corresponder con materiales más arenosos o al tratarse de rocas cristalinas fracturadas siendo, por tanto, más permeables. En el presente caso, son las arcillas arenosas / arenas arcillosas las más favorables, aunque su resistividad no es muy elevada (en torno a 35 Ω ·m.); una baja resistividad también puede indicar un terreno muy saturado en agua. En cualquier caso, unos materiales que contienen mezcla de arcilla y arena suelen resultar productivos, a pesar de ser semipermeables.

Es posible que las calizas registradas a mayor profundidad también resulten, en ciertas zonas, permeables y productoras de aguas, si poseen un cierto grado de fracturación.

Conclusiones

En resumen y según los resultados obtenidos de la interpretación de los sondeos eléctricos, se deduce que el lugar más favorable para la perforación de un sondeo de captación de aguas subterráneas es el punto de realización del SEV-9 (ver figura 7.2.1) ya que es aquí donde se registra un mayor espesor de la capa de arcillas arenosas / arenas arcillosas, que se estima como productiva desde el punto de vista hidrogeológico. Asimismo, si se observan los perfiles PF-2 y PF-4, se puede apreciar la existencia de una zona de concavidad de la capa de calizas y de arcillas, respectivamente, hacia la zona del SEV-9, lo que hace suponer una posible circulación de agua hacia esta zona.

Por otra parte, el sondeo de El Zapotillo, perforado muy cerca del SEV-4, donde se registran las arcillas arenosas / arenas arcillosas, ha sido aforado con un caudal de 12 l/Seg., teniendo su tramo de filtro instalado en estas arcillas arenosas.

Teniendo en cuenta lo expuesto se recomienda la perforación de un sondeo de investigación en un punto situado lo más cerca posible del SEV-9. Este punto aparece indicado en los perfiles PF-2 y PF-4 así como en la figura.- 7.2.1.

7.3. OTROS ESTUDIOS GEOFÍSICOS

El proyecto realizado por el consorcio Tahal-Geoconsult en el año 2003 realizó un estudio de geofísica para indentificar el estrato de aluviones para el acuífero explotable objeto de su estudio. Se hizo por determinación de parámetros geofísicos y por correlación con conocimientos de la estructura estratigráfica, litológica e hidrogeológica previos.

Las investigaciones que se realizaron fueron por sísmica de refracción y SEV en la zona de Chirinas-Sartenejas y un ensayo en Las Lomas-La Merced. Se ubicaron 5 bases de sísmica y 6 SEVs.

Los resultados han sido tomados en cuenta para la elaboración de este estudio.

8. PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Los valores de parámetros hidráulicos (transmisividad y coeficiente de almacenamiento) recopilados en este estudio han sido obtenidos de los estudios hidrogeológicos anteriores y de los ensayos de bombeo realizados a lo largo de este estudio. (Ver Tabla 8.1, Figura 8.1 y Anexo 3 y 15).

- Parámetros procedentes de estudio anteriores

Los parámetros hidráulicos recopilados en la bibliografía proceden de informes técnicos de pozos perforados por el programa ALA 86/20, de ensayos de bombeo realizados por la Cooperación Técnica Británica encontrados en el Estudio Hidrogeológico del Valle de Jamastrán (Proyecto ALA 86/20, 1990) y de los ensayos de bombeo realizados dentro del Proyecto Agrícola Bajo Riego en el Valle de Jamastrán (2003).

- Datos generados

A lo largo del estudio hidrogeológico se realizaron ensayos de bombeo en los pozos nº 21 y 73, situados en la comunidad de Zapotillo y comunidad de El Zamorano respectivamente. Los parámetros hidráulicos obtenidos de la interpretación de los ensayos de bombeo se recogen en la Tabla 8.1 y Anexo 4 y 5.

En la zona central del valle (entre las comunidades de Las Lomas, El Empalme y Chirinas) son comunes las transmisividades más elevadas con valores del orden de 600 a 1500 m²/día. En cambio los valores más bajos aparecen en las inmediaciones de la comunidad de Jutiapa con transmisividades entre 100 y 200 m²/día y al norte y noreste del valle (Santa Rita, La Angostura, El Empalme y El Zamorano) con valores entre 50 y 100 m²/día. En cambio al Este del valle, en las inmediaciones de la comunidad de El Zapotillo, se han medido valores un poco más elevado con valores de unos 500 m²/día.

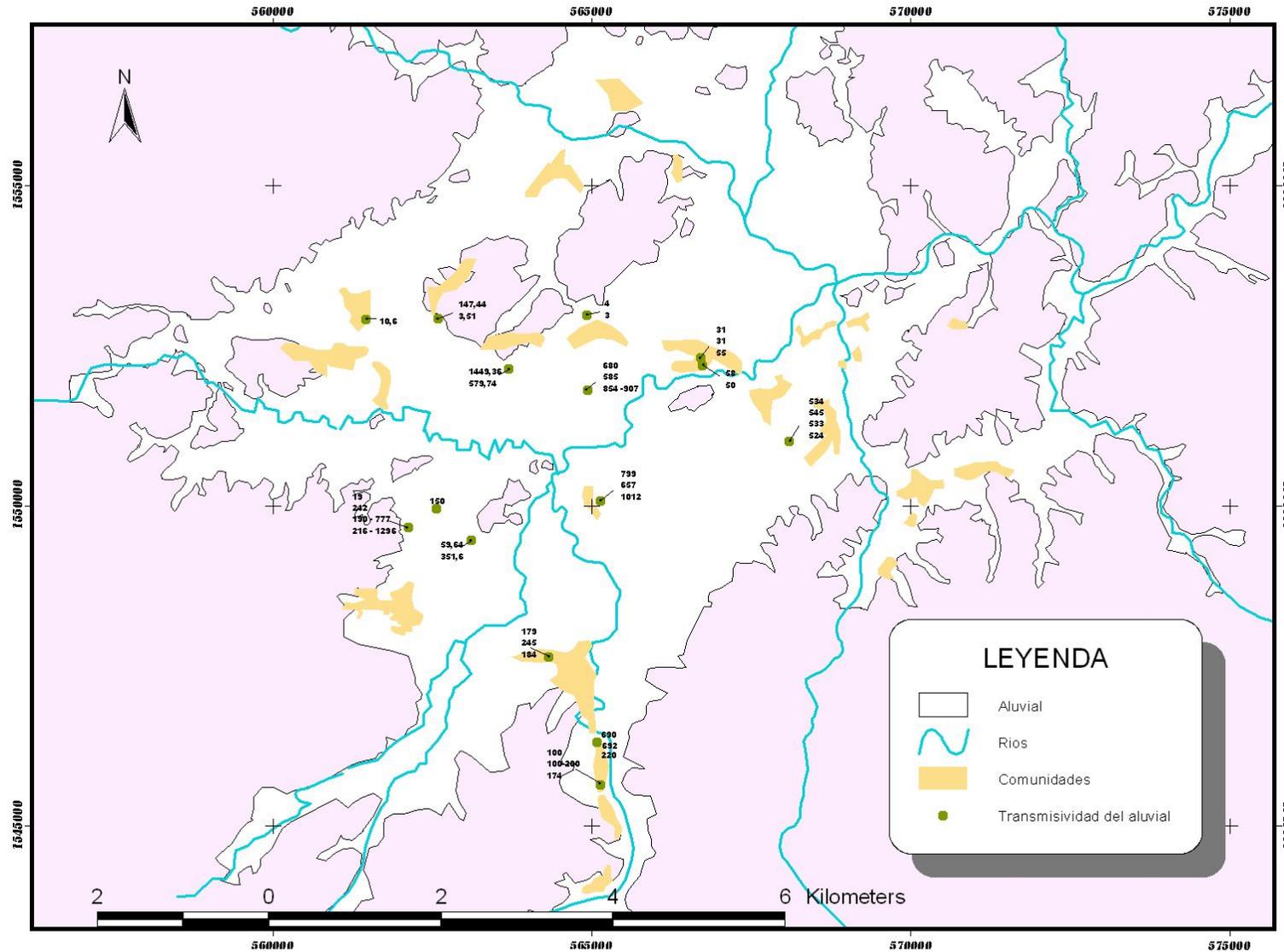


Figura 8.1 Situación de valores de transmisividad recopilados y generados en este estudio

Id	Pozo	Fecha	Ensayo escalonado			T (m ² /día)	Ensayo Larga duración			T (m ² /día)	S	Observaciones de los autores	Referencia
			L/s	Min	descenso total (m)		L/s	Horas	descenso total (m)				
54	El Habillal y Las Crucitas (nº 36)	sep-93	0,71	60	13,77		2,2	47	2,33	100 - 200			ALA 86/20
			1,22	60									
			1,83	60									
			2,75	60									
			3,67	30									
Recuperación			100			Recuperación			174				
21	El Zapotillo (nº40)	mar-94	1,63	60	0,71		6,29	48	1,2	524			ALA 86/20
			2,89	60									
			6,67	60									
			Recuperación										
27	El Zamorano (nº 37)	nov-92	1,13	60	5,7		1,77	48	3,25	31			ALA 86/20
			2,32	60									
			3,67	60									
			Recuperación										
33	Chirinas (nº 14)	mar-92					7,07	26	6,85	799			ALA 86/20
			Recuperación			657							
32	El Empalme (nº 20)	may-92					6,47	23	0,96	680			ALA 86/20
			Recuperación			585							
131	El Empalme (nº 15)	mar-92					1	47	27,98	4			ALA 86/20
			Recuperación			3							

Id	Pozo	Fecha	Ensayo escalonado			T (m ² /día)	Ensayo Larga duración			T (m ² /día)	S	Observaciones de los autores	Referencia											
			L/s	Min	descenso total (m)		L/s	Min	descenso total (m)															
35	Las Lomas (nº 16)	mar-92	3,38 - 4,78	30	8,8	1449,36						Alta permeabilidad (Acuífero bueno)	ALA 86/20											
			5,5 - 5,37	1105																				
			7,33	1505																				
			Recuperación											579,74										
65	Cooperativa 19 de abril / Los Bienvenidos (nº 17)	abr-92	5,24	25	8	59,64						Muy pequeña permeabilidad (acuífero muy pobre)	ALA 86/20											
			5,5	135																				
			0,88	260																				
			6,47	2520																				
			Recuperación											351,6										
93	La Angostura (nº 18)	abr-92	2,39	20	41,22								ALA 86/20											
			2,14	10																				
			2,12	30																				
			0,92 - 2,29	270																				
			1,52 - 1,64	2520	42,13																			
			Recuperación																				147,44	
			2	50																				
			1,64 - 1,86	1390																				
Recuperación			3,51																					
92	Santa Rita (nº 19)	may-92	0,94 - 1,61	1680	21,48								ALA 86/20											
			Recuperación											10,6										

Id	Pozo	Fecha	Ensayo escalonado			T (m ² /día)	Ensayo Larga duración			T (m ² /día)	S	Observaciones de los autores	Referencia
			L/s	Min	descenso total (m)		L/s	Min	descenso total (m)				
38	Estero (Jutiapa) nº 34	ago-93	0,88	270	2,09		5,12	48	1,93	245		Borde permeable suministra casi instantáneamente grandes volúmenes de agua.	ALA 86/20
			1,95	270			Recuperación	184					
			4,23	270									
			7,33	270									
			Recuperación				179						
55	Barrio El Guanacaste de Jutiapa y El Higueral (nº 35)	ago-93	1,05	120	1,06		4,15	48	0,6	692			ALA 86/20
			2,2	120			Recuperación	220					
			4,15	120									
			7,33	120									
			Recuperación				690						
69	nº 17	oct-85					3,2	72	3,745	19	0,01	Constituye un acuífero pobre; el marcado cambio de pendiente puede ser debido, entre otros, a la proximidad del basamento	Cooperación Técnica Británica - Recursos Naturales (1983-1985) encontrado en ALA 86/20
	Piez. a 24,85m						3,2	72	0,419	190 - 777			
	Piez. a 39,55m						3,2	72		216 - 1296			
78	Nº 7	oct-85					1,75	72	0,295	1383 - 2765	0,0004	Acuífero regular a bueno	
	Piez. a 50,5						1,75	72	0,055	1815			
	Recuperación								1815				
131	Nº 5	nov-85					1,99	3240	0,77	1642		Acuífero regular a bueno; aparentemente esta zona presenta las mejores condiciones de las zonas estudiadas (no se su localización)	
	Piez. a 19,60m						Recuperación			1037			
							1,99	3240	0,04	2074			
			Recuperación							2074			

Id	Pozo	Fecha	Ensayo escalonado			T (m ² /día)	Ensayo Larga duración			T (m ² /día)	S	Observaciones de los autores	Referencia	
			L/s	Min	descenso total (m)		L/s	Min	descenso total (m)					
103	Nº 12	dic-85					0,8	48	16,16			Acuífero regular a bueno, Fuertes pérdidas de carga en el pozo		
	Piez. a 25m						0,8	48	0,05	631				
							Recuperación			484				
32	Nº 164					4,58		0,46	854 - 907		Proyecto Agrícola Bajo Riego en el Valle de Jamaistrán			
33	Nº 176					5,75		0,96	1012					
124	Nº 135					12,5		2	641					
122	Nº 125					11,5		29,43	522					
123	Nº 126					6,72		14,9	626					
71	Las Acacias	2003	11,36	60	12,8		14,6	24	7,75	150				
			18,3	60	14,33									
			18,93	120	14,63									
			Recuperación											
21	Zapotillo	jul-05				11,9	24	2,7	534			Presente Estudio		
						Recuperación			431					
73	Ronny Gill	sep-05					5,34	300 min	4,22	58			Presente Estudio	
							Recuperación			50				

Nota: Valores en rojo, interpretación realizado por Geólogos del Mundo; Piez. = piezómetro

Tabla 8.1 Resumen de los parámetros hidráulicos recopilados en la bibliografía y en los ensayos de bombeo realizados en el presente estudio

9.- BALANCE HÍDRICO

En este apartado se ha realizado el balance hídrico del acuífero aluvial del Valle de Jamastrán. Este balance es un balance preliminar que sirve para intentar entender como funciona este sistema y tener una idea cualitativa de los recursos disponibles. Se ha tomado como base el balance descrito en el informe de TAHAL-GEOCONSULT (2003).

En la Tabla 9.1 se describen las entradas y salidas del sistema, considerando que la variación de almacenamiento es nula.

Entradas al Sistema	Hm ³ /año
Infiltración	13,1
Entrada subterránea	2,3
Río	6

Salidas del Sistema	Hm ³ /año
Bombeo de pozos	4
Salida subterránea	1,1
Río	16,3

Tabla 9.1. Balance Hídrico para el acuífero aluvial de Valle de Jamastrán

Entradas

- Infiltración

La precipitación es uno de los componentes primarios del ciclo hidrológico. Para el balance hídrico interesa la *precipitación efectiva*, que es la porción de la precipitación que logra infiltrarse en el suelo y, por tanto, es disponible para ser utilizada por las plantas o bien para recargar el acuífero. Los factores que intervienen en su determinación son: intensidad de precipitación, velocidad de la intensidad de precipitación, cobertura vegetal y topografía. La precipitación efectiva se calcula multiplicando el índice de infiltración y la precipitación media mensual para una serie de años.

La precipitación media mensual se ha obtenido de los datos de la estación de Villa Ahumada (propuesta por la Organización Mundial de la Agricultura y la Alimentación-FAO para los análisis de evapotranspiración), que dispone de datos bastante continuos desde el año 1975. En este estudio se han utilizado los datos correspondientes hasta el año 2002.

Los datos de la distribución mensual media de la precipitación se presentan en la Tabla 9.2, así como su representación gráfica.

Estación	Institución	Tipo	Coordenadas		Elevación msnm	Registro (años)
			Latitud	Longitud		
Villa Ahumada	DGRH	HMO	14° 00' 15''	86° 34' 18''	780	1975-2002

Las HMO son estaciones Hidrológicas Ordinarias y registran únicamente Precipitación y Temperatura

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
Media	39,5	26,1	17,7	32,3	134,6	170,7	139,3	150,8	188,1	141,7	72,9	42,5	1156,3

Tabla 9.2. Datos de precipitación media mensual del Valle de Jamastrán. Estación Villa Ahumada. Datos de 1975 a 2002.

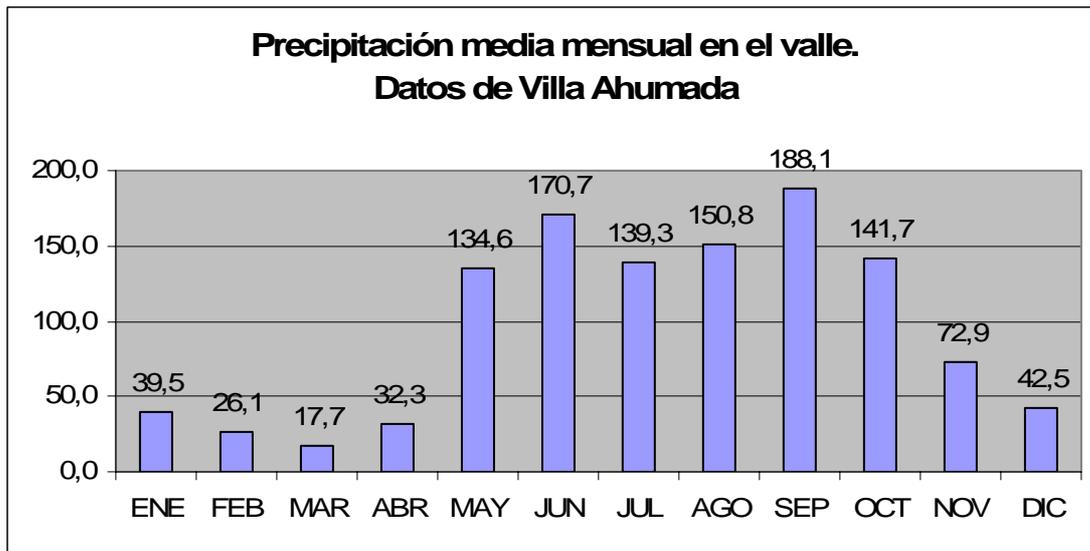


Figura 9.1. Variación de la precipitación mensual del Valle de Jamastrán.

Los períodos de sequía detectados desde 1975 a 2002 se muestran en la siguiente gráfica:

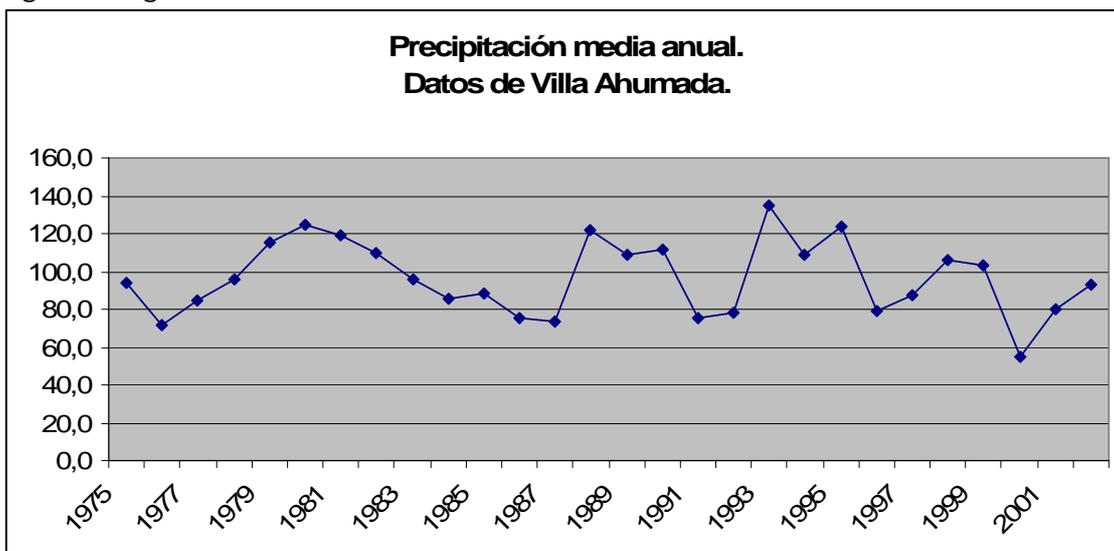


Figura 9.2. Media anual de la precipitación.

Las variaciones de sequía pueden alcanzar los 55,3 mm/año (del año 2000).

Para el cálculo del porcentaje de infiltración es necesario obtener la capacidad de infiltración (f_c). Este valor se consigue mediante la realización de pruebas de infiltración en campo, cosa que no se ha podido realizar en el presente estudio. Por ese motivo y observando que el aluvial es una zona más o menos llana el porcentaje de infiltración se ha estimado en un 85 % de la precipitación. Una vez determinados el porcentaje de infiltración se calcula la precipitación efectiva multiplicando estos valores por la precipitación media mensual (Ver Tabla 9.3)

Media (mm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación	39,5	26,1	17,7	32,3	134,6	170,7	139,3	150,8	188,1	141,7	72,9	42,5
Precipitación efectiva*	33,5	22,2	15,1	27,5	114,4	145,1	118,4	128,2	159,9	120,5	62,0	36,1

*Porcentaje que se infiltra de la precipitación = 0,85

Tabla 9.3. Precipitación efectiva mensual

La Evapotranspiración es la suma de la evaporación y la transpiración y, por tanto, sólo es aplicable correctamente a una determinada área del terreno cubierta por vegetación. Cuando ésta no existe, sólo se habla de evaporación. Este valor depende, entre otros, de dos factores muy variables y difíciles de medir: el contenido de humedad del suelo y el desarrollo vegetal de la planta. De esta manera, Thornthwaite (1948) introduce el término de evapotranspiración potencial (ETP), que es la que se daría si hubiera un desarrollo vegetal óptimo y una capacidad de campo permanentemente completa. Será, por tanto, un límite superior de la cantidad de agua que realmente vuelve a la atmósfera por evaporación y transpiración, y que se conoce con el nombre de evapotranspiración real (ETR). La diferencia entre ETP y ETR es la demanda de agua para riego (Custodio y Llamas, 1996).

Los datos de evapotranspiración potencial que han utilizado en este balance hídrico se han calculado a partir de la temperatura medial mensual registrada en la estación meteorológica de Villa Ahumada desde 1975 a 2002. (Ver Tabla 9.4 y 9.5 y Anexo 6)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
°C media mensual	21,6	22,6	24,5	25,9	26,1	24,5	23,5	24,0	24,1	23,8	22,9	21,9

Tabla 9.4. Temperatura media mensual

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ETP mm/mes	72,2	70,4	115,4	136,9	157,2	125,9	118,0	120,0	106,7	102,5	81,6	74,1

Tabla 9.5. Evapotranspiración potencial media mensual (Método Thornthwaite)

A partir de los valores de precipitación efectiva media mensual, evapotranspiración media mensual y los valores de capacidad de campo,

obtenidos del estudio de TAHAL-GEOCONSULT se ha calculado la recarga directa o infiltración al acuífero, utilizando para ello el programa **InnerSoft - Balance Hídrico versión 0.1 Beta.**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
P	33,5	22,2	15,1	27,5	114,4	145,1	118,4	128,2	159,9	120	62	36,1	982,4
ETP	72,2	70,4	115,4	135,9	157,2	125,9	118	120	106,7	102,5	81,6	74,1	1279,9
P-ETP	-38,7	-48,2	-100,3	-108,4	-42,8	19,2	0,4	8,2	53,2	17,5	-19,6	-38	-297,5
R	0	0	0	0	0	19,2	19,6	27,8	31	31	11,4	0	140
AR	0	0	0	0	0	19,2	0,4	8,2	3,2	0	0	-11,4	19,6
ETR	33,5	22,2	15,1	27,5	114,4	125,9	118	120	106,7	102,5	43,8	47,5	877,1
E	0	0	0	0	0	0	0	0	50	17,5	0	0	67,5
D	-38,7	-48,2	-100,3	-108,4	-42,8	0	0	0	0	0	0	-26,6	-365

- P** Precipitación efectiva (85 % de la infiltración)
- ETP** Evapotranspiración Potencial calculado a partir del método de Thornthwaite
- R** Reserva
- AR** Variación de la reserva
- ETR** Evapotranspiración Real
- E** Excedente o infiltración directa
- D** Déficit hídrico anual
- CC** Capacidad de campo 31
El suelo no estaba saturado al inicio del primer mes

Tabla 9.6. Cálculo de la recarga directa o infiltración a partir de la precipitación efectiva y la evapotranspiración potencial calculada a partir del Método de Thornthwaite

El volumen total de recarga al acuífero se ha calculado multiplicando el valor de infiltración (mm/año) por área del aluvial.

<p>Área de aluvial = 194 Km²</p> <p>Volumen total recarga (Hm³/año) = Infiltración (mm/año) Área de aluvial (Km²) = 67,5 * 194 * 0,001 = 13,1 Hm³/año</p>

- Entrada lateral de flujo subterráneo

Las entradas laterales de agua subterráneas (Quebrada San Francisco, Quebrada Hato, Quebrada Las Laras, Quebrada Almendros, Quebrada Larga) se han calculado a partir de la ecuación de Darcy:

$$Q = T L i$$

- Q = Volumen de agua subterránea que está fluyendo de la sección
- L = longitud de la sección
- i = gradiente del agua subterránea
- T = Transmisividad

Los valores de transmisividad se han deducido del mapa de transmisividad del apartado de Parámetros hidráulicos y se ha calculado un gradiente medio para todo el acuífero a partir de la isopiezas del mapa piezométrico del apartado Piezometria del Volumen I.

De los cálculos realizados se estima que la entrada de flujo lateral subterráneo es de 2,3 Hm³/año.

MICROCUCENCA	T (m ² /día)	L (m)	i	Caudal (Hm ³ /año)
Las Laras	20,0	1490	0,0066	0,07
Quebrada Honda	150,0	2060	0,0066	0,74
Río Hato (Apalí)	150,0	1170	0,0066	0,42
Río San Francisco	300,0	730	0,0066	0,52
Quebrada Larga	50,0	1940	0,0066	0,23
Río Los Almendros	150,0	870	0,0066	0,31
			Entrada total	2,30

Tabla 9.7. Entrada laterales de agua subterránea estimado a partir de la ley de Darcy

Salida del Sistema

- Bombeos existentes

La estimación de caudal extraído por bombeo se ha basado en la información recogida en el estudio de TAHAL-GEOCONSULT (2003). (Ver Tabla 9.8).

Pozos	Caudal (m ³ /año)
14 pozos perforados con bomba sumergible	2191500
200 Pozos excavados	730500
Total	2922000

Tabla 9.8. Estimación de volumen de agua bombeado en el Valle de Jamastrán. Datos deducidos a partir de valores estimados de TAHAL-GEOCONSULT (2003)

TAHAL contabiliza solamente el caudal extraído de 14 pozos perforados y hay que tener en cuenta en el último año se han perforado unos 20 pozos para riego, por lo que se considera que el caudal de bombeo debe ser mayor, llegando a alcanzar los **4 Hm³/año**.

- Salida de flujo subterráneo

La salida de agua subterránea del aluvial (aguas abajo de confluencia de las Quebrada Hato, Almendros y Larga) se han calculado a partir de la ecuación de Darcy:

$$Q = T L i$$

Q = Volumen de agua subterránea que está fluyendo de la sección

L = longitud de la sección

i = gradiente del agua subterránea

T = Transmisividad

Los valores de transmisividad se han deducido del mapa de transmisividad del apartado de Parámetros hidráulicos del Volumen I y se ha calculado un gradiente medio para todo el acuífero a partir de la isopiezas del mapa piezométrico del apartado Piezometría del Volumen I.

Esta salida de flujo se estima en **1,05 Hm³/año**.

T (m ² /día)	L (m)	i	Caudal (m ³ /día)	Caudal (Hm ³ /año)
400,0	1150,0	0,0066	3016,0	1,10

Tabla 9.9. Salida de agua subterránea deducido de aplicar la ley de Darcy

- Entradas y salidas del río

El comportamiento hidráulico del río es la incógnita del balance que se está realizando. Para resolver esta ecuación se han realizado balances parciales en el aluvial. De estos balances se estima que el río **recarga 6 Hm³/año** al acuífero y que drena del acuífero unos **16,3 Hm³/año**. (Ver Tabla 9.10 y Figura 9.1)

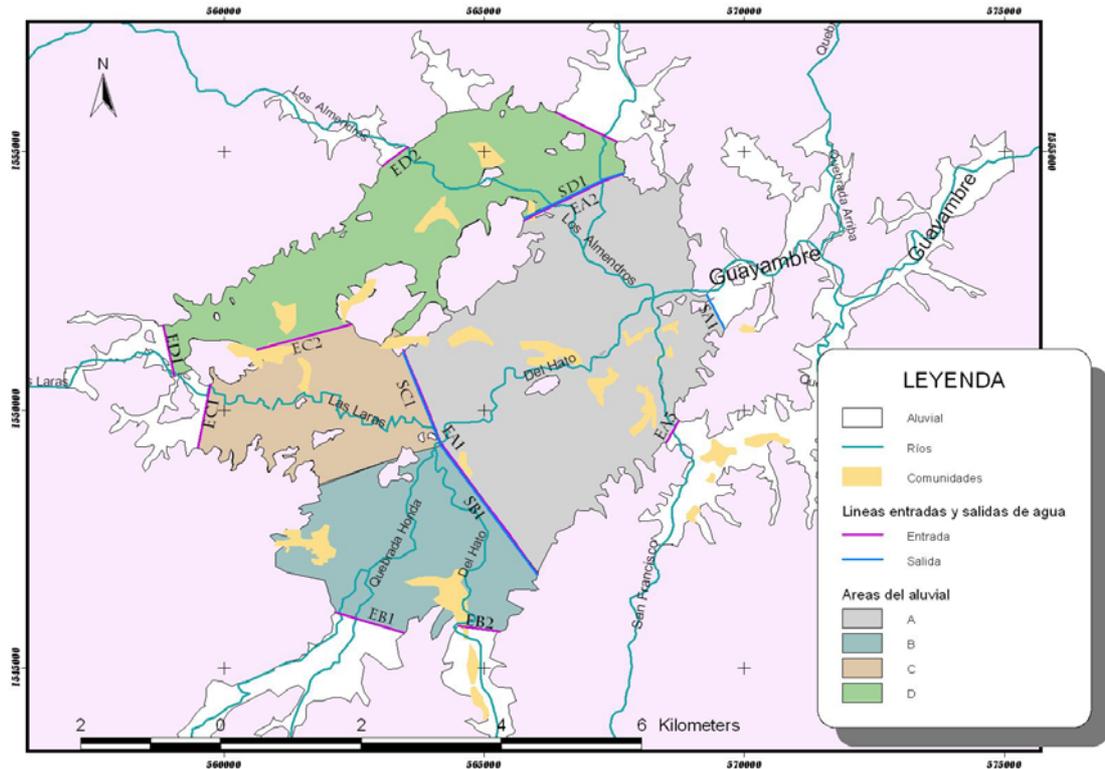


Figura 9.1. Situación de las zonas donde se han realizado los balances parciales para deducir la influencia del río en el sistema acuífero.

Zona	Recarga/Drenaje río*
A	-14,2
B	4,5
C	1,5
D	-2,1

*Los valores positivos corresponden a la zona donde el acuífero recarga al río, mientras que los valores negativos corresponden al caudal que sale del sistema a través del río.

Tabla 9.10. Entradas y salidas del río en los diferentes balances

CONCLUSIONES

La tarea de elaboración del balance hídrico requiere del estudio y recopilación de muchos elementos que intervienen en él, y de cuales no se ha tenido ni el tiempo ni los recursos necesarios para elaborarlos, por ello el balance descrito en este apartado es un balance preliminar que sirve para entender mejor el funcionamiento del acuífero, y no pretende cuantificar de forma precisa los elementos que intervienen en ella.

Según el balance hídrico realizado, la recarga del acuífero principalmente se produce por infiltración de la precipitación caída en el

Valle. Por ello el funcionamiento del acuífero, según estos datos, será sensible a cualquier cambio climático que ocurra en la zona. También el río es un elemento muy importante en el balance global, aunque su funcionamiento y peso en el balance todavía no está muy bien definidos.

En el balance también habría que tener en cuenta la influencia que ha tenido la tectónica en la permeabilidad del basamento, que puede generar zonas de flujo preferente o zonas de aporte de agua de zonas más profundas, pero del que se tiene muy poca información.

10.-CONCLUSIONES

Geólogos del Mundo con la colaboración de la ONG hondureña ASIDE y el financiamiento de la Fundación Nando Peretti, realizó entre los meses de junio y noviembre del 2005, el estudio hidrogeológico del Valle de Jamastrán. Primeramente recopiló toda la información existente, destacando los informes del ALA 86/20 de 1990 y el estudio de TAHAL-GEOCONSULT de 2003. El objetivo de este estudio es el de mejorar el conocimiento que se tiene del acuífero para poder realizar una mejor gestión de sus recursos.

El acuífero del aluvial del Valle de Jamastrán se sitúa en el valle del mismo nombre ubicado a unos 100 kilómetros de la Tegucigalpa.

El acuífero está formado por sedimentos aluviales de espesor muy variado, que llegan a alcanzar más de 100 metros de espesor en la zona de Argelia (150 m), Zapotillo-La Suiza (160 m), La Música-Palmira (140 m) y La Merced (130 m); y que están depositados encima de un basamento de baja permeabilidad formado por los materiales volcánicos Plio-Cuaternarios y los materiales terrígenos de la Formación Valle de Ángeles.

El límite del acuífero está ligado a fallas que son reflejo de la compleja historia tectónica que ha sufrido la zona.

Estos mismos movimientos tectónicos han generado zonas de muy diferente espesor, haciendo que las de mayor potencia de aluvial se sitúen en las inmediaciones de las fallas.

La transmisividad media del acuífero es del orden de 200-500 m²/día, siendo la zona central del valle la zona donde parece ser que se sitúan las zonas de mayor transmisividad, alcanzando valores de hasta 1500 m²/día.

La dirección dominante de las aguas subterráneas es hacia el este siguiendo la dirección de algunos de los principales ríos (Las Laras, Hato y Los Almendros).

Las aguas del acuífero del Valle de Jamastrán son bicarbonatos cálcicas, con conductividades medias cercanas a los 600 µS/cm. Existen zonas de mayor conductividad que llegan a superar los 2000 µS/cm en las inmediaciones de Villa San Jorge (al norte de la comunidad de El Zamorano), siguiendo por el Zamorano hasta el sur de la comunidad de Sartenejas. Esta mayor conductividad se debe a la existencia de materiales evaporíticos entre los materiales terrígenos que forman la formación de Valle de Ángeles o a otro tipo de materiales que todavía no se han detectado. Pero tampoco hay que olvidar que este aluvial está situado en una zona estructuralmente muy compleja y que la proximidad de alguna falla pueda poner en contacto aguas más profundas de diferente composición. La hidroquímica pone otra vez de manifiesto la estrecha relación entre el funcionamiento del acuífero y la tectónica de la zona.

No se ha podido realizar un balance hídrico detallado, pero el que se ha descrito en este estudio, pone de manifiesto que la entrada principal del acuífero es la recarga directa de lluvia; por lo que estará estrechamente ligada a cualquier cambio que se produzca en el clima de la zona. En cambio el río, es el principalmente mecanismo de drenaje del sistema.

En el balance también habría que tener en cuenta la influencia que ha tenido la tectónica en la permeabilidad del basamento, que puede generar zonas de flujo preferente o zonas de aporte de agua de zonas más profundas, pero del que se tiene muy poca información.

11.-Agradecimientos

La elaboración y el trabajo diario de este proyecto no se podría haber realizado sin la inestimable colaboración de:

- María de Marco Vicente, voluntaria de Geólogos del Mundo durante la dura etapa final.
- Owen y Amy Reese, ingenieros de la ONG Agua Pura para el Mundo.
- Equipo de Acción contra el Hambre de Danlí (en especial a Jaime, Jorge y Giovanni).
- Equipo de ASIDE Danlí (Eloydina, Carlos, Hilda, Karla, Jeffrey, Hans).
- Técnicos del SANAA división Oriental (Ernesto; Henry; Jaime; Manuel; Guillermo; Denise; etc... y al ingeniero Alexis Montes)
- UDR (a Gerardo Morgan por haber colaborado con análisis de agua; y a Rosalía Montoya, por habernos facilitado información sobre pozos del valle).
- SAG, por habernos facilitado tanta información valiosa.
- ESNACIFOR
- SALUD
- Bodega "El Parqueo"

Y especialmente a las comunidades de Matazano, El Zapotillo, Sartenejas, La Suiza y El Zamorano.

12.-Bibliografía

CIAT-SIG, 2002. Atlas de Honduras. COSUDE Agencia Suiza para Desarrollo y Cooperación; BID Banco Interamericano de Desarrollo; DGIS Fondo para Apoyo Metodología a Programas Ecoregionales; UE UNION EUROPEA; IDRC International Development Research Center (Canada); DANIDA Danish International Development Agency.

Consortio TAHAL-GEOCONSULT, 2003. Estudio de Producción Agrícola Bajo Riego en el Valle de Jamastrán. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Gobierno de Honduras.

Departamento Hidrogeológico del Proyecto ALA 86/20, 1990. Estudio Hidrogeológico del Valle de Jamastrán. Proyecto ALA 86/20: Abastecimiento de agua e higiene de base en el sector rural, Comunidad Económica Europea, Ministerio de Salud Pública, Gobierno de Honduras.

Pérez Monforte, S., 2003. Estudio hidrogeológico del acuífero aluvial de Danlí (El Paraíso-Honduras). Trabajo realizado para el CIHS (Curso Internacional de Hidrología Subterránea). Inédito.

Rogers, R.D., 1992, Geology of the Valle de Jamastrán Quadrangle, Honduras, Open File Report, Instituto Geográfico Nacional, Tegucigalpa, Honduras 56 p.

Rogers, R.D., 1995, Mapa Geológico de Honduras: Hoja de Valle de Jamastrán, Instituto Geográfico Nacional, Tegucigalpa, Honduras, escala 1:50,000.

Servicio Meteorológico Nacional de Honduras, información extraída de la pagina: www.smn.gob.hn

VOLUMEN II

MEJORA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COMUNIDADES DE MATAZANO, EL ZAPOTILLO, SARTENEJAS, ZAMORANO Y EXTENSIÓN A LA SUIZA

**VOLUMEN II: MEJORA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN
LA COMUNIDADES DE MATASANOS, EL ZAPOTILLO, SARTENEJAS,
ZAMORANO Y EXTENSIÓN A LA SUIZA**

1.- INTRODUCCIÓN	3
1.1. Situación geográfica.	4
1.2. Contexto climático	5
1.3. Contexto socio-económico.	7
1.4. Contexto geológico.	9
1.5. Contexto hidrológico e hidrogeológico.	10
1.6. Infraestructura hidráulica existente en las comunidades de actuación.	11
2.- DEMANDA DE AGUA ACTUAL Y FUTURA DE LAS POBLACIONES DE LAS COMUNIDADES	14
3.- OBRAS REALIZADAS	21
3.1. Justificación	21
3.2. Rehabilitación del pozo de El Zapotillo (P-021): limpieza y aforo	23
3.3. Levantamientos topográficos	29
3.4. Equipamiento e instalación eléctrica del pozo de El Zapotillo	34
3.5. Diseño del tanque	37
3.6. Construcción del tanque	39
3.7. Redes de distribución	42
3.8. Inaguración	48
4.- CONCLUSIONES	49
5.- RECOMENDACIONES	51
6.- AGRADECIMIENTOS	54

1.- INTRODUCCIÓN

El proyecto ***Mejora del abastecimiento de agua potable para las comunidades de Matazano, El Zapotillo, Sartenejas, El Zamorano y extensión a La Suiza*** se ha realizado dentro del convenio de cooperación entre las ONG's Geólogos del Mundo (España) y ASIDE¹ (Honduras), con fondos de la Fundación Nando Peretti (Italia). Este proyecto ha participado además con aportación económico-técnica de la institución SANAA-PRRACAGUA² (Honduras-UE) y aporte de financiación y mano de obra de las comunidades beneficiarias.

La identificación de este proyecto tuvo lugar durante una reunión mantenida en Sartenejas entre ASIDE-Geólogos del Mundo y gran parte de los líderes de las comunidades del Valle de Jamastrán. A través de esta reunión se obtuvo conciencia del desabastecimiento de agua potable que existe en la zona. Las cuatro comunidades principales (Matazano, El Zapotillo, Sartenejas y El Zamorano) comparten el mismo sistema de abastecimiento que consiste en un acueducto que transporta agua por gravedad desde la Quebrada de El Águila. Este sistema fue instalado por el SANAA hace alrededor de 30 años y fue dañado y parcialmente reparado tras el Huracán Mitch (1998). Actualmente el caudal y las condiciones de este sistema son insuficientes para abastecer a las cuatro comunidades, en mayor medida para las dos comunidades (Sartenejas y El Zamorano) que se encuentran al final de la conducción. Estos problemas se agravan durante el verano, cuando el consumo de agua es mayor y menor su disponibilidad. Otra comunidad cercana a la localidad de Sartenejas, La Suiza, no dispone hasta el momento de sistema eléctrico ni de agua potable, por lo que se abastece de las aguas de los ríos Hato y S. Francisco y de pequeños pozos de perforación manual.

Este proyecto consiste en la mejora del sistema existente e incluye:

- Estudio hidrogeológico de la zona;
- Rehabilitación, aforo y equipamiento del pozo P-021;
- Instalación eléctrica del pozo P-021;
- Construcción de un tanque de unos 20.000 Galones (alrededor de 75.000 litros);
- Conexión entre el pozo y el tanque mediante una conducción de PVC;
- Conexión del tanque al sistema de El Águila mediante una conducción de PVC;
- Extensión del sistema de El Águila a la aldea de La Suiza mediante una conducción de PVC.

El proyecto comenzó en Junio de 2005 y tuvo una duración de 6 meses. Fue realizado por Miren Errandonea (Hidrogeóloga), Diego Vázquez-Prada (Voluntario Geólogo) y Pedro Rodríguez (Promotor local, especializado en

PT¹ Asociación de Investigación para el Desarrollo.

² Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados - Plan Regional de Reconstrucción de América Central, división AGUA y .SANEAMIENTO.

aguas), y coordinado por Juan Francisco García (Jefe de Proyectos de Honduras de Geólogos del Mundo).

1.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La República de Honduras se sitúa en Centroamérica y, desde el punto de vista geográfico, es parte central del istmo de América Central, que se extiende desde el istmo de Tehuantepec, en México, hasta el río Atrato de la república de Panamá. En función de coordenadas geográficas se localiza entre:

- Latitud Norte: $12^{\circ} 58'$ (tomando como extremo la desembocadura del río Negro, en el Golfo de Fonseca) y $16^{\circ} 2'$ (tomando como extremo Punta Castilla)
- Longitud Occidental: $83^{\circ} 10'$ (extremo oriental de Gracias a Dios) y $89^{\circ} 92'$ (Cerro Montecristo).

Limita al Norte con el mar del Caribe (litoral de 880 Km.), al Sur con El Salvador y océano Pacífico (litoral de 153 Km.), al Este con Nicaragua, y al Oeste con Guatemala y El Salvador. La superficie total del país es 112.090 km², con un 25 por ciento de superficie cultivable (15 por ciento con buenas posibilidades y un 10 por ciento que necesita de técnicas de conservación de suelos) y un 75 por ciento de las tierras de vocación forestal.

Más del 75% del territorio presenta pendientes mayores del 25%, lo que da idea del carácter montañoso del país.

El ámbito de actuación del proyecto incluye las comunidades siguientes: El Zamorano, El Zapotillo, Sartenejas, El Matazano y La Suiza, situadas en el Valle de Jamastrán, Municipio de Danlí, Departamento de El Paraíso, en la parte centro oriental de Honduras (Ver Fig. 1.1.1).

Se trata de un valle de morfología cuadrangular limitado al Sur-Este por la Cordillera de Dipilto, al Nor-Oeste por la Montaña La Batea, al Sur-Oeste por el Cerro de Ceilán y se abre al Nor-Este a través del sistema de fallas de Guayape, por donde circula el río Guayambre.

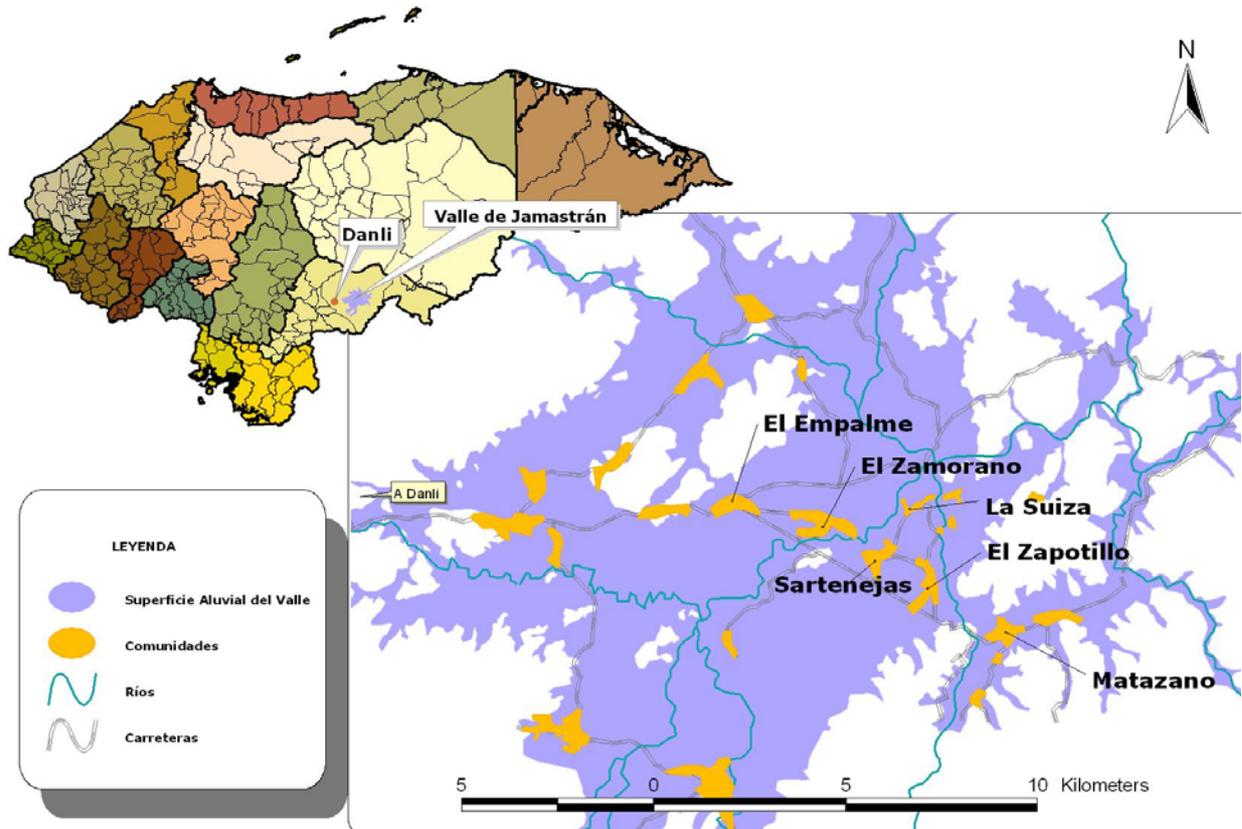


Figura.- 1.1.1. Situación de las comunidades dentro del Valle de Jamastrán en Honduras.

1.2. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

En Honduras no se dan las características típicas de las 4 estaciones del año, presentes en las latitudes medias. El clima de Honduras es variable y está determinado por su ubicación geográfica con tres zonas: cálida, templada y fría, que se delimitan en función de la altitud. Debido a su localización geográfica, matizada en el apartado anterior, se presentan tan sólo 2 estaciones: La seca y la lluviosa.

La existencia de factores geográficos modifican los vientos alisios que atraviesan el istmo centroamericano. De ello resultan cambios sustanciales del clima tropical lluvioso, del área del Litoral Atlántico de Honduras. Esto es lo que hace que localmente se produzcan variaciones, dando como resultado la diferenciación de 11 sub-climas dentro del País. Debido a la posición geográfica que ocupan los países de América Central, estos se ven expuestos frecuentemente a fenómenos naturales climatológicos como tormentas y huracanes. Tienen su origen en la zona atlántica, asociados a sistemas de bajas presiones del área de dominio de la zona de convergencia de los vientos alisios.

El litoral del Caribe recibe una precipitación media anual cercana a los 2.600 mm, siendo los meses mas lluviosos octubre y noviembre y los mas secos entre marzo y mayo; la humedad relativa promedio es del 82%. La

precipitación disminuye en las tierras altas del interior, con valores cercanos a 1.000 mm/año en las proximidades de la ciudad capital.

En el litoral Pacífico, se observan períodos de alta precipitación, uno en junio y otro en septiembre. La precipitación media anual es de alrededor de 1.600 mm y la humedad relativa del 66%. Las precipitaciones medias oscilan entre 1.000 y 1.800 mm/año y la humedad relativa entre el 70% y 76%.

Las temperaturas están determinadas por la elevación. Las tierras bajas, debajo de los 500 m.s.n.m, tienen una temperatura media anual de 24°C; en las zonas con elevaciones entre 500 y 2.000 m.s.n.m, la temperatura media varía entre 16°C y 24°C; y las tierras por encima de los 2.000 m.s.n.m tienen una temperatura media anual de 15°C o menos.

La zona Oriental (Región Sur de Gracias a Dios, Región Nororiental de El Paraíso y Olancho) tiene un clima de Sabana Tropical, esta zona se caracteriza por tener dos estaciones; una seca entre diciembre y abril, con febrero siendo el mes más seco con un promedio de 19 mm. La estación lluviosa se presenta desde mayo a noviembre y tiene un promedio mensual máximo en septiembre de 211 mm. La precipitación anual es de 1.200 mm, con 153 días con lluvia y una humedad relativa de 74 %. La temperatura media anual de 25 °C, con una máxima de 33,2 °C y una mínima de 18,6°C. El mes más caluroso es abril con 27 °C como promedio, y enero el mes más fresco con 23°C (Servicio Meteorológico Nacional de Honduras).

Algunos estudios muestran que, en Honduras, de las tendencias en los parámetros meteorológicos que se han mencionado se pueden deducir que el país está experimentando un calentamiento, con excepción de la costa caribeña oriental donde hay una ligera disminución de la temperatura asociada con un ligero incremento de la precipitación, identificando las regiones norte intra montano, centro sur y sur como aquellas zonas que son mas sensibles a la presencia de fenómenos un potencial cambio climático.

La zona de estudio se ubica en la región del Paraíso. La estación lluviosa en el Departamento se localiza entre los meses de mayo a octubre, y presenta un clima templado-cálido.

El clima del Valle de Jamastrán es Lluvioso de Altura en sus cuencas altas y Poco Lluvioso con Invierno Seco en el propio valle (según datos del Consorcio TAHAL-GEOCONSULT, 2003).

La precipitación media anual en el valle es superior a los 1.000 mm, y la temperatura media cercana a los 24°C.

1.3. CONTEXTO SOCIO-ECONÓMICO

El país se divide políticamente en 18 departamentos: Atlántida, Colón, Comayagua, Copán, Cortés, Choluteca, El Paraíso, Francisco Morazán, Gracias a Dios, Intibucá, Islas de la Bahía, La Paz, Lempira, Ocotepeque, Olancho, Santa Bárbara, Valle y Yoro.

A continuación se exponen algunos **datos básicos** del país, extraídos del Atlas de Honduras (CIAT-SIG, 2002) y del estudio de Pérez Monforte, S. (2003):

El total de Municipios es de 298, con 3.740 aldeas y 19.937 caseríos.

La población total asciende a 5,9 millones de habitantes.

La tasa de natalidad estimada es de 32,62 nacidos vivos por cada 1.000 habitantes en 1.997 y la tasa de mortalidad de 5,66.

En 1998 Honduras tenía una densidad de población de 54,8 habitantes por kilómetro cuadrado, que la sitúa entre los nueve países más densamente poblados de América Latina.

Predomina la población rural sobre la urbana, aunque en los últimos años se está experimentando un rápido proceso de urbanización.

El órgano responsable de la gestión de cada municipio, es la Municipalidad. La gestión del agua corre a cargo de un organismo gubernamental, pero no dependiente de la Municipalidad, que es el SANAA.

En las aldeas, que es el marco principal en el que se ha desarrollado este trabajo, el órgano de gobierno es el Patronato Municipal. En cambio, quien gestiona todo lo referente a las aguas es la Junta Administradora de Aguas local, organismo independiente del Patronato que recibe los

El área de salud es administrada por la Región Sanitaria, de la que dependen los municipios, que pueden no pertenecer al mismo departamento.

De la superficie total del país 5,7 millones de Hectáreas (51%) están cubiertas por bosques y 3,4 millones (30%) corresponden a explotaciones agropecuarias. De la tierra bajo uso agropecuario unas 900.000 Ha están bajo cultivo y más de 1,5 millones de Ha están destinadas a pastos. Un millón de Ha de uso agropecuario corresponde a tierras de descanso, bosques secundarios y bosques primarios dentro de fincas agropecuarias.

En 1997 el Producto Interior Bruto (PIB) fue de 4.700 millones de \$EE.UU., con una contribución del sector agrícola del 23%. La Comisión Económica para América Latina (CEPAL) cuantificó en 1997 que la población hondureña en condiciones de pobreza era del 67%, y de extrema pobreza o indigencia del 32%. En las áreas rurales dicho nivel de indigencia era del 35%. Esta situación de pobreza se traslada a los centros urbanos con la migración de la población rural a las ciudades, contribuyendo a agravar los problemas.

En el valle de Jamastrán hay 100 núcleos habitados entre comunidades y haciendas, en las que viven 24.670 personas según el Atlas de Honduras (CIAT-SIG, 2002).

La presencia institucional en la zona es abundante, tanto de instituciones públicas (La Secretaría de Agricultura y Ganadería SAG, el Instituto Nacional Agrario, la Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal COHDEFOR, el Instituto Hondureño del Café IHCAFE y el Instituto de Formación Profesional INFOP) como de ONGs (Movimundo, Acción Contra el Hambre, Agua Pura para el Mundo, Auxilio Mundial, Visión Mundial, Plan en Honduras, ICADE...).

La actividad económica es eminentemente agrícola, llamado antiguamente como el *Granero de Centroamérica*, el Valle de Jamastrán centra su producción en el grano básico y el tabaco. Muchos de los agricultores no producen a gran escala sino que desarrollan una agricultura de subsistencia familiar. Actualmente muchos campos se encuentran en abandono. Parte del terreno está dedicado a la ganadería. En el municipio las principales industrias consisten en beneficios de café, fabricación de puros de tabaco e industrias madereras.

1.4. CONTEXTO GEOLÓGICO

La depresión de Jamastrán es de origen tectónico, relacionado con los movimientos producidos por el Sistema de Fallas de Guayape (SFG). Esta gran estructura geológica, que se extiende hasta la costa Atlántica, se encuentra como límite Sur-Este del valle. Los materiales más significativos del valle son los aluviales cuaternarios que recubren gran parte del mismo y que pueden alcanzar un espesor de más de 150 metros. Los resaltes del interior del valle son debidos principalmente a los conglomerados y arcillas rojas cretácicas de la Formación Valle de Ángeles y en la zona SE del Valle por las intrusiones graníticas terciarias relacionadas con el SFG.

Los materiales mesozoicos pizarrosos y arenosos del Grupo Honduras forman todos los relieves que limitan el valle a excepción del SO que está formado por materiales volcánicos Terciario-Cuaternarios.

Alrededor de las comunidades de actuación los materiales dominantes son los depósitos aluviales de terraza formados por gravas y arenas y en menor medida los depósitos aluviales recientes de los ríos Hato y San Francisco (ver figura 1.4.1). Cabe destacar también la presencia de un afloramiento de la formación volcánica Padre Miguel, contigua a la carretera principal, en la altura del desvío había Chirinas. La zona aparece bastante fallada, sobre todo cerca de El Zapotillo y El Matazano, debido a la proximidad con el SFG

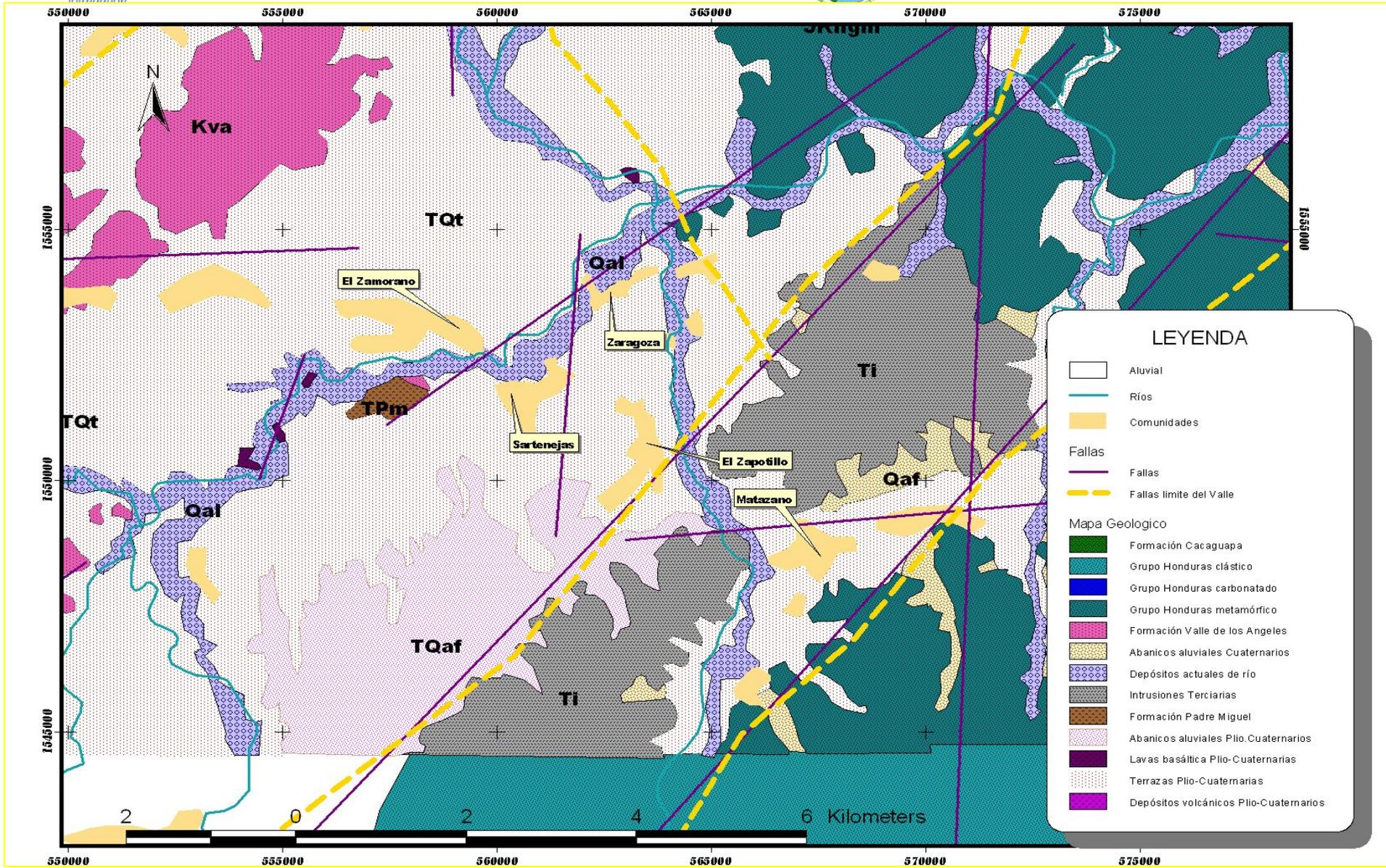


Figura 1.4.1. Mapa geológico y de fallas de las cercanías de las comunidades

1.5. CONTEXTO HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

El territorio de Honduras se divide en dos vertientes:

- la vertiente Atlántica (82% del país) con 13 cuencas principales de ríos caudalosos, produce el 87 por ciento del escurrimiento superficial, y
- la vertiente Pacífica (18% del país), que con 5 cuencas mayores aporta el 13% restante.

El escurrimiento superficial total se estima en 87 km³/año. Una extensión de 15 655,4 km² (13% del territorio) corresponden a cuencas compartidas con los países vecinos. Un 16% de las aguas superficiales nacionales salen del país hacia Guatemala, EL Salvador y Nicaragua.

No dispone de acuerdos internacionales sobre aguas y ríos limítrofes que regulen su aprovechamiento conjunto.

El potencial de aguas subterráneas no se conoce con precisión pero se estima que son abundantes en las tierras bajas de la zona costera Atlántica, donde los pozos presentan buenos rendimientos. La CEPAL en 1973 estimó un caudal renovable de agua subterránea explotable de 9,09 km³/año, dividido en 8,02 km³/año en la vertiente Atlántica y 1,07 km³/año en la vertiente del Pacífico. En los valles de las tierras altas del interior y en la costa del Pacífico (valles de Choluteca, Tegucigalpa, Comayagua), donde el riego es importante, se producen descensos importantes en los niveles de agua subterránea, comprometiendo su disponibilidad.

Las fuentes de contaminación de recursos hídricos más comunes son los residuos orgánicos (principalmente del café), los plaguicidas en la costa Atlántica y en la zona costera del Golfo de Fonseca, los metales pesados resultantes de la actividad minera y las aguas residuales de las áreas urbanas, que son descargadas sin tratamiento a los cursos hídricos más cercanos.

La Cuenca del Valle de Jamastrán es el área de nacimiento del Río Guayambre que conforma aguas abajo el río Patuca (río más largo y caudaloso de Honduras) que, a su vez, desemboca en el Océano Atlántico. El río Guayambre nace de la conjunción de tres ríos que se unen en el centro del Valle (cerca de la comunidad de La Suiza). El Río Los Almendros (empieza llamándose Vallecillo, luego San Antonio o Abajo y finalmente Los Almendros), con cerca de 54 Km. de longitud, es el más largo de todos ellos; tiene su nacimiento en la montaña de La Batea, al Nor-Oeste de la Cuenca. El Río Hato (que nace con el nombre de Apalí y luego pasa a llamarse Del Hato), nace al Sur-Oeste de la Cuenca, en la Cordillera de Dipilto y tiene unos 48 km. de recorrido. El Río San Francisco nace al sur de la cuenca, en la Cordillera de Dipilto, con un recorrido de unos 35 km.

Otros cursos de agua de la cuenca son el Río Las Laras y las quebradas de El Águila, Honda, Larga y Arriba (ver figura 1.5.1).

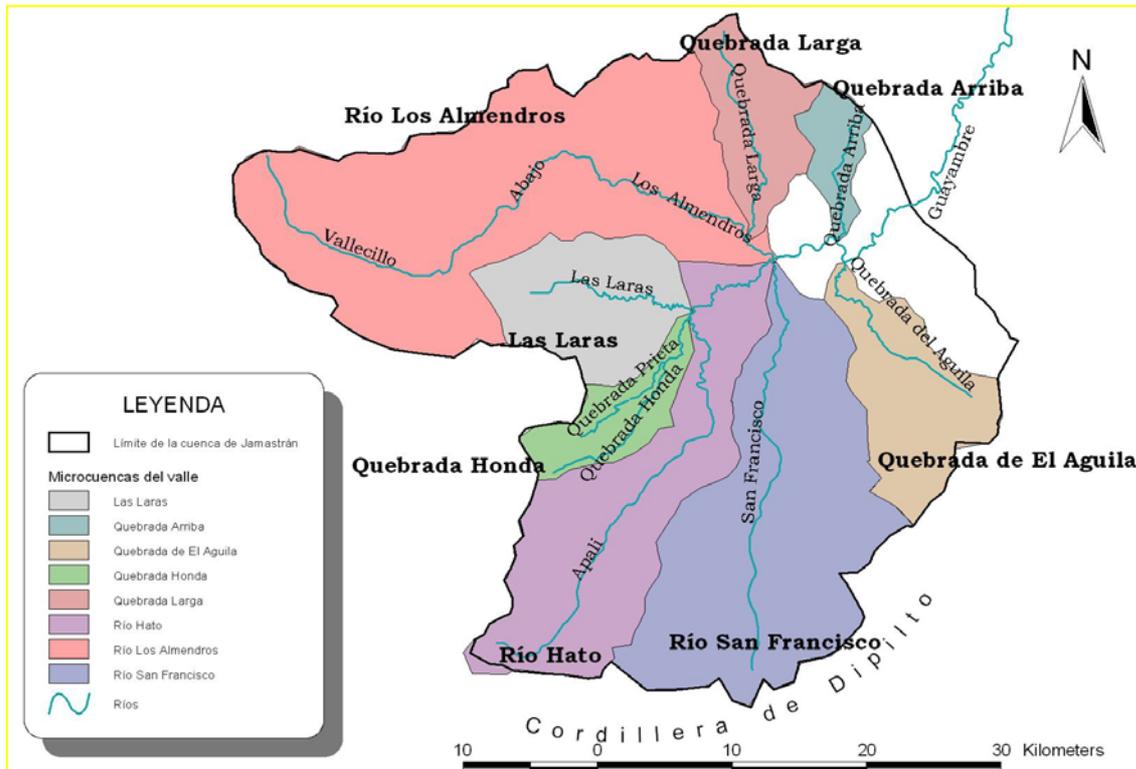


Figura 1.5.1. Microcuencas y principales cursos de agua del Valle de Jamaistrán.

1.6. INFRAESTRUCTURA HIDRAÚLICA EXISTENTE EN LAS COMUNIDADES DE ACTUACIÓN

La infraestructura existente antes de la realización del proyecto consistía en los siguientes elementos:

- ACUEDUCTO DE EL AGUILA.

Se compone de una zona de captación situada a varios kilómetros en la Quebrada del mismo nombre, desde la que a través de una tubería, primero de 6" y luego de 4", se transporta el agua hasta el tanque de El Águila, situado en El Matazano y que tiene una capacidad de 80 m³. A partir de este tanque se distribuye el agua a las cuatro comunidades en el siguiente orden: Matazano, El Zapotillo, Sartenejas y El Zamorano. La disminución de diámetro de la conducción a lo largo de su recorrido y la gran cantidad de pegues³ que presenta provoca una importante disminución de la presión impidiendo la llegada del caudal necesario en las dos últimas localidades



Figura 1.6.1. Desarenador de la captación de El Águila

³ Tomas de agua para uso doméstico.

mencionadas, y de manera especial a El Zamorano.

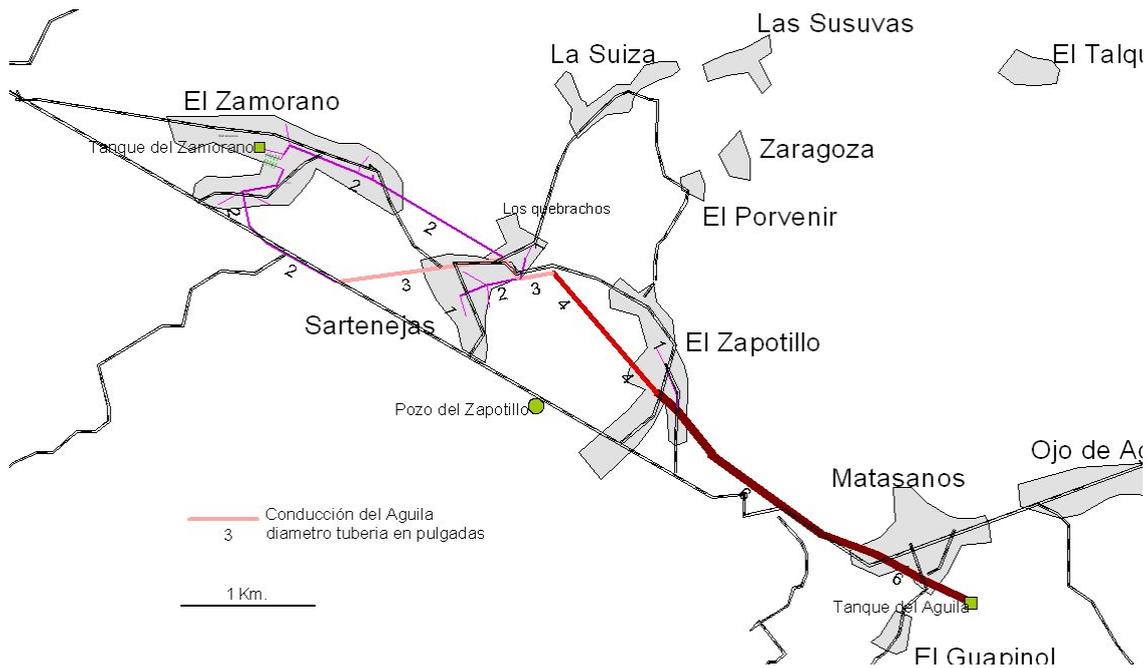


Figura 1.6.1. Esquema del acueducto de El Águila.

- POZOS PERFORADOS CON MAQUINARIA

En la zona de actuación se encuentran 2 pozos perforados por el Programa ALA 86-20 de la Unión Europea.

El primero de ellos se perforó en el año 1993 para la comunidad de El Zamorano, y tiene una profundidad de 36 metros; en la actualidad se encuentra destruido.

El segundo se perforó en 1994 para la comunidad de El Zapotillo, y se encuentra en excelente estado. Su profundidad actual es de 68 metros y en Julio de 2005 se realizó el aforo que dieron un caudal de 100 Gpm (11,88 l/s) durante 24 horas y produjo un descenso de 2,4 metros.

- POZOS DE ELABORACIÓN MANUAL

En la zona de actuación se hallan unos 250 pozos, de los cuales 93 han sido visitados por Geólogos de Mundo. De los pozos inventariados 26 corresponden a pozos perforados, 31 fueron perforados con medios mecánicos simples y 36 excavados manualmente.

Estos últimos fueron perforados por diversos programas de cooperación internacional (MOVIMUNDO-ASIDE, UDR, SANAA-PRRACAGUA).

Durante épocas de desabastecimiento las comunidades utilizan estos pozos para conseguir agua.

- OTRAS CONSTRUCCIONES Y EQUIPAMIENTOS

El Programa ALA 86-20 construyó en la Comunidad de El Zamorano, como complemento al pozo, un tanque de unos 80 m³ (ver localización en la

Figura 1.6.1); la comunidad consiguió dos transformadores de 15 Kw. cada uno. Estas infraestructuras están actualmente en desuso.

- EL BANCO DE CLORO

La ONG Acción contra el hambre organizó y construyó un banco de cloro en la comunidad de El Zapotillo. Este estuvo en uso durante algunos años, pero en la actualidad se obtiene el cloro de Tegucigalpa a un precio inferior por lo que ya no se utiliza.

- LA JUNTA DE AGUAS

Tras la finalización del proyecto Acueducto del Águila, el SANAA organizó una Junta de Aguas común a las cuatro comunidades del sistema, que permitiera la gestión y el mantenimiento del acueducto. Actualmente está compuesta por dos miembros de cada comunidad siendo el presidente Marcelino Cáceres (Matazano), el Vicepresidente Raúl Lara (Zamorano), el Tesorero Noel Espinal (El Zapotillo) y la Secretaria Mirna Eloísa Flores (El Zamorano), el fiscal Benito Sánchez (Matazano), el primer Vocal Nora Leticia Castillo (Sartenejas), el segundo Vocal Gustavo Colindres (Zapotillo) y el tercer Vocal Mariano Díaz (Sartenejas) . Existe un solo fontanero disponible para gestionar el servicio (cloración, reparaciones, construcción de nuevos peques...). Cada abonado al sistema paga una cuota fijada en 15 Lempiras/mes; a través de estas aportaciones la Junta de Aguas disponía, al inicio de este proyecto, de 100.000 Lps.

La Junta ha sido capacitada y reforzada a través de distintos proyectos y es elegida cada 2 años.

2. DEMANDA DE AGUA ACTUAL Y FUTURA DE LAS COMUNIDADES

El proyecto descrito afecta a cinco comunidades pertenecientes al municipio de Danlí, dentro del Departamento de El Paraíso, que se sitúa en la zona oriental de Honduras.

La distribución administrativa incluye las siguientes clases:

- Los municipios se dividen en aldeas,
- las aldeas en comunidades y
- las comunidades en caseríos.

Así, las comunidades implicadas (El Zapotillo, Sartenejas, El Zamorano, La Suiza y Matasano) se distribuyen en cuatro aldeas (Sartenejas, El Zamorano, Matasano y El Zapotillo), quedando La Suiza englobada en la aldea de Sartenejas.

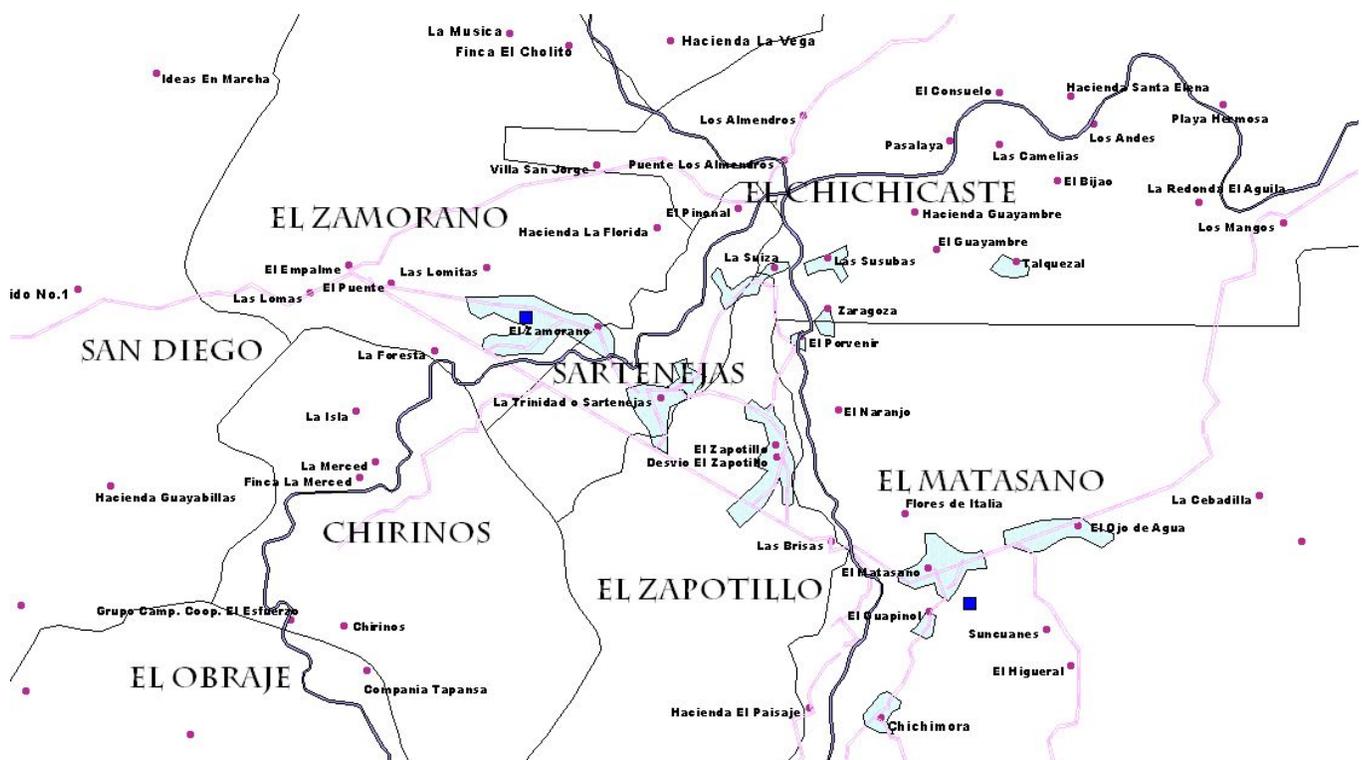


Ilustración 2.1. Localizaciones de las aldeas y caseríos incluidos en el estudio.

No todos los caseríos incluidos en las aldeas se encuentran en el ámbito del proyecto. Ese es el caso de las aldeas de El Zamorano y El Zapotillo, en los que la mayoría de los caseríos quedan fuera del proyecto. (Ver Ilustración 2.1).

Este proyecto supone la mejora del abastecimiento a los caseríos de las aldeas que se describen a continuación:

- Sartenejas: Sartenejas, Desvío Sartenejas y La Suiza¹;
- El Zamorano: El Zamorano.

De manera indirecta se mejora el abastecimiento a las comunidades de El Zapotillo (El Zapotillo, Desvío Zapotillo y Las Brisas) y Matazano, ya que pueden disponer de manera completa del suministro del Sistema de El Águila. Se dispone, en caso de emergencia, de una salida que permite colocar una conducción hacia estas comunidades, por lo que también se las incluye en una de las estimaciones de la demanda futura de agua.

Para realizar los cálculos de la demanda de agua se ha trabajado con datos de distribución poblacional de los años 1.998, 2.001 y 2.004, y se muestran en la tabla 2.1. Los datos de 1.998 pertenecen a la municipalidad, los datos de 2.001 se han encontrado en el informe Tahal-GeoConsult (2.003) y también son los mismos datos que aparecen en la capa de aldeas y caseríos del GIS proporcionado por ESNACIFOR; a excepción de los datos de la aldea de El Zapotillo. Los datos de 2.004 han sido proporcionados por el Centro de Salud de El Zapotillo.

Tabla 2.1. Censo poblacional de los caseríos que se sitúan en el área de actuación de Geólogos del Mundo.

Aldea	1998		2001		2004	
	Viviendas	Población	Viviendas	Población	Viviendas	Población
Sartenejas*	195	1064	202	859	225	1110
Matasanos			133	676	168	793
El Zapotillo	109	552	160	614	197	789
El Zamorano	93	472	172	683	289	890
Total	397	2088	667	2832	879	3582

Fuente

Municipalidad

Infoagro, Gis

Centro Salud

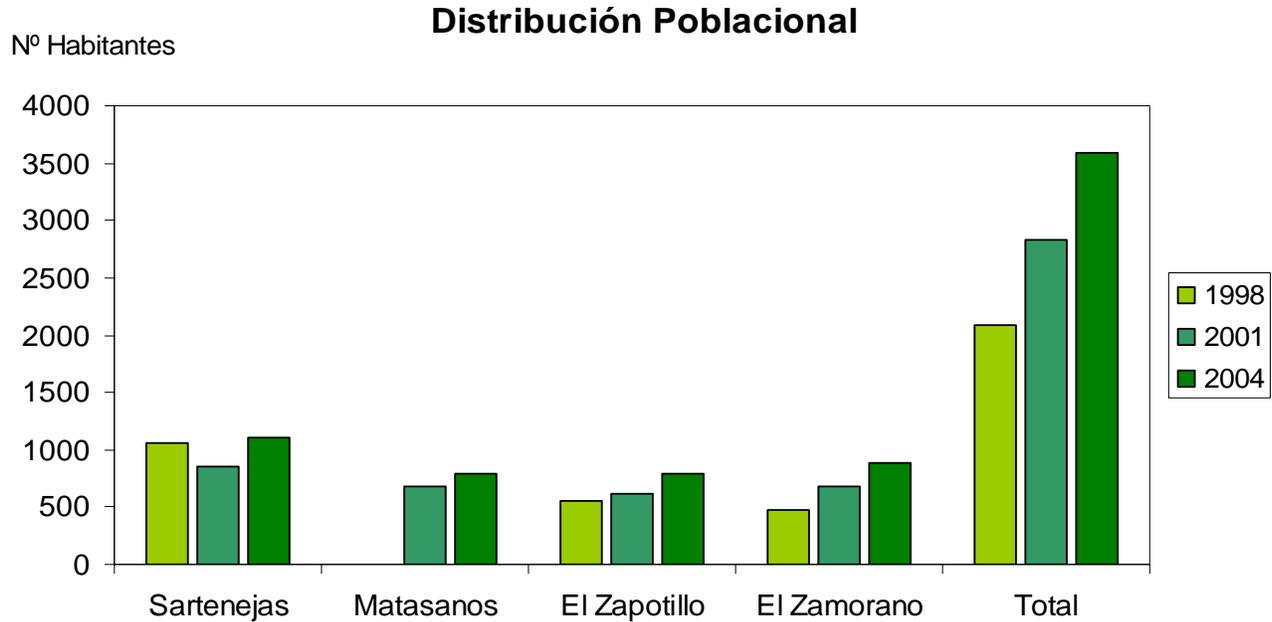
* Incluye La Suiza

De la tabla 2.1. se determina que el crecimiento anual de la poblacional es un 11.8% entre 1.998 y 2.001, y de un 8,8 % en el periodo 2.001-2.004. Parece que la tendencia poblacional presenta un menor crecimiento en el último período, pero hay que considerar que falta el dato del Matazano para el año 1.998, por lo que el crecimiento se ha visto exagerado. Por otro lado, en el último período, entre 2.001 y 2.004, se ha construido una nueva colonia de 40 casas en El Zamorano. Así, este crecimiento poblacional no es un fiel reflejo de la tendencia natural de crecimiento de la población. Tomando en consideración estos hechos se ha estimado como media un **crecimiento poblacional anual del 5%**.

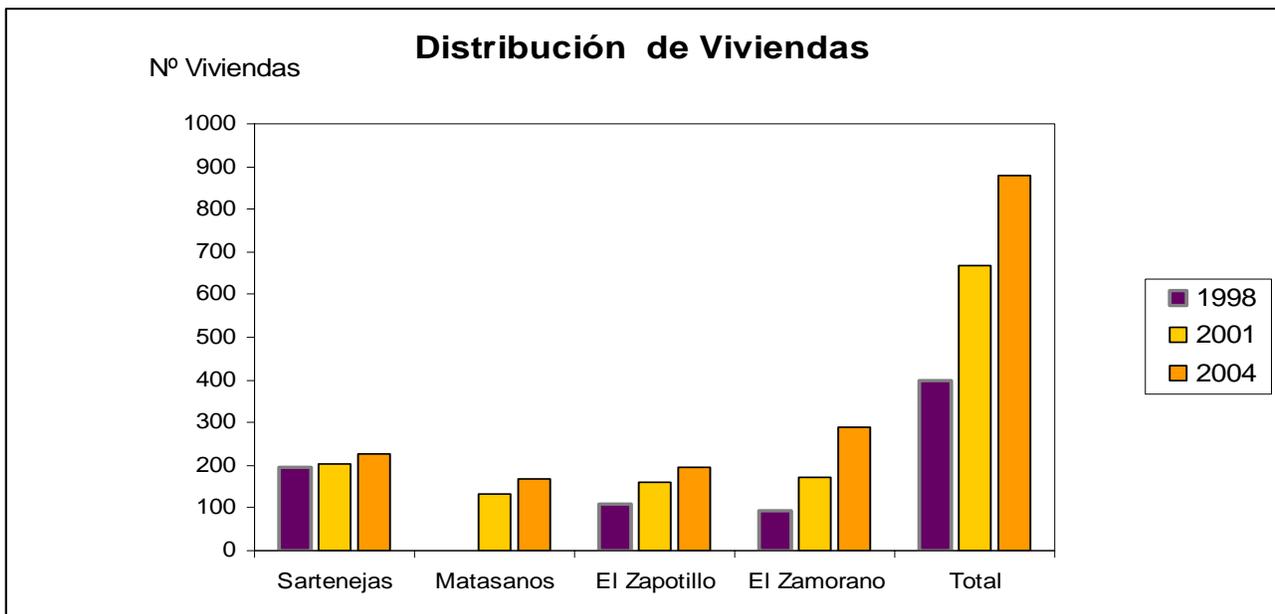
En las gráficas 2.1 y 2.2. se representan los valores para cada una de las aldeas, así como los valores totales, tanto en número de habitantes como de viviendas. La tendencia en los dos parámetros considerados es hacia el aumento, a la excepción de Sartenejas entre los años 1.998 y 2.001, que observó un ligero descenso en el

¹ En el caso de La Suiza se ha acometido el mero abastecimiento, ya que hasta la fecha no disponía de suministro.

número de habitantes (probablemente debido al incremento en la emigración al extranjero).



Gráfica 2.1. Distribución poblacional de los caseríos de las aldeas en que se desarrolla el proyecto.



Gráfica 2.2. Distribución de viviendas en las aldeas incluidas en el proyecto.

Cruzando los datos de número de habitantes y número de viviendas es posible obtener el balance del número de personas que habita cada una de las viviendas. Se

ha hecho este cálculo para el total de las aldeas en el año 2.004, y ha dado como resultado una media de 5 personas. Este número es reducido en comparación a los valores medios de Honduras, por lo que en las estimaciones de la demanda de agua se ha incluido un valor de 6 personas por vivienda. Este aumento se debe principalmente al aumento en la emigración que ha provocado la disminución de personas en cada vivienda, por un lado, y por otro lado la desocupación de viviendas enteras que han provocado la disminución general de la ratio. Para obtener un dato más fiable sería necesario disponer del número de casas ocupadas/desocupadas en el área de estudio. Al no disponer de esos datos se ha considerado el valor medio mencionado anteriormente, es decir, **6 personas por vivienda**. Se observa, por este motivo, que en algunos casos no coincide el número de habitantes total con el de personas/vivienda por el número de casas.

Una vez obtenidos estos datos se han incluido en el programa de cálculo utilizado por el SANAA en sus estudios, que permite calcular la demanda de agua futura. Estos cálculos se han realizado tanto para:

- las comunidades implicadas actualmente de manera directa en el proyecto (La Suiza, Sartenejas y El Zamorano),
- para las cinco, de modo que se obtenga la predicción en el caso de incluir, en un futuro, a estas dos comunidades en el sistema de suministro, y
- de manera individual a la comunidad de La Suiza.

En la tablas 2.2 se muestran los cálculos para un período de 5, 10, 15, 20 y 30 años a partir del año 2.005.

La obtención de los distintos parámetros se ha realizado de la siguiente manera:

- Se ha considerado una **dotación de 20 Galones por persona y día**.
- La **población futura** es la población actual*(1+K/100)^N, siendo K la tasa de crecimiento y N el período de diseño considerado.
- El **consumo medio diario** (Cmd) es la Dotación*PobFut/1440.
- El **consumo máximo diario** (C_{MD}) es el Cmd*1.5.
- El **consumo máximo horario** (Cmh) es Cmd*2.25.
- El **caudal de diseño por casa** (Qcasa) es Cmh/Nº Casas.
- El **volumen total de agua al día** se refiere a la cantidad de agua diaria que hace falta suministrar para cubrir las necesidades de las comunidades consideradas en cada caso, y se calcula multiplicando la Dotación por el Nº de habitantes.

Al incluir a todas las comunidades las necesidades totales de agua al día ascienden a algo menos del doble, aproximadamente; y este aumento es mayor conforme se avanza en el tiempo. En la actualidad, y considerando las tres comunidades implicadas, las necesidades de agua se cubren con dos tanques completos. De continuar el crecimiento de población y el consumo de agua con las tendencias actuales, cada 10 años será necesario un tanque diario más, es decir, dentro de 10 años harán falta tres tanques, y dentro de 20 años cuatro.

Tabla 2.2. Estimaciones de las demandas de agua actual y futura considerando las cinco comunidades implicadas directa e indirectamente, considerando las tres comunidades afectadas directamente, y de manera individual para la comunidad de La Suiza.

Nº CASAS AÑO 2005	879	ESTIMACIÓN PARA LA POBLACIÓN				
TASA DE CRECIMIENTO	5.0	TOTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO				
Densidad por casa	6					
AÑO	2005	2010	2015	2020	2025	2035
POBLACIÓN	3582	4572	5835	7447	9504	15481
Consumo medio diario	49.8	63.5	81.0	182.3	132.0	215.0
Consumo máximo diario	74.6	95.2	121.6	155.1	198.0	322.5
Consumo máximo horario	111.9	142.9	182.3	232.7	297.0	483.8
Caudal diseño por casa	0.13	0.16	0.21	0.26	0.34	0.55
Volumen total de agua al día (Gal)	71640	91433	116694	148934	190082	309624

Nº CASAS AÑO 2005	514	ESTIMACIÓN PARA LA POBLACIÓN				
TASA DE CRECIMIENTO	5.0	SARTENEJAS-LA SUIZA-EL ZAMORANO				
Densidad por casa	6					
AÑO	2005	2010	2015	2020	2025	2035
POBLACIÓN	2000	2500	3000	3500	4000	5000
Consumo medio diario	27.8	34.7	41.7	93.8	55.6	69.4
Consumo máximo diario	41.7	52.1	62.5	72.9	83.3	104.2
Consumo máximo horario	62.5	78.1	93.8	109.4	125.0	156.3
Caudal diseño por casa	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.30
Volumen total de agua al día (Gal)	40000	50000	60000	70000	80000	100000

Nº CASAS AÑO 2005	25	ESTIMACIÓN PARA LA POBLACIÓN				
TASA DE CRECIMIENTO	5.0	LA SUIZA				
Densidad por casa	6					
AÑO	2005	2010	2015	2020	2025	2035
POBLACIÓN	150	188	225	263	300	375
Consumo medio diario	3.6	2.6	3.1	7.0	4.2	5.2
Consumo máximo diario	5.5	3.9	4.7	5.5	6.3	7.8
Consumo máximo horario	8.2	5.9	7.0	8.2	9.4	11.7
Caudal diseño por casa	0.33	0.23	0.28	0.33	0.38	0.47
Volumen total de agua al día (Gal)	3000	3750	4500	5250	6000	7500



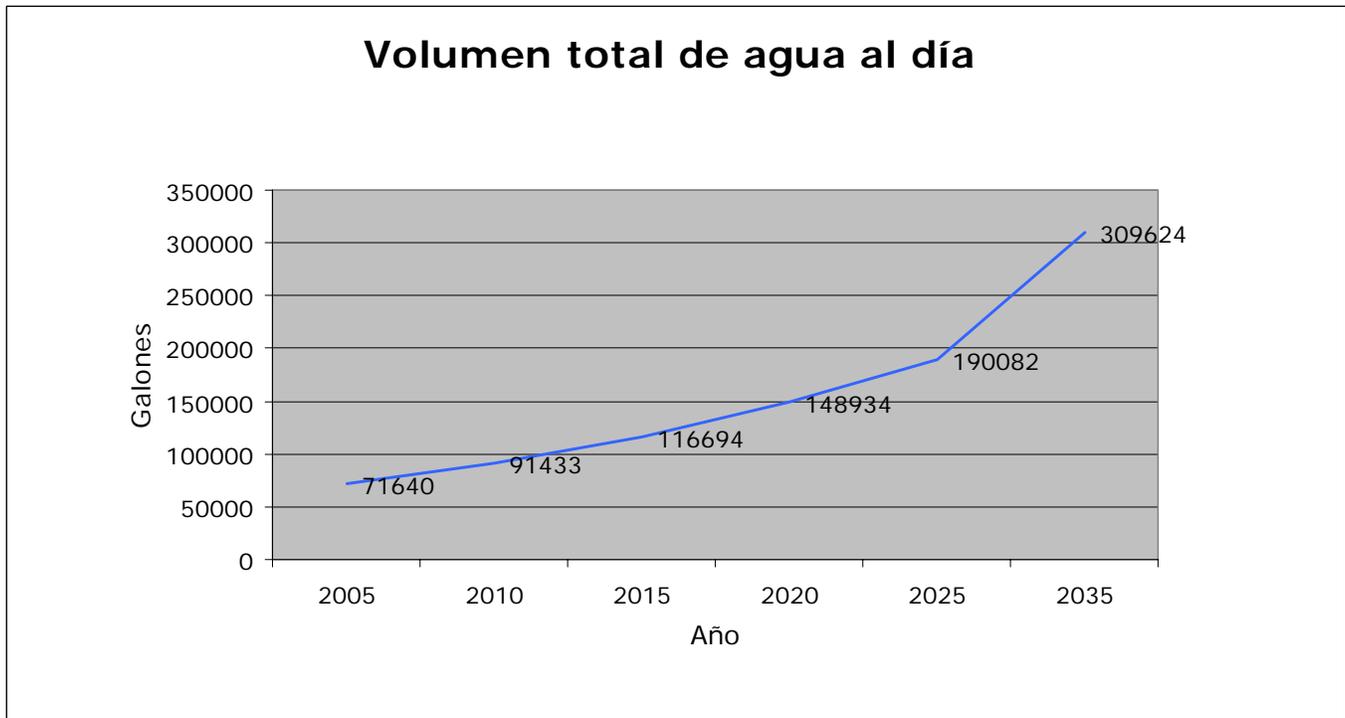
Gráfica 2.3. Consumo desglosado por comunidades.

En la gráfica 2.3 se han representado los consumos porcentuales sobre el total de cada una de las comunidades. Se observa que Sartenejas y El Zamorano presentan consumos similares, próximos al 45%, siendo La Suiza la que menos aporta en términos de consumo, el 8%.

Esta relación de consumo se mantiene a lo largo del tiempo, ya que se han considerado tasas de crecimiento iguales para las tres comunidades.

En el caso en que se incluyan las cinco comunidades las aportaciones al consumo aumentan para el año 2.005 de 40.000 Gal a 71.640 Gal, lo que representa un aumento del 56%.

La evolución de las necesidades de agua en Galones/día, para todas las comunidades implicadas, tanto directa como indirectamente, se muestra en la gráfica 2.4. En ella se observa como las necesidades aumentan en un 332% en 30 años, pasando de 71.640 a 309.624 Galones/día. Este dato ha de considerarse en el mantenimiento y futuras actuaciones en los sistemas de abastecimiento en la zona.



Gráfica 2.4. Evolución de las necesidades del agua para todas las comunidades, para un período de 30 años.

Las principales actividades productivas de las comunidades implicadas pertenecen al sector primario, la agricultura y la ganadería. Los principales cultivos son de grano básico, café y tabaco. Esta actividad no suele presentarse a gran escala, sino que se trata principalmente de una agricultura familiar de subsistencia. El caso de la ganadería es similar. Estas actividades suponen importantes requerimientos de agua que, en ningún caso, han sido considerados en la obtención de los cálculos anteriores.

3.- OBRAS REALIZADAS

3.1. JUSTIFICACIÓN

La problemática del agua potable en las comunidades que comparten el sistema de El Águila se remonta a una decena de años. El acueducto al menos 30 años y fue diseñado para durar y abastecer a las comunidades con un crecimiento para unos 20 años. El crecimiento ha sido muy grande, aumentado por la instalación de colonias, por lo que hoy en día el sistema que ha sufrido modificaciones, reparaciones y pequeñas ampliaciones no ajusta para todas las poblaciones. Las comunidades que se encuentran al final del acueducto (Sartenejas y El Zamorano) son las que reciben menos agua.

El proyecto de Geólogos del Mundo pretende que todas las comunidades tengan un suministro diario de agua por lo que tenía que completar el cupo de agua inyectando más agua en el sistema.

Otra de las prioridades del proyecto era llevar agua a la comunidad de La Suiza, situada de 2,5 km. al norte de Sartenejas, ya que ésta nunca tuvo un sistema de agua potable.

Para alcanzar los objetivos del proyecto se tuvo en cuenta las infraestructuras presentes en las comunidades (ver mapa 3.1.1), como son:

- ✓ Las conducciones del acueducto de El Águila.
- ✓ El pozo de El Zapotillo (P-021), pozo que llevaba abandonado 11 años.
- ✓ La Junta de Agua de las comunidades, que podría organizar el trabajo no cualificado de las obras y aportar materiales como el ladrillo, piedras, arena, madera, etc... También ha estado disponible el fontanero de la junta para explicarnos el sistema y realizar la conexiones.

Tras hacer varios análisis y ensayos, como los del aforo del pozo de El Zapotillo (P-021) se comprobó que el caudal de explotación de dicho pozo era ampliamente suficiente para el abastecimiento de las dos comunidades más necesitadas (Sartenejas y El Zamorano) y para la incorporación de La Suiza. Así que se utilizó el agua del pozo de El Zapotillo para subsanar las necesidades de agua del sistema.

Para almacenar el agua y controlar la inyección al sistema de El Águila se decidió construir un tanque (depósito) y se estimó su capacidad en 20,000 galones (75,000 litros). La ubicación del depósito se seleccionó tras la elaboración de los datos topográficos de los levantamientos.

En resumen, las obras necesarias para completar el proyecto (ver mapa 3.1.1) han sido:

- Adecuación del pozo (P-021): Limpieza, aforo, equipamiento e instalación eléctrica del pozo.
- Construcción de una caseta para albergar el sistema eléctrico de la bomba del pozo.

- Construcción de un Tanque de 20,000 galones.
- Instalación de la tubería del pozo al tanque.
- Conexión mediante tubería de PVC de La Suiza al sistema de El Águila.
- Conexiones de las llaves (grifos) de cada casa de La Suiza.

Sistemas de Abastecimiento

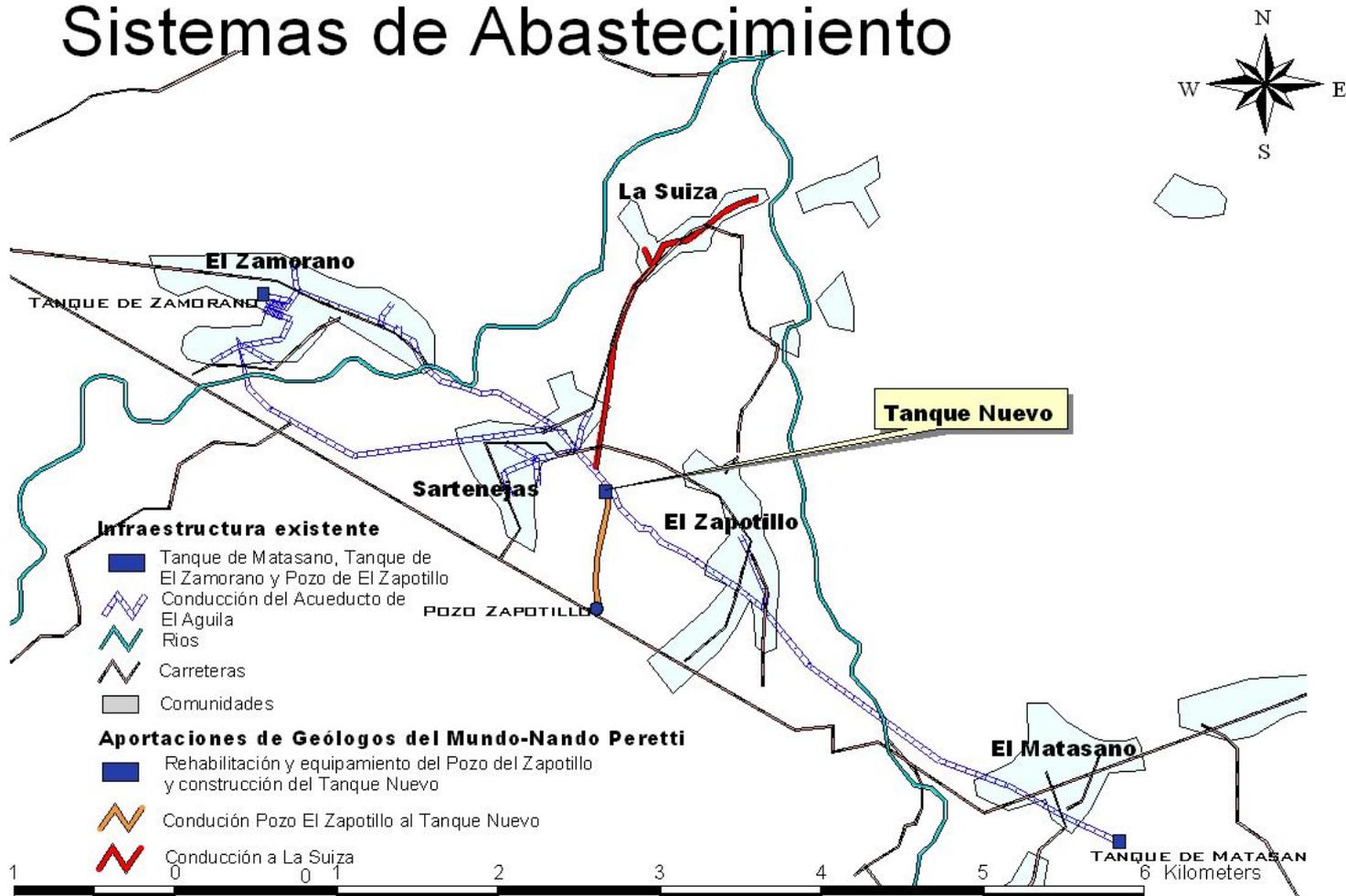


Figura 3.1.1. Infraestructura existente y aportación del proyecto al sistema de abastecimiento de las comunidades de Matasano, El Zapotillo, Sartenejas, El Zamorano y La Suiza

3.2. REHABILITACIÓN POZO DE EL ZAPOTILLO (P-021) LIMPIEZA Y AFORO

El Pozo de El Zapotillo (P-021), fue perforado por el programa ALA 86/20 en marzo de 1994 y desde entonces nunca había sido utilizado. El pozo tenía una profundidad inicial de 72 metros, aunque actualmente los últimos 3,6 metros están aterrados. El diámetro del pozo es de 8 pulgadas y la zona de rejilla se sitúa a partir de los 30 metros de profundidad. Lamentablemente no se ha podido localizar el informe técnico íntegro que acompañaba a la perforación del pozo, por lo que no se dispone de columna litológica del pozo.

Foto 3.2.1. Pozo de El Zapotillo (Junio 2005).



Tabla 2. Situación de la rejilla en el pozo de El Zapotillo.

Profundidad (m)	Tubería
0 – 6	Ciega
6 – 12	Ciega
12 - 18	Ciega
18 – 24	Ciega
24 – 30	Ciega

30 -36	Ranurado
36 – 42	Ranurado
42 – 48	Ranurado
48 – 54	Ranurado
54 – 60	Ranurado
60 -66	Ranurado
66 - 72	Ciego

Una vez identificado el pozo se realizaron tareas de limpieza y aforo del mismo, para evaluar el estado en que se encontraba y ver si podría aportar el caudal suficiente para cubrir la demanda de agua de las comunidades en las que se quería actuar. La limpieza se realizó el 12 de julio y en ella se utilizó aire comprimido a lo largo de 4 horas.

Foto 3.2.2. Limpieza del pozo de El Zapotillo (P-021). Julio 2005.



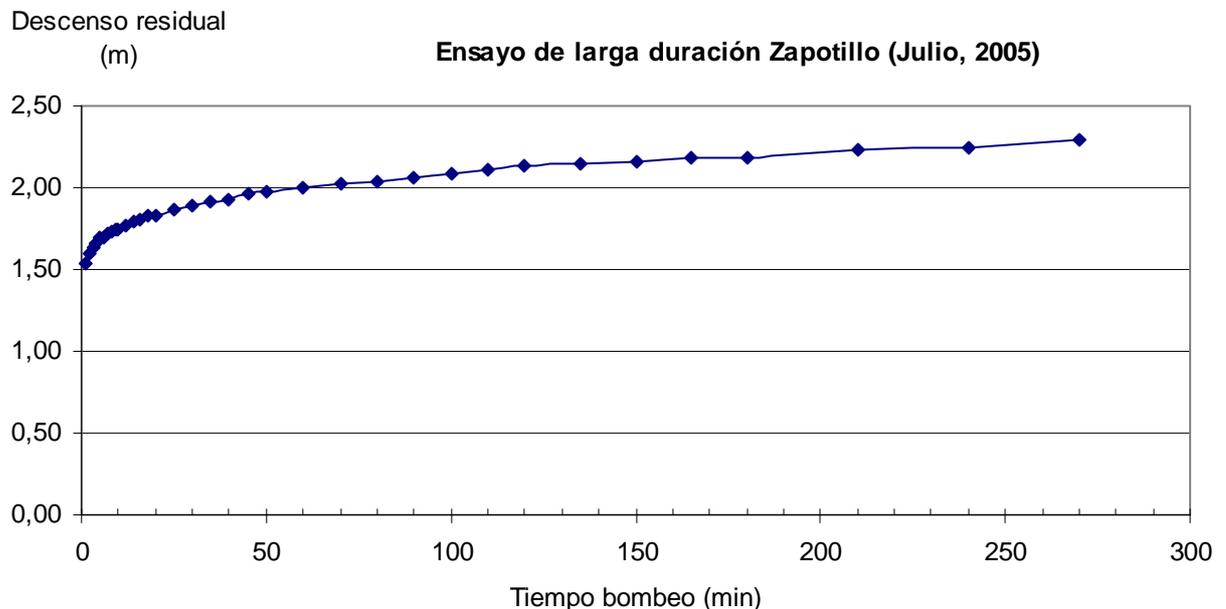
Tras la limpieza del pozo de El Zapotillo, se procedió a realizar el ensayo de bombeo escalonado y ensayo a caudal constante de larga duración. El ensayo de bombeo a caudal variable sirvió para establecer los descensos y así determinar el caudal de bombeo para el aforo.



Foto 3.2.3. Ensayo de bombeo del pozo de El Zapotillo (Julio 2005).

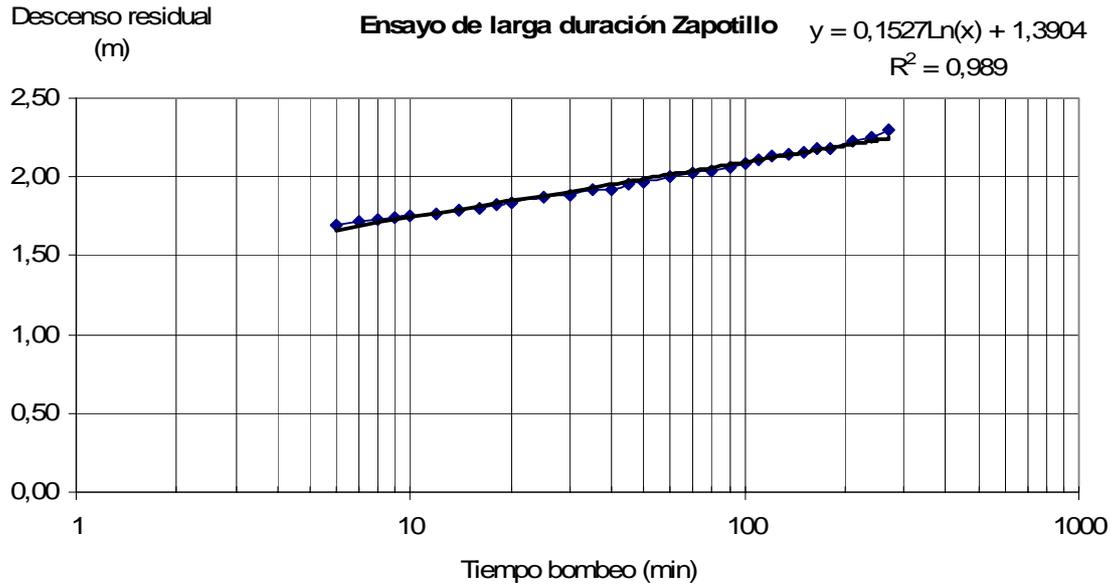
En el ensayo escalonado se realizaron 4 escalones de 110 gpm (6, 94 L/s), 132 gpm (8,33 L/s), 156 gpm (9,84 L/s) y 188 gpm (11,86 L/s) con una duración de 30, 20, 16 y 10 min respectivamente y produciéndose un descenso total de 2,07 m. Esta prueba preliminar sirvió para determinar que el pozo era capaz de aportar el caudal necesario para cubrir la demanda de las comunidades.

El ensayo a caudal constante se realizó desde las 10 de la mañana de 16 de Julio hasta las 10 de la mañana del 17 de Julio (24 horas) a 100gpm (11,88 L/s) produciéndose un descenso de 2,70 m. Remarcar que en 24 horas no se produjo la estabilización del nivel, aunque las últimas medidas mostraron una clara tendencia hacia la estabilización (Ver Figura x). Una vez finalizado el bombeo se procedió a medir la recuperación del nivel durante 4 horas. (Ver Tabla 3.2.1.). A partir de las curvas de bombeo y recuperación se estima una transmisividad de unos 480 m²/día (Ver Gráficas de 3.2.1 a 3.2.4. y Anexos 4 y 5).



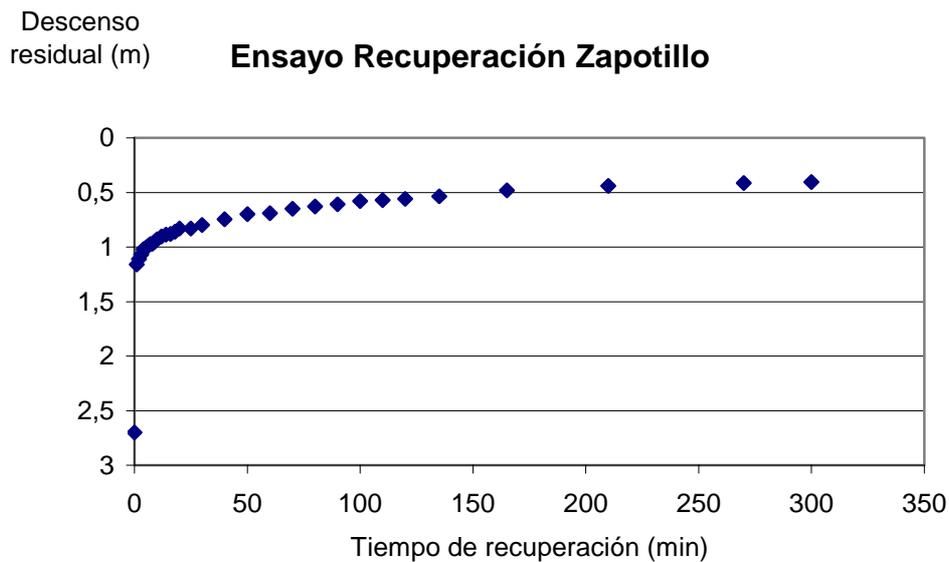
Gráfica 3.2.1. Curva descenso tiempo del ensayo de bombeo de larga duración realizado en el pozo de El Zapotillo (P-021), 16 y 17 Julio de 2005.

Figura x)

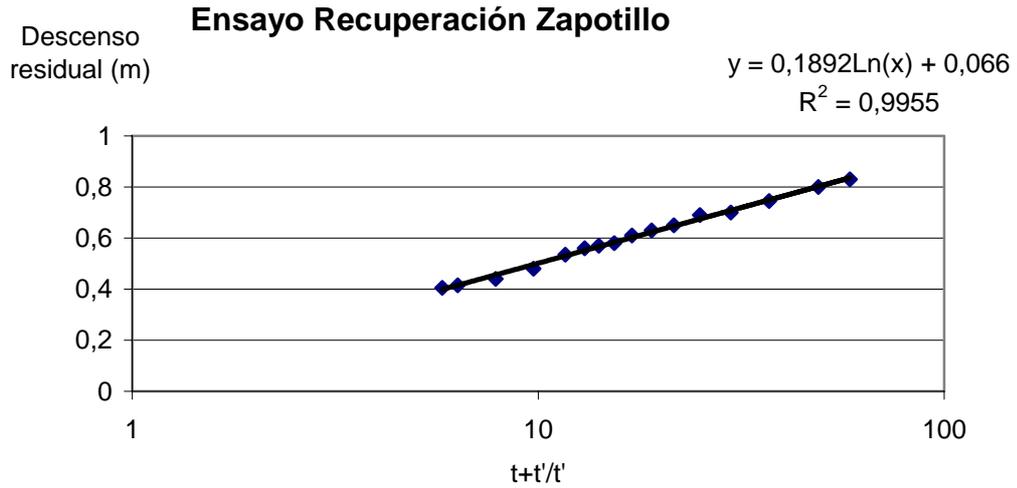


Q	L/s	11,86	m ³ /día	1024,70
m	ln	0,1527	lg	0,351
T	m ² /día			533,93

Gráfica 3.2.2. Curva descenso – lg tiempo del ensayo de larga duración realizado en el pozo El Zapotillo (P-021), julio 2005.



Gráfica 3.2.3. Curva descenso tiempo de recuperación en el pozo El Zapotillo (Julio, 2005).



Q	L/s	11,86	m ³ /día	1024,70
m	ln	0,1892	lg	0,44
T	m ² /día			430,92

Gráfica 3.2.4. Curva descenso residual / tiempo de Horner ($t+t'/t'$) para el ensayo de recuperación realizado en el pozo El Zapotillo (julio, 2005).

A partir de los ensayo de bombeo escalonado y constante se determinó que el caudal de explotación recomendado del pozo sería de 6 a 7 L/s, es decir de 95 a 110 gpm.

3.3. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Para la elaboración de las obras propuestas fueron necesarias las ejecuciones de tres levantamientos topográficos con teodolito (ver localización de los levantamientos en la Figura 3.3.1). Estas fueron realizadas gracias al convenio de colaboración con el SANAA-PRRACAGUA por el técnico de esta institución, Ernesto Flores.

Estos datos han sido esenciales para calcular diversos aspectos básicos para el proyecto como son:

- La mejor ubicación para el tanque.
- La capacidad de la bomba.
- El diámetro idóneo de la conducción entre el pozo y el tanque.
- Las pérdidas de presión de la línea de conducción de El Águila entre el tanque de nueva construcción, Sartenejas y el tanque de El Zamorano.
- El diámetro idóneo de la conducción entre el tanque y la comunidad de La Suiza.



Foto 3.3.1-Levantamientos topográficos del pozo al tanque (derecha) y de La Suiza (izquierda)

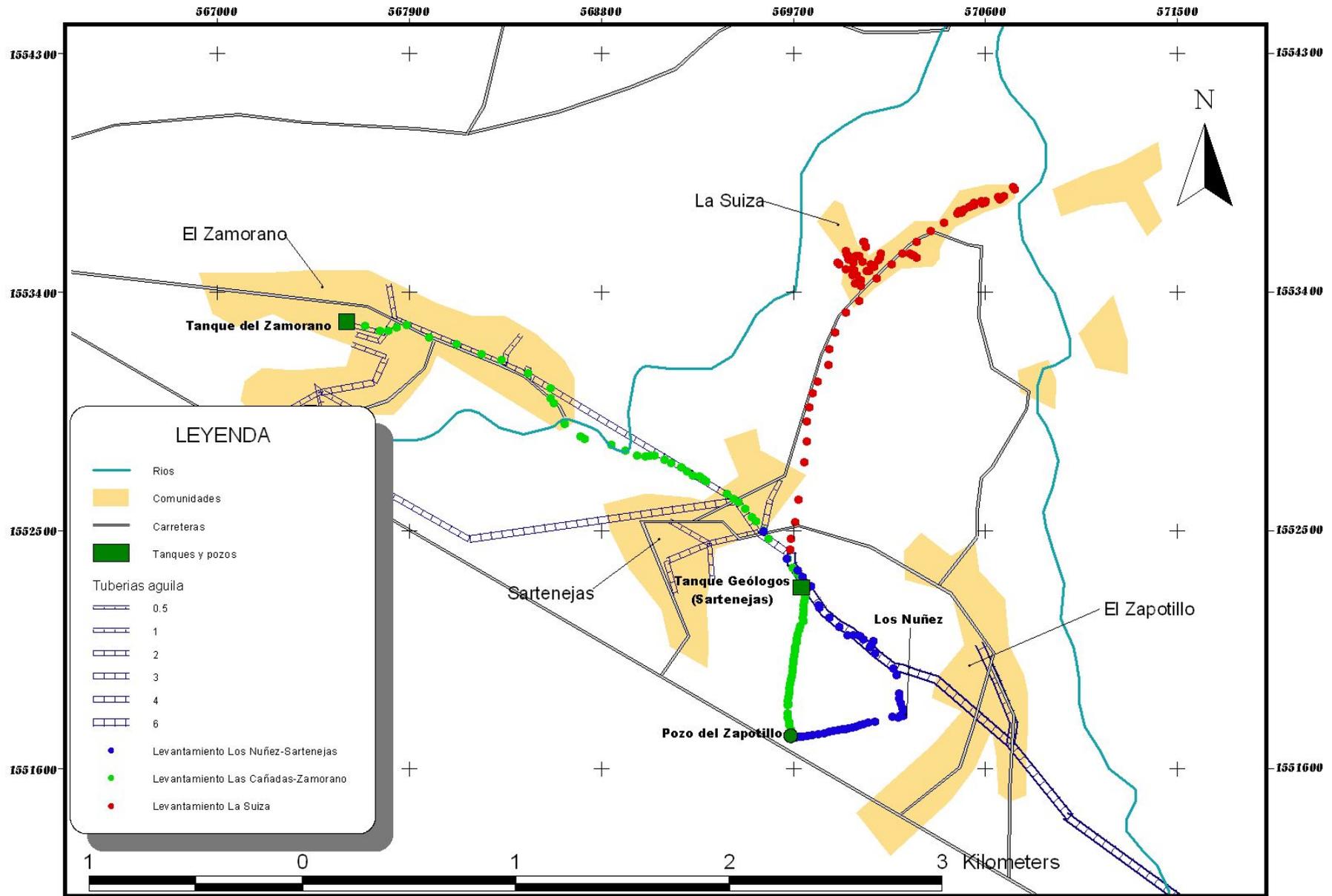


Figura 3.3.1. Mapa de localización de los levantamientos topográficos

Ubicación del Tanque

La ubicación del tanque de distribución ha sido una tarea complicada debido a la topografía plana del terreno. Las únicas posibilidades se limitaban a una serie de cerro no muy elevado situados entre Sartenejas y El Zapotillo. El primer lugar seleccionado fue en el cerro llamado "Los Nuñez" cercano a la población de El Zapotillo, por sugerencia de miembros de la Junta de Agua. Para estimar más precisamente la cota y la distancia hasta el pozo, se realizó un primer levantamiento del pozo pasando por "Los Nuñez" hasta la comunidad de Sartenejas siguiendo las tubería del sistema de El Águila por el que circularía el agua del tanque (ver el perfil del levantamiento en la grafica 3.3.1 y los datos del levantamiento en el Anexo 7).

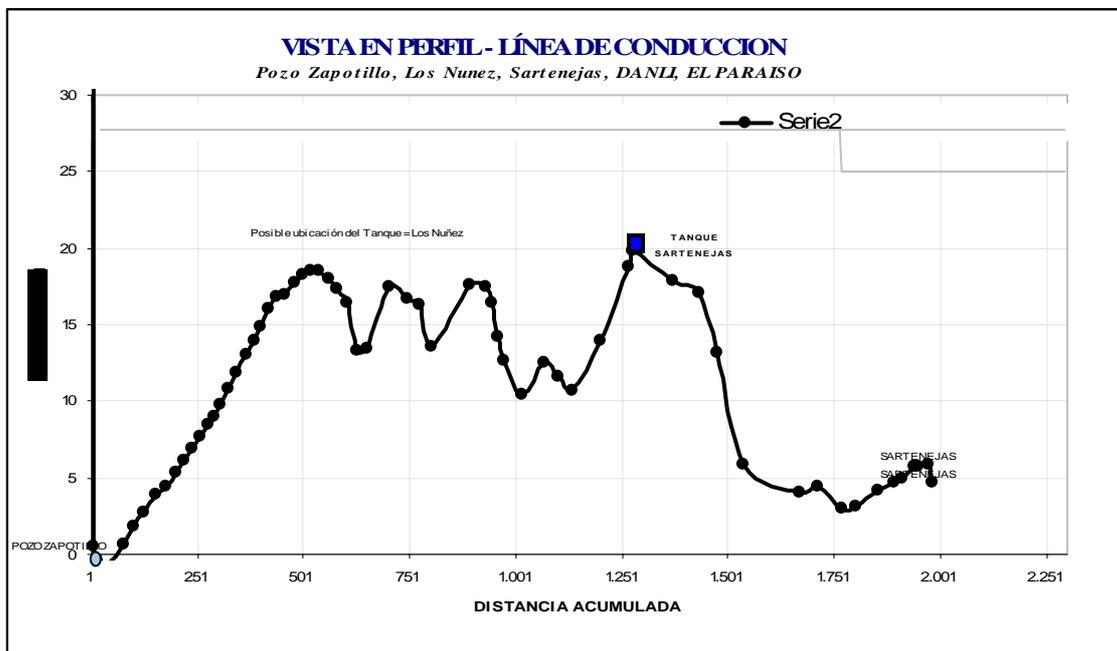


Figura 3.3.2. Perfil del levantamiento Pozo Zapotillo - Los Nuñez - Sartenejas.

El levantamiento reveló la existencia de un mejor punto para la ubicación del tanque, en el cerro llamado "Las Cañadas" cercano a Sartenejas, y a través del cual sería imposible el paso de Los Nuñez a Sartenejas-Zamorano-La Suiza. Se decidió por tanto hacer un segundo levantamiento, esta vez desde el pozo de El Zapotillo, pasando por el cerro de "Las Cañadas" y Sartenejas hasta el tanque de El Zamorano. Este perfil sí que dio un resultado positivo, por lo que se la ubicación del tanque quedó fijada en Las Cañadas.

(Ver perfil del levantamiento entre el pozo y el tanque en la Figura 3.3.2 y el perfil entre el tanque de Sartenejas – Las Cañadas- y el tanque del Zamorano en la Figura 3.3.3. Los datos del levantamiento están disponibles en el anexo 7).

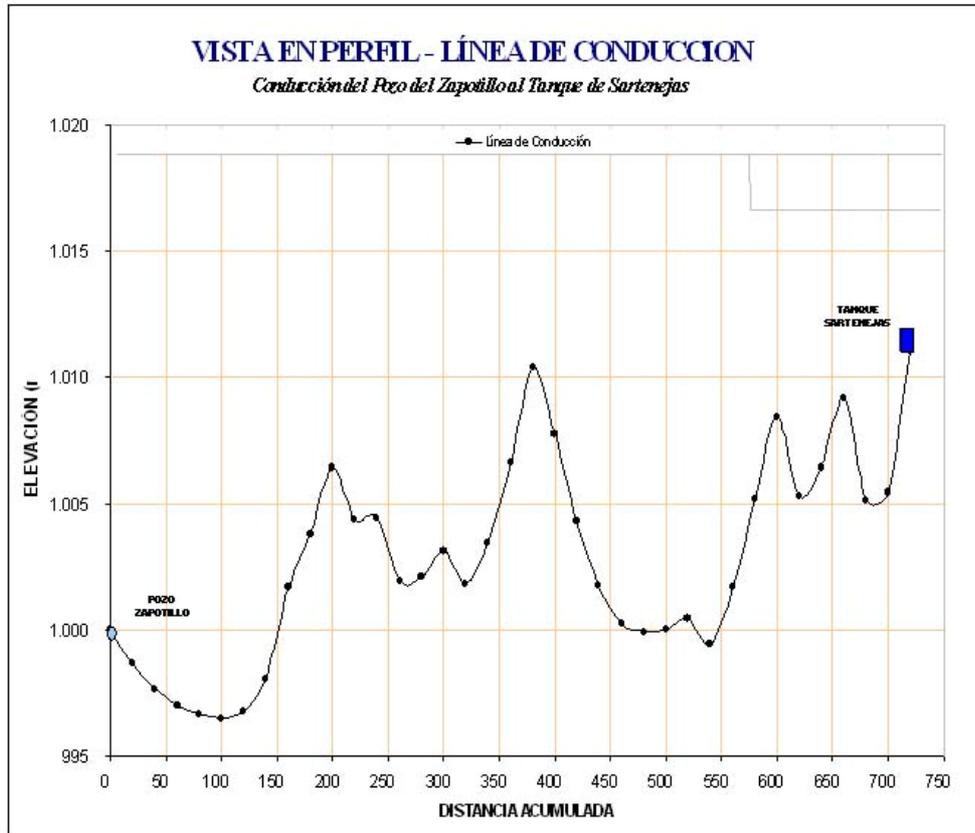


Figura 3.3.3. Perfil levantamiento entre el Pozo de El Zapotillo y el Tanque de Sartenejas

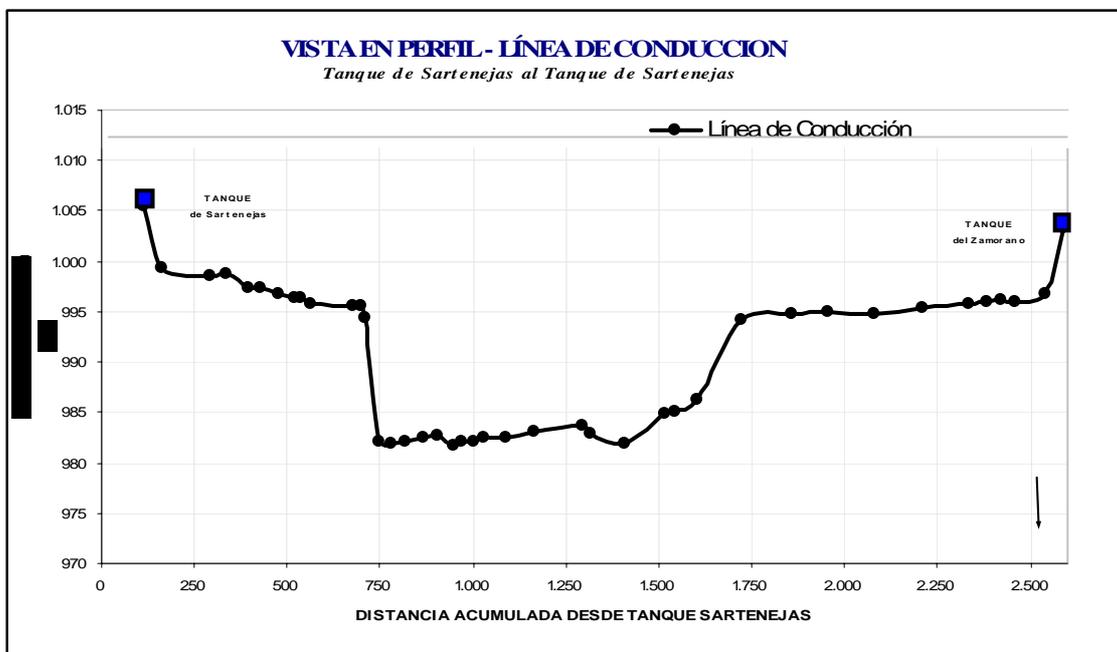


Figura 3.3.4. Perfil del levantamiento ente el Tanque de Sartenejas y el Tanque de El Zamorano

Levantamiento de la Suiza.

El levantamiento de la comunidad de La Suiza se realizó para calcular la distancia exacta hasta cada casa de la comunidad (25 casas) y la diferencia de altura con el tanque para poder calcular los diámetros de la tubería, así como la cantidad necesaria.

Ver perfil del levantamiento en la Figura 3.3.5 y los datos en el Anexo 7.

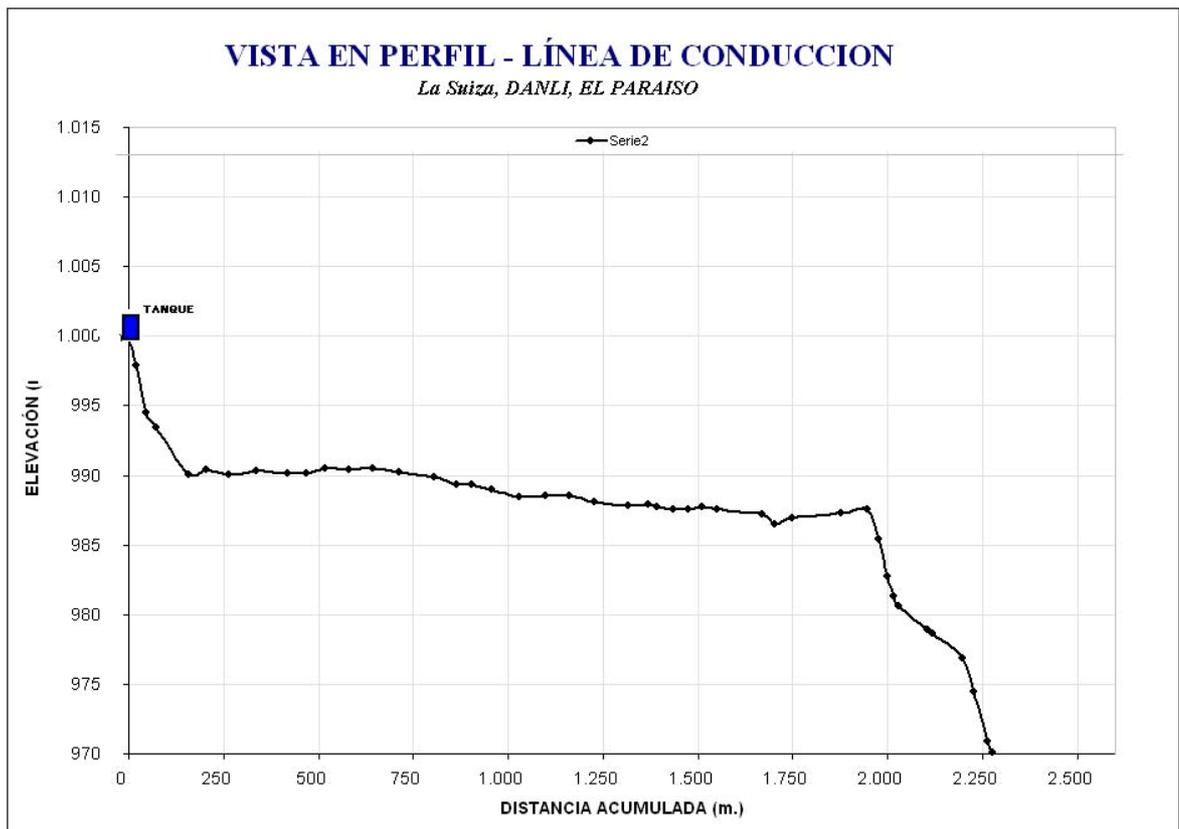


Figura 3.3.5. Perfil del Levantamiento del Tanque de Sartenejas al La Suiza.

3.4.- EQUIPAMIENTO E INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA BOMBA

Para todos los temas relacionados con el equipamiento e instalación eléctrica del pozo P-021, Pozo del Zapotillo, se contrató a la empresa Bombas y Electricidad S.L. Entre las tareas realizadas por esta empresa estaban el suministro de materiales necesarios, la tramitación de los permisos para el alta eléctrica con la ENEE y la instalación de los materiales en el pozo.

Para la elección de la bomba adecuada a las características del sistema se utilizaron datos de los levantamientos topográficos, como la distancia exacta entre pozo y tanque (720 m.) y la diferencia de cota (unos 19 m.), cálculos de pérdidas de presión en la red (11,48 m.) medidas con el diámetro de la tubería (3") y el caudal (90 gl/min) y capacidad del tanque (20.000 galones).

La bomba comprada (foto 3.4.1) es una bomba sumergible para pozos Myers 66P1090 de 7,5 Hp (7,5 Cv), adaptada para trabajar con 90 gl/min de caudal. El motor de la bomba es un Franklin Electric 02K19-25-0073 de 7,5 Hp, monofásico. En la tabla 3.6.1 se muestran un resumen de las características de la bomba y el motor, y en el anexo 8 los datos y curvas de la bomba. La bomba y el motor sumergible fueron instalados a 24 metros de profundidad con más de 3 lances de tubería HG de 3".

Tabla 3.4.1. Características de la instalación.

Bomba Sumergible	
Marca	Myers
Serie	66P1090
Potencia	7,5 Hp (Cv)
Caudal idóneo de trabajo	90 gl/min
Rango de trabajo	60 – 110 gl/min

Motor Sumergible	
Marca	Franklin Electric
Serie	02K19-25-0073
Modelo	2261119020
Potencia	7,5 Hp (Cv)
Fases	Monofásico

Datos del sistema del pozo-tanque	
Profundidad de la bomba	24,4 m. (200 pies)
Diámetro de la bomba	6"
Diámetro del pozo	8"
Distancia pozo-tanque	720 m.
Desnivel	19,78 m.
Caudal establecido	90 gl/min
Diámetro conducción	3 "
Perdidas conducción	11,48 m.



Foto 3.4.1.. Bomba instalada en el pozo.



Foto 3.4.2. Accesorios de la bomba.

Los accesorios de la bomba instalados (foto 3.4.2) son:

- 2 válvulas check de 3"
- 2 válvulas de compuerta de bronce, una situada al comienzo de la línea de conducción al tanque y otra colocada tras una Tee para poder aforar el caudal.
- una reducción a ¼" para la colocación de un manómetro
- un manómetro de glicerina de 200 Psi.

La instalación eléctrica de la bomba cuenta con:

- Transformador de 15 Kw (ver foto 3.4.3)
- Poste de luz de 40 pies (XX m.) (ver foto 3.4.3)
- Contador
- Foco de alumbrado público
- Cuadro de mandos del pozo (ver foto 3.4.4) en el que se controla el encendido y apagado de bomba y las posibles fallas del sistema.
- Caseta del pozo para proteger el cuadro de mandos (ver foto 3.4.5).
- Flotador sensor de nivel que permite el funcionamiento automático del sistema, de tal forma que al llenarse el tanque la bomba se apaga y cuando la capacidad del tanque a disminuida a 2/3 de si capacidad se vuelve a encender.
- Poliducto de 730 metros que permite conectar el flotador instalado en el tanque con el cuadro de



Foto 3.4.3. Poste eléctrico.

mandos del pozo. Este cableado se encuentra aterrado junto a la tubería de conducción.

- Sensor del nivel del agua instalado unos pies sobre bomba para poder avisar de un descenso demasiado grande del nivel dinámico y poder detener el sistema si éste baja por debajo del nivel de la bomba.
- Sensores de sobrecarga y sobrevoltaje.



Foto 3.4.4. Cuadro de mandos del pozo.

3.5. DISEÑO DEL TANQUE

La regulación y control de la inyección de agua del pozo de El Zapotillo al sistema de El Águila requería de un tanque (depósito) de almacenamiento. Esta infraestructura es también de gran utilidad para permitir la cloración del agua, siempre necesaria para el abastecimiento en agua potable.

Las tareas de diseño y construcción del tanque, aunque realizadas principalmente por Geólogos del Mundo, fueron coordinadas con el SANAA-PRRACAGUA y con la junta de agua de las comunidades de actuación. El SANAA, en su proyecto de reconstrucción y mejora del sistema del acueducto de el Águila, tenía prevista la construcción de un tanque en la zona entre Sartenejas y El Zapotillo, para regular el agua de El Águila y facilitar el enlace entre el tanque de Matazano en la cabecera y el tanque de El Zamorano en la parte final del sistema.

Para diseñar la capacidad del tanque se tuvo en cuenta la población estimada dentro de 20 años de las comunidades de El Zamorano, Sartenejas y La Suiza. Estimando un consumo diario de 20 Galones por persona y día y siendo la población futura total de 4000 personas, el volumen de agua necesario es de unos 40,000 Galones (151.416 litros). Para calcular el volumen de tanque necesario hay que multiplicar el consumo máximo diario de las comunidades, 47,1 Galones/min, por 1440 (minutos en un día) por el 35% (porcentaje del volumen de agua total por día que necesita el tanque). Se necesita un tanque de 21,000 galones, siendo la capacidad final del tanque construido de 20.325 galones (76.940 litros). Para abastecer enteramente a las comunidades con el agua del pozo, se necesitan llenar 2 tanques al día.

Las dimensiones del tanque y del hipoclorador son:

TANQUE
Altura útil (h): 2,50m
Radio interno: 3,13 m.
Diámetro interno (D): 6,26
Perímetro interno: 19,65 m.
Área interno útil: 30,78 m ²
Volumen interno: 76,94 m ³ (20.325,4 galones, 76.940 litros).
Espesor de las paredes (e): 47 cm.
Diámetro de la losa: 7,5 m.
Espesor de la losa: 10 cm.
Diámetro externo: 7,20 m.

HIPOCLORADOR

Altura externa: 1 m.

Largo externo: 87 cm.

Ancho externo: 85,5 cm.

Altura útil de agua: 70 cm.

Largo interno: 73 cm.

Ancho interno: 70,5 cm.

Volumen útil: 3,6025 m³ (9517 galones ; 360,25 litros)

Este tanque cuenta con las siguientes salidas y entradas (ver Figura 3.5.1):

Salidas:

- un salida de 6" (152 mm.) con dirección hacia la comunidad de Sartenejas. Un diámetro tan elevado no es necesario actualmente ya que la conexión con la tubería cercana de El Águila es de 3" (76 mm.), pero debido a que el proyecto del SANAA-PRRACAGUA contempla un posible aumento del diámetro de El Águila en esa zona a 6", la salida debía ser compatible con las ampliaciones del sistema.

- Una Salida de 4" (102 mm.) con dirección hacia la comunidad de El Zapotillo. Esta salida fue propuesta por las comunidades para poder dar salida al agua del pozo hacia las comunidades de El Zapotillo y la zona baja de Matazanos en caso de emergencia o colapso de la captación de El Águila.

Entradas:

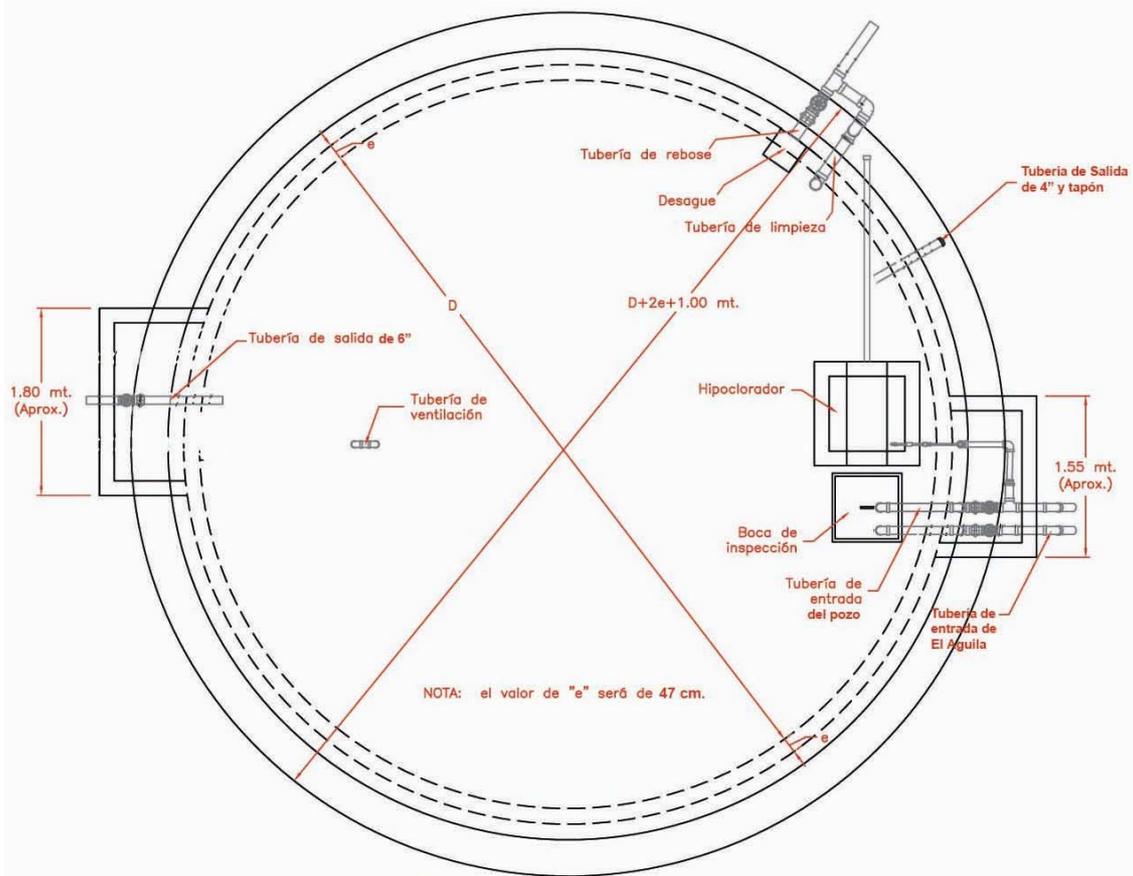
- Un entrada de 4" (102 mm.) para recibir el agua propulsada por la bomba del pozo de El Zapotillo. Pese a tener la conducción un diámetro de 3", la entrada se estimo de 4" para prever futuras ampliaciones.

- Un entrada de 4" (102 mm.) para recibir el agua de El Águila. Esta entrada fue diseñada para poder utilizar el tanque, no sólo para almacenar el agua del pozo sino también para poder enlazarlo con el sistema, pudiéndolo utilizar para controlar y distribuir mejor el agua de El Águila.

El peso de la losa está sujeto por una columna central, así como por una serie de columnas a los largo de la pared del tanque.

El tanque también cuenta con un hipoclorador de dimensiones interiores de 70,5x73x70 cm; y de dimensiones exteriores de 87x85,5x100 cm, una entrada de agua del pozo para el hipoclorador de ½" (13 mm.), una tubería de limpieza del hipoclorador de 1" (25 mm.) y una tubería de reboso y de limpieza de 3" (76 mm.). El volumen útil del hipoclorador es 360,25 litros.

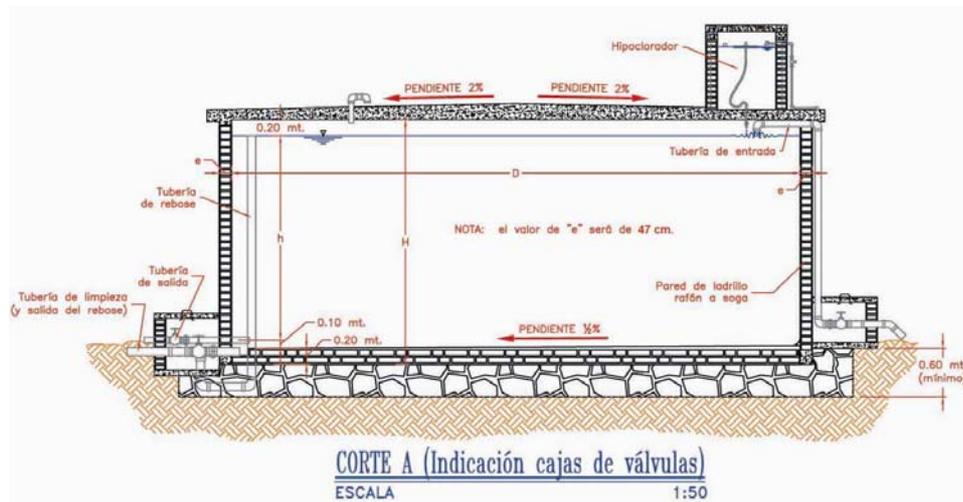
El diseño completo del tanque esta disponible en el Anexo 10.



VISTA DE PLANTA
ESCALA 1:50

<i>DATOS GENERALES TANQUES DE DISTRIBUCIÓN</i>				
<i>Capacidad del tanque</i>	<i>DIMENSIONAMIENTO EN METROS</i>			
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>h</i>	<i>∅ (radiantes)</i>
<i>20,000 galones</i>	<i>6.26</i>	<i>2.90</i>	<i>2.50</i>	<i>0.1013</i>

Figura 3.5.1. Vista en planta del diseño del tanque



CORTE A (Indicación cajas de válvulas)
ESCALA 1:50

Figura 3.5.2. Sección transversal del tanque

3.6- CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE

La construcción del tanque en las cercanías de Sartenejas está contemplado en el proyecto SANAA de ampliación del sistema de El Águila, por lo que la obra se realizó con la supervisión técnica del SANAA, manejando su diseño de tanque y con el apoyo de ciertos accesorios. Este tanque será utilizado tanto para regular el agua del pozo de El Zapotillo como el agua de El Águila. Para la construcción del tanque se entrevistó a varios maestros de obra, y se seleccionó finalmente a Wilfredo Sevilla, ya que posee una amplia experiencia en construcción de tanque con el SANAA. Se contrató igualmente a un ayudante de obra de la comunidad de El Zamorano.

Las obras se iniciaron el día 06 de Septiembre del 2005 con la nivelación del terreno de Las Cañadas, donde se sitúa el tanque. La finalización de la obra necesitó de 35 días de trabajo, prolongados en 2 meses debido a retrasos por falta de material local (piedra, arena, ladrillo) y por condiciones meteorológicas adversas. El tanque se terminó el día 09 de Septiembre del 2005. En el anexo 11 se adjunta el cuaderno de bitácora realizado por el maestro de obras en el que se detalla el número de personas aportadas como mano de obra no calificada por las comunidades y los materiales utilizados en cada día de trabajo.

Los técnicos de GdM realizaron tareas de administración, gestión y transporte de materiales, coordinación y supervisión técnica de las obras. Los técnicos del SANAA realizaron una supervisión técnica de las obras. .

Un resumen de los materiales utilizados para la construcción del tanque y de los días de trabajo del personal implicado está indicado en la tabla 3.6.1

Tabla 3.6.1. Material y personal invertido en la construcción del tanque.

Materiales utilizados	Unidades	Personal	Días de trabajo
Cemento	314 bolsas	Maestro de obra	35
Arena y grava	80 m ³	Ayudante de obra	30
Madera	1200 pies	Mano de obra no cualificada	179
Piedra	35 metros	Técnicos GdM	40
Ladrillo rafón	3600 unidades	Técnicos SANAA	10
Varillas de ¼	112 lances	Fontanero Junta Agua	5
Varillas de 3/8	98 lances	Pintores	6
Varillas de ½	65 lances		
Arenilla rosada	8 bolsas		
Alambre de amarre	16 bolsas		
Manguera de ½	98 bolsas		
Clavos de 2 ½	6 libras		
Clavos de 3	3 libras		
Clavos de 4	8 libras		
Accesorios	Válvulas, nipples, codos, lances de HG, etc...		

Foto3.6.1. Evolución del tanque



3.7.-REDES DE DISTRIBUCIÓN

A partir de los datos de los levantamientos topográficos realizados y de las necesidades de caudal calculados se han diseñado las redes de conducciones del pozo al tanque y de La Suiza y se han calculado pérdidas de presión y caudales de llegada a las comunidades desde el tanque.

Este trabajo ha sido realizado conjuntamente con el técnico del SANAA, Henry Gudiel. Para los cálculos de la red no se utilizaron los diámetros estrictos, es decir si la tubería es de 2" su diámetro real es de 2,25" y para el diseño se utilizó como diámetro 2,00" para tener un margen de seguridad.

Conducción del Pozo de El Zapotillo al Tanque de Sartenejas.

Mediante cálculos de las necesidades en abastecimiento, la capacidad del tanque y el diseño de la bomba del pozo se estimó que el caudal apropiado de llegada al tanque es de 90 Gal/min (5.68 l/s).

El desnivel entre el tanque y el pozo varió entre los dos levantamientos, indicativo que hubo algún error en los mismos, por lo que se seleccionó para los cálculos el más alto de los dos, como margen de seguridad.

El diámetro idóneo de la tubería de impulsión está entre 3" y 4", por lo que se instalaron 700 metros de 3" y 20 m. de 4". Los datos de pérdidas, velocidades y presiones están resumidos en la tabla 3.7.1 y presentados más extensamente en el anexo 7; ver representación de la conducción en la figura 3.7.1

Los lances de tuberías fueron instalados a 60 cm. de profundidad en un terreno arenoso y aterradas junto a un poliducto con los cables eléctricos del sensor de nivel del tanque (ver foto 3.7.1)

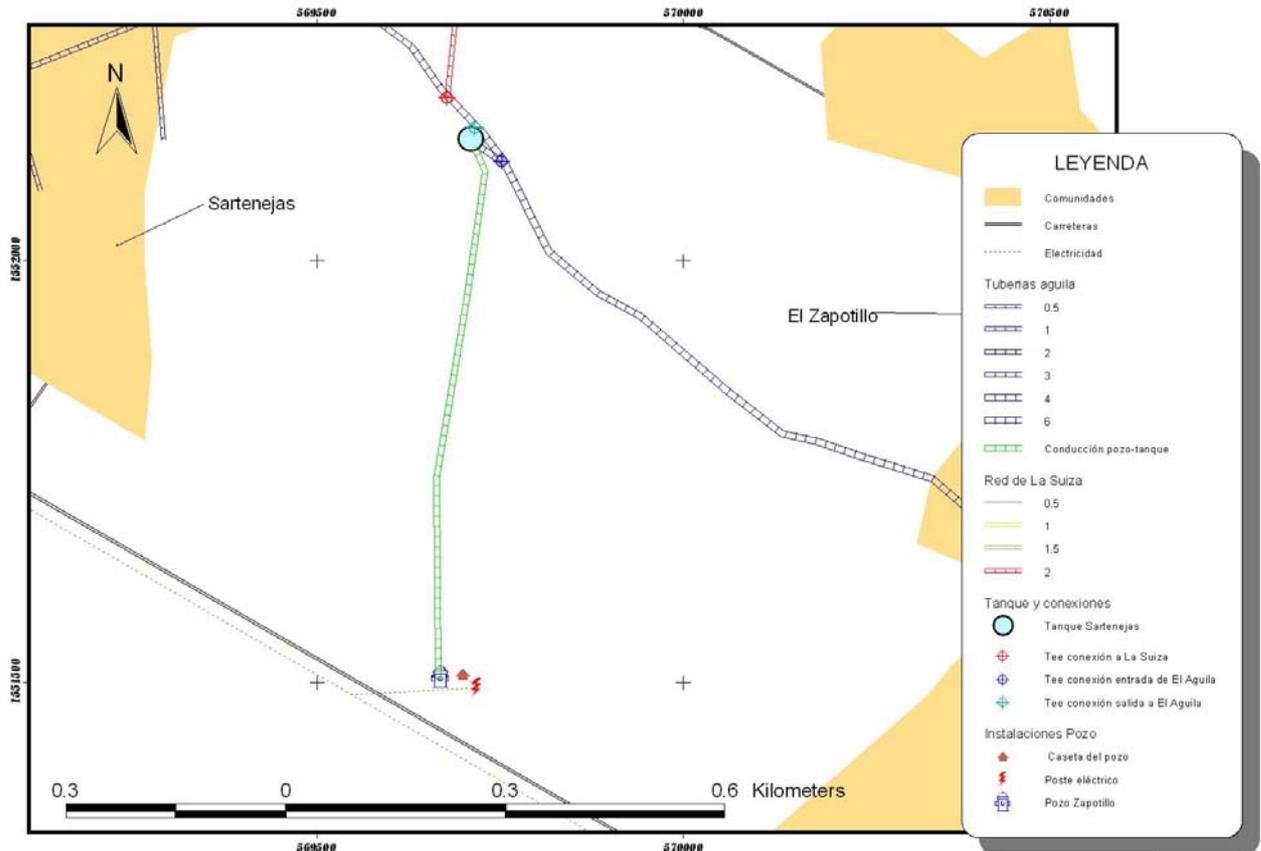


Figura 3.7.1. Mapa de la conducción del pozo al tanque.

Conducción de El Águila del Tanque de Sartenejas a Sartenejas y al Zamorano y al Tanque de El Zamorano.

La conexión del tanque con la tubería de El Águila hacia Sartenejas se realizó en una tubería de 3". Para realizar los cálculos de pérdidas por fricción y el caudal que llegará a cada comunidad se utilizó los datos del levantamiento entre el Tanque de Sartenejas y el Tanque de El Zamorano. Los datos de la conducción entre los puntos indican que existe un desnivel de unos 8 m. entre tanques y una longitud de unos 2.600 m. de la conducción del Zamorano del río (existe otra tubería que lleva agua a esta comunidad por el puente del río Hato, ver ilustración 1.4).

No se realizó ningún levantamiento de la red dentro de las comunidades, por lo que no se pueden hacer estimaciones exactas, pero si de las pérdidas en la conducción principal.

La comunidad de Sartenejas, al estar situada inmediatamente bajo el tanque no tiene ningún problema de presiones, y el agua llega con buen caudal a todas las casas. No así la comunidad de El Zamorano, que debido a la distancia y sobretodo a escaso diámetro de la tubería de entrada a la comunidad (2") y la de entrada al tanque (1,5"), lo que provoca grandes pérdidas por fricción y por lo tanto un ingreso de agua con baja presión. El caudal de llegada al tanque de El Zamorano se estima en 15 Gal/min. En la tabla 3.7.2. se muestra un resumen de los datos de la conducción entre los tanques y en el anexo 7 los datos completos.

Red de La Suiza

Con la estimación de la población futura de La Suiza (para 20 años), la dotación de 35 galones por persona y día se calculó el caudal de máximo horario, 13,4 gal/min, utilizado para diseñar el diámetro de la conducción y la red de distribución de la comunidad de La Suiza.

Del Tanque Sartenejas prácticamente toda la línea principal va bajando progresivamente de cota, siendo la diferencia de cota hasta la primera casa de La Suiza, situada a unos 1.500 m., de 12,34 m. y hasta la última casa, situada a unos 2.300 m. del tanque, de 20,41 m.

Para seleccionar el diámetro de tubería idóneo se ha dejado un mínimo de 5 metros de presión por casa por que se ha instalado la red principal hasta la zona media de La Suiza con 2", el ramal principal y de la zona media hasta el río de 1 ½", la conducción principal final hasta el río y la conexiones a las casa más alejadas a la conducción principal de 1" y las conexiones a cada casa de ½". La tabla resumen con los datos de red esta expuesto en la tabla 3.7.3 y los datos completos de la red en el anexo 7.



Foto 3.7.2. Excavación del zanjo de la conducción de La Suiza

Para la regular y poder reparar futuras fallas de la conducción se han instalado dos válvulas de 1 ½" en la entrada del ramal principal y en la zona media de La Suiza, justo en el cambio de diámetro de la tubería de 2" a 1 ½" (ver mapa de red en la figura 3.7.1). También se han conectado válvulas de compuerta de bonce de ½" a la entrada de cada casa de La Suiza, así como bastones (de 1,5 m. de alto, enterrados a 30 cm. y protegidos con cemento) y llaves (grifos) de ½" a un total de 24 casa. Dos casas quedaron sin conectar por no estar ocupada una de ellas y por falta de aprobación de dueño (que arrienda la propiedad) en la otra.



Foto 3.7.4. Pedro Rodríguez preparando los bastones para cada casa de La Suiza



Foto 3.7.3. Bastón y llave recién instalados en La Suiza

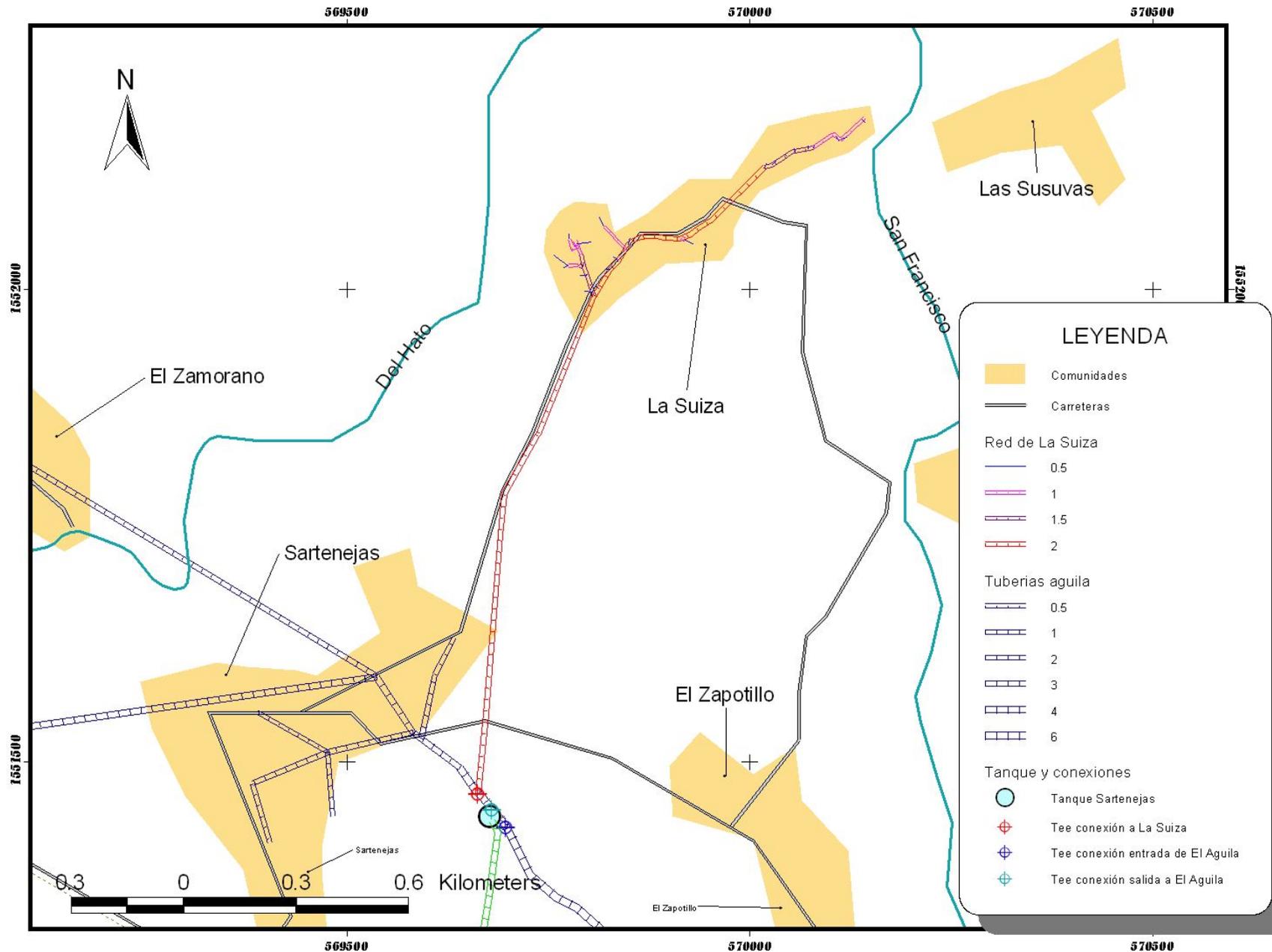


Figura3.7.2. Mapa de la conducción del Tanque de Sartenejas a la comunidad de La Suiza

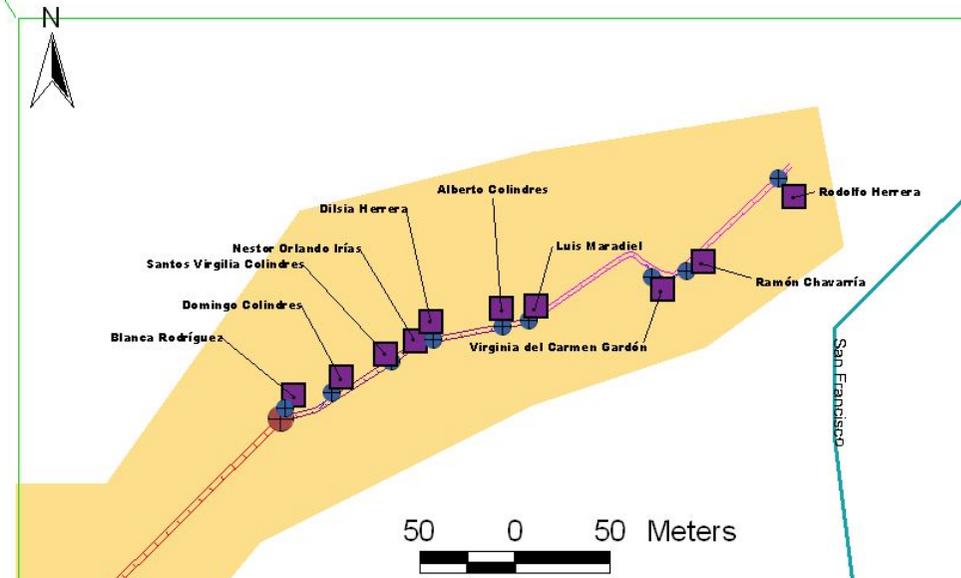
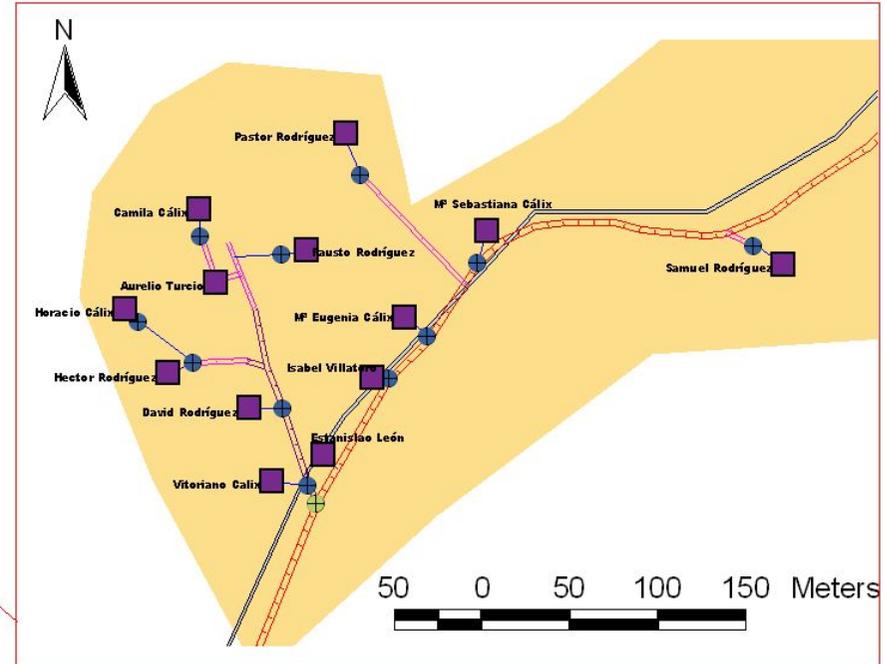
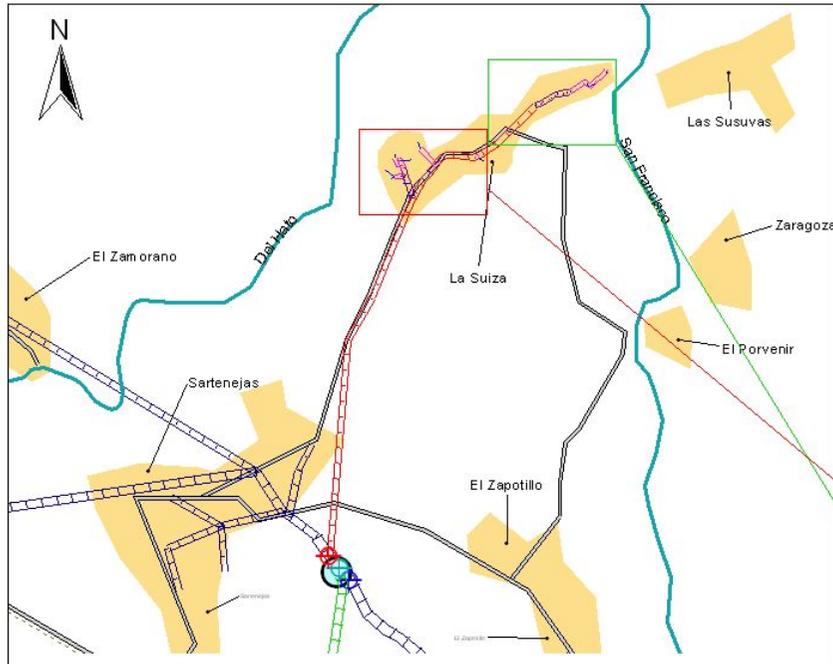


Figura 3.7.3. Mapas de la distribución de llaves y válvulas en la red de La Suiza

Conducción Pozo - Tanque	Diámetros tuberías (pulg.)	Longitud (m.)	Desnivel máx. (m.)*	Caudal estimado (Gal/min)	Pérdidas acumuladas (m.)	Velocidad media (m/s)	Presión (m.)
Línea principal	3"	702,00	19,00	90,00	11,37	1,24	-30,37
	4"	18,00	0,79	90,00	0,11	0,70	-0,90
Total línea		720,00	19,79	90,00	11,48	1,23	-31,26

Tabla 3.7.1. Datos de la conducción del pozo El Zapotillo al Tanque de Sartenejas; *Desnivel respecto al pozo.

Conducción Tanque Sartenejas - Tanque Zamorano		Diámetros tuberías (pulg.)	Longitud acumulativa (m.)	Desnivel máx. (m.)*	Caudal estimado (Gal/min)	Pérdidas acumuladas (m.)	Velocidad media (m/s)	Presión (m.)
Línea principal	Sartenejas	3"	538,00	-14,77	75,00	8,41	1,04	6,36
		2"	1723,00	-16,78	25,00	11,78	0,64	5,00
	Zamorano	2"	2543,00	-14,29	18,00	10,54	0,46	3,75
Final línea	Tanque Zamorano	1.5"	1771,00	-7,84	14,00	7,34	0,68	0,50

Tabla 3.7.2. Datos conducción de El Águila del Tanque de Sartenejas al Tanque de El Zamorano; *Desnivel respecto al tanque.

Red La Suiza	Diámetros tuberías (pulg.)	Longitud (m.)	Desnivel máx. (m.)*	Caudal estimado (Gal/min)	Pérdidas acumuladas (m.)	Velocidad media (m/s)	Presión (m.)
Línea principal	2"	1878,00	-12,73	13,39	7,26	0,42	5,47
	1,5"	122,00	-17,24	6,14	7,63	0,34	9,62
	1"	276,00	-29,92	5,02	9,71	0,62	20,21
Total línea		2276,00	-29,92	13,39	9,71	0,46	

Presión media que llega a cada llave	Casas Ramal	5,34
	Casas intermedias	5,35
	Casas río	13,37

Tabla 3.7.3. Resumen de datos de la Red de distribución de La Suiza; *Desnive respecto al tanque.

3.8. INAUGURACIÓN

La inauguración del sistema de abastecimiento se realizó el día 23 de Noviembre de 2005.



Foto 3.8.1. Imagen de la técnico de Geólogos del Mundo sobre el tanque.

A las 11h tuvo lugar un refrigerio en La Suiza a modo de inauguración del nuevo sistema de abastecimiento de agua de la comunidad, al que asistieron miembros de la comunidad de La Suiza, de la Junta de Agua, representantes de ASIDE, del SANAA, de la Asociación Agua Pura para el Mundo y de la Asociación Geólogos del Mundo.

A las 13h se realizó la inauguración de todo el sistema de abastecimiento en el tanque de Sartenejas. A este acto acudieron

- miembros de las cinco comunidades;
- La Junta Directiva de la Junta de Aguas de las comunidades;
- Dos miembros de ASIDE.
- Dos representantes de la Asociación Agua Pura para el Mundo;
- El Ingeniero Alexis Montes y el Técnico Ernesto Flores del SANAA;
- Tres miembros de Geólogos del Mundo

(Miren Errandonea, Diego Vázquez-Prada y María de Marco).

Durante la inauguración tuvieron lugar varios discursos y palabras de agradecimiento, y se repartieron placas de reconocimiento para el presidente de ASIDE, la Fundación Nando Peretti, y los miembros de Geólogos del Mundo que realizaron el proyecto (Miren Errandonea y Diego Vázquez-Prada). Antes de dar por inaugurado el sistema se realizó el tradicional corte de cinta. El acto finalizó con un almuerzo y música en directo.



Foto 3.8.2. Corte de cinta de inauguración del tanque.



Foto 3. Imágenes de las palabras ofrecidas por el representante de ASIDE y de Geólogos del Mundo.

4.-CONCLUSIONES

El proyecto de “mejora de abastecimiento de agua potable de las comunidades de Matazano, El Zapotillo, Sartenejas, El Zamorano y extensión a La Suiza” realizado por Geólogos del Mundo con el apoyo de ASIDE, la colaboración de SANAA-PRRACAGUA y de la Junta de Agua de las comunidades afectadas y financiado por la Fundación Nando Peretti ha sido completado en un periodo de seis meses.

El proyecto engloba una serie de mejoras para las comunidades que incluyen construcción de nuevas infraestructuras de suministro y gestión del agua, rehabilitación y mejora de infraestructuras de agua existentes,

El resultado ha sido la inyección de agua subterránea a la red de distribución preexistente de las comunidades (acueducto de El Águila) para suplir el desabastecimiento de las comunidades situadas al final de ese sistema, Sartenejas y El Zamorano y llevar agua a la comunidad de La Suiza que nunca tuvo un sistema de agua. Las comunidades de El Zapotillo y Matazano, que al estar situadas al principio del acueducto de El Águila no tienen graves problemas de desabastecimiento, ya no tienen que racionar el agua ya que pueden disponer del agua de El Águila mayor cantidad de tiempo.

El proyecto completo contempla las siguientes actuaciones:

- Estudio de los problemas de desabastecimiento de las comunidades.
- Estudio hidrogeológico del entorno de las comunidades.
- Limpieza del pozo P-021 (pozo de El Zapotillo).
- Aforo del pozo P-021 (pozo de El Zapotillo).
- Análisis químico del agua del pozo P-021
- Levantamientos topográficos de redes de distribución de agua potable (entre el pozo y el tanque, del tanque al tanque de El Zamorano, del tanque a la comunidad de La Suiza).
- Construcción de un tanque de 20.000 galones.
- Equipamiento del pozo P-021 (pozo de El Zapotillo) con una bomba sumergible, motor y accesorios.
- Instalación eléctrica del pozo P-021 mediante un poste, transformador de 15 Kv, Caseta del pozo, cuadro de mandos y sensor de llenado de tanque.
- Instalación de una conducción de 3” entre el pozo y el Tanque.
- Conexión del tanque a la red de agua preexistente de El Águila y a la conducción del pozo.
- Instalación de una conducción de 2” entre la red de El Águila a la comunidad de La Suiza.
- Conexión de la red hasta cada casa de La Suiza mediante llaves domiciliarias (grifos).
- Rehabilitación hasta el momento de 25 pozos de perforación manual.

El número de beneficiarios directos del proyecto es de unas 4.000 personas.

Geólogos del Mundo ha elaborado y realizado el proyecto mediante el financiamiento de la Fundación Nando Peretti y sus técnicos han gestionado, organizado y finalizado el proyecto

ASIDE se ha ocupado de la parte administrativa y de logística del proyecto y realizará en un futuro cercano las capacitaciones (formaciones) de la Junta de Agua y los fontaneros de las comunidades.

El SANAA ha cofinanciado mediante PRRACAGUA las obras y sus técnicos han supervisado los trabajos y ayudado con el diseño de la redes de distribución.

La Junta de Agua ha cofinanciado las obras y ha organizado los trabajos.

Las comunidades de Matazano, El Zapotillo, Sartenejas La Suiza, El Zamorano han realizado todos los trabajos no cualificados y han colaborado en todo momento con los técnicos de GdM.

5. RECOMENDACIONES DE USO DEL SISTEMA DE EL ÁGUILA – POZO DEL ZAPOTILLO – TANQUE DE SARTENEJAS

5.1. SISTEMA DE EL ÁGUILA: ABASTECIMIENTO DE LAS COMUNIDADES DE MATAZANO, EL ZAPOTILLO, SARTENEJAS-LA SUIZA Y EL ZAMORANO.

El nuevo sistema de El Águila es un sistema más complejo de abastecimiento compuesto por: El acueducto de El Águila, el tanque de El Matazano, el tanque de Sartenejas, el tanque de El Zamorano y el pozo de El Zapotillo.

El paso esencial para un buen manejo y para alcanzar un sistema auto - sostenible es establecer una tarifa por abonado que cubra:

- Salario de los fontaneros (se recomiendan al menos dos fontaneros para el manejo del sistema).
- Cloro para uso permanente del agua de El Águila y el del Pozo de El Zapotillo.
- Gasto eléctrico de la bomba (el funcionamiento de la bomba debe estar ajustado a las necesidades de agua de las comunidades).
- Mantenimiento del sistema: bolsa de dinero para reparaciones de tuberías, mantenimiento de tanques, compra de una bomba para el pozo (en caso de avería grave).
- Mejora del sistema: ahorro de dinero para mejorar los diversos elementos del sistema

5.2. POZO – BOMBA

El equipamiento del pozo del Zapotillo es un sistema delicado que debe ser vigilado, mantenido y tratado correctamente.

Las tareas inmediatas que es preciso realizar para su conservación:

- **Cercar** los alrededores del equipamiento de la bomba y de la caseta, para protegerlos de la acción del ganado y del vandalismo.
- **Construir una pequeña caja de cemento** para proteger el saliente de PVC del pozo.

Para un buen uso de la bomba se debe:

- **Seguir las indicaciones del cuadro de control** situado dentro de la caseta.
- **En caso de falla, llamar a un técnico** para que revise el sistema y **nunca** intentar manipular los elementos eléctricos o de la bomba sumergible sin la presencia de dicho técnico.
- **No someter a la bomba a un sobretrabajo.** La bomba está diseñada para trabajar entre 80 y 110 Galones por minuto, si se abre la válvula de regulación, elevando el caudal de entrada al tanque, la bomba trabajará por encima de sus posibilidades y terminará arruinándose.

5.3. TANQUE DE SARTENEJAS

Tareas inmediatas que es preciso realizar para su conservación:

- **Cercar** los alrededores del tanque
- **Construir cajas de válvulas** para las conexiones.
- **Candar las cajas de válvulas.**

Recomendaciones para un buen uso del tanque:

- **Clorar el agua** del tanque. Toda agua para consumo humano debe de estar clorada a una dosis justa para eliminar los microorganismos que causan enfermedades que se encuentran en el pozo, las tuberías o el tanque.
- **Realizar un mantenimiento** del tanque. Observar si se crean fisuras y repararlas. Mantener agua en el tanque si no se usa.
- **Limpiar el tanque** regularmente para evitar obstrucciones en las salidas, mantener la capacidad del tanque y mantener la calidad del agua.

5.4. PROBLEMAS ACTUALES DEL SISTEMA

El Zamorano

Todas las comunidades reciben un buen suministro de agua a excepción de la comunidad de El Zamorano. El problema de esta comunidad radica en que se encuentra al final de la línea de conducción de El Águila, que el diámetro de la tubería por la que le llega el agua es demasiado pequeño (es de 2" y debería ser al menos de 4") y que la red dentro de la comunidad no está instalada de forma ordenada. Para mejorar el abastecimiento a esta comunidad se debería:

- Aumentar el diámetro de la tubería de El Águila que entra al Zamorano.
- Usar el Tanque de El Zamorano para llenarlo en horas de bajo consumo en agua (por la noche), para poder distribuir el agua en las de mayor consumo.
- Reparar las fisuras del tanque y darle mantenimiento.

- Revisar y ordenar la red de distribución dentro de la comunidad.

Acueducto de El Águila

El acueducto de El Águila es un sistema obsoleto que necesita un mantenimiento constante. Se debe intentar modernizar el sistema a la vez que ir ampliándolo para el futuro crecimiento de las poblaciones.

La calidad del agua de El Águila es buena, pero debe estar siempre clorada para eliminar microorganismos nocivos.

6.-Agradecimientos

La elaboración y el trabajo diario de este proyecto no se podría haber realizado sin la inestimable colaboración de:

- María de Marco Vicente, voluntaria de Geólogos del Mundo durante la dura etapa final.
- Owen y Amy Reese, ingenieros de la ONG Agua Pura para el Mundo.
- Equipo de Acción contra el Hambre de Danlí (en especial a Jaime, Jorge y Giovanni).
- Equipo de ASIDE Danlí (Eloydina, Carlos, Hilda, Karla, Jeffrey, Hans).
- Técnicos del SANAA división Oriental (Ernesto; Henry; Jaime; Manuel; Guillermo; Denise; etc... y al ingeniero Alexis Montes)
- UDR (a Gerardo Morgan por haber colaborado con análisis de agua; y a Rosalía Montoya, por habernos facilitado información sobre pozos del valle).
- SAG, por habernos facilitado tanta información valiosa.
- ESNACIFOR
- SALUD
- Bodega "El Parqueo"

Y especialmente a las comunidades de Matazano, El Zapotillo, Sartenejas, La Suiza y El Zamorano.